

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS PLÁSTICOS RECICLADOS DEL CANTÓN LATACUNGA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR(ES):
Angel Ariel Condolo Tonato
Vanessa Alejandra Jiménez Tipan

TUTOR:
Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Mg.

LATACUNGA, AGOSTO, 2026

Latacunga, agosto de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Angel Ariel Condolo Tonato declaro ser autor del proyecto de titulación" Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga.", siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Angel Ariel Condolo Tonato

CC. 0503960510

Latacunga, agosto de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Jimenez Tipan Vanessa Alejandra declaro ser autora del proyecto de titulación" Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga.", siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Vanessa Alejandra Jiménez Tipan

CC. 1756260061

Latacunga, agosto del 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: "Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga", propuesto por los estudiantes Angel Ariel Condolo Tonato y Vanessa Alejandra Jiménez Tipan de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.
C.C. 0502269368
TUTOR

Latacunga, agosto de 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga", propuesto por los estudiantes Condolo Tonato Ángel Ariel y Jiménez Tipan Vanessa Alejandra de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de investigación en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

Lector 1 (Presidente)	Lector 2	Lector 3
Ing. Eugenio Pilliza Cristian Iván MsC.	Ing. Hidalgo Oñate Ángel Guillermo MsC.	Ing. Olovacha Toapanta Wilson Santiago MsC.
CC:1723727473	CC:0503257404	CC: 1804302238

AGRADECIMIENTO

Dedico este trabajo de titulación a mi madre, Bertha Tonato, a mi abuelita María Lucrecia y a mi hermana Kerly Yánez, por ser los pilares fundamentales que me han acompañado desde el inicio de mi carrera universitaria. Gracias por su apoyo, amor y motivación para seguir adelante en cada momento de dificultad. De manera especial, dedico este logro a la memoria de mi abuelo José Tonato, quien permanece presente en mis recuerdos y en mi corazón.

Dedico también esta tesis a mis amigos Samantha, Isma, Katleya, Stalyn, Karen, Willian, Carlos, Héctor, Evelyn, Nicool, Gerardo, Mishell y Cosme, por los momentos compartidos, las experiencias, las risas y el apoyo brindado. A mis compañeros de curso, por el compañerismo, la unión y las experiencias que hicieron especial esta etapa.

De igual manera, dedico este trabajo a mi tutor, Ing. Xavier Espín, por su guía y orientación; al Ing. Marco, por su acompañamiento; y a los ingenieros Cristian Eugenio, Ángel Hidalgo y Santiago Olovacha, por su tiempo y paciencia

Finalmente, a todos los docentes que contribuyeron a mi formación profesional, tanto quienes permanecen en la institución como quienes ya no forman parte de ella.

Angel Condolo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a todos los docentes que me acompañaron durante este importante trayecto, por su constante dedicación, por transmitir sus conocimientos con paciencia y por guiar cada paso de mi formación académica, personal e integral.

De manera muy especial, deseo reconocer a los ingenieros Benjamín Chávez, Ángel Hidalgo, Cristian Eugenio, Wilson Olovacha, Marco Riofrío, Xavier Espín y Edison Salazar. A cada uno, mi infinita gratitud no solo por la excelencia de sus enseñanzas, sino por el extraordinario ser humano que demostraron ser. Su empatía, comprensión y sincero apoyo me brindaron la confianza necesaria para superar las adversidades y perseverar en mis metas. Más allá de las asignaturas, su compromiso y gran corazón marcaron mi vida y mi paso por la universidad, dejándome aprendizajes que me acompañarán siempre en mi ejercicio profesional.

Asimismo, quiero extender un agradecimiento lleno de cariño a mis compañeros y amigos, quienes se convirtieron en una verdadera familia a lo largo de esta etapa. Gracias por cada jornada compartida, por los desvelos, risas y desahogo, y por brindarme su mano amiga cuando las fuerzas flojeaban. Su compañía, camaradería y aliento constante fueron impulsos fundamentales para superar cada obstáculo.

Alejandra Jiménez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi madre, Bertha Tonato, a mi abuelita María Lucrecia y a mi hermana Kerly Yánez, por ser los pilares fundamentales que me han acompañado desde el inicio de mi carrera universitaria. De manera especial, dedico este logro a la memoria de mi abuelo José Tonato, quien permanece presente en mis recuerdos y en mi corazón.

Dedico también esta tesis a mis amigos Samantha, Isma, Katleya, Stalyn, Karen, Willian, Carlos, Héctor, Evelyn, Nicool, Gerardo, Mishell y Cosme, por los momentos compartidos, las experiencias, las risas y el apoyo brindado. A mis compañeros de curso, por el compañerismo, la unión y las experiencias que hicieron especial esta etapa.

De igual manera, dedico este trabajo a mi tutor, Ing. Xavier Espín, por su guía y orientación; al Ing. Marco, por su acompañamiento; y a los ingenieros Cristian Eugenio, Ángel Hidalgo y Santiago Olovacha, por su tiempo, paciencia y conocimientos. También a mi compañera Alejandra, por el esfuerzo, paciencia y tiempo.

Finalmente, a todos los docentes que contribuyeron a mi formación profesional, tanto quienes permanecen en la institución como quienes ya no forman parte de ella.

Angel Condolo

DEDICATORIA

A mis padres, Gabriela Tipán y Gustavo Jiménez, por ser mi pilar fundamental, por su amor incondicional, sus sacrificios y por confiar siempre en mi potencial. Todo lo que soy y lo que logro se lo debo a ustedes.

A mi abuelito Samuel, quien ahora me cuida desde el cielo y cuya memoria me llena de profunda paz en cada momento; este logro también es para ti. A mi novio, Andresito, por su compañía constante, su paciencia y por ser mi refugio y apoyo incondicional en cada etapa de este camino. A sus padres, Rocío y Segundo, por abrirme las puertas de su hogar, acogerme y brindarme su cariño haciéndome sentir como una hija más; su apoyo ha sido una bendición invaluable para mí. A mis hermanos Tabys y Gabo, mis grandes compañeros de vida, por su cariño incondicional, por cada risa compartida en los momentos de tensión, y por ser esa fuerza constante que me impulsó a no rendirme nunca. A mi familia, por cada consejo oportuno, y por estar presentes a mi lado, sosteniéndome en los momentos más difíciles. Por último, a mi perrito Moncho, que con sus locuras y alegría calmó la soledad de estar lejos de mi ciudad y me acompañó fielmente en mis últimos momentos universitarios. Asimismo, a mis inolvidables perritos Maiky y Gizmo, que me acompañaron en mis inicios académicos y que, aunque hoy ya no están físicamente, permanecen siempre en mi corazón.

A todos ustedes, dedico este logro con todo mi corazón

Alejandra Jiménez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: "Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga."

Autores:

Angel Ariel Condolo Tonato

Jiménez Tipan Vanessa Alejandra

RESUMEN

La gestión de residuos plásticos genera una problemática ambiental por su alta persistencia. En el cantón Latacunga, resulta prioritario generar información técnica para evaluar su reincorporación en la industria. En este estudio, se clasificaron 25 muestras de PET, PEAD, PVC, PP y PS bajo la norma ISO 11469. Tras su acondicionamiento (limpieza, secado y reducción de tamaño), la caracterización térmica se realizó mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC3, METTLER TOLEDO) según la norma ISO 11357, registrando el flujo de calor para determinar los parámetros Onset, Peak, Endset y entalpía. Los resultados evidenciaron respuestas térmicas diferenciadas entre familias. El PET presentó el comportamiento más uniforme y estable, con una temperatura Peak promedio de 250,91 °C (DS = 4,84 °C) y alta proximidad a los valores del polímero virgen. El PEAD y el PP registraron promedios de Peak de 140,21 °C y 140,53 °C, respectivamente, con mayor variabilidad interna asociada a su historial de procesamiento. En contraste, el PS y el PVC exhibieron comportamientos más complejos inherentes a su naturaleza amorfa y fenómenos de degradación. Se concluye que el PET es el material térmicamente más estable y predecible para procesos de reciclaje mecánico, seguido por el PEAD y PP, cuya aplicación industrial requerirá un control riguroso de parámetros o mezclas formuladas.

Palabras clave: Residuos plásticos, caracterización térmica, calorimetría diferencial de barrido, reciclaje.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "Identification of Thermal Properties of Recycled Plastics from Latacunga Canton".

Authors:

Angel Ariel Condolo Tonato

Jiménez Tipan Vanessa Alejandra

ABSTRACT

Plastic waste management generates an environmental problem due to its high persistence. In Latacunga Canton, generating technical information is a priority to evaluate its reincorporation into the industry. In this study, 25 samples of PET, HDPE, PVC, PP, and PS were classified under the ISO 11469 standard. After conditioning (cleaning, drying, and size reduction), thermal characterization was performed using Differential Scanning Calorimetry (DSC3, METTLER TOLEDO) according to ISO 11357 standard, recording heat flow to determine Onset, Peak, Endset, and enthalpy parameters. The results demonstrated differentiated thermal responses among families. PET presented the most uniform and stable behavior, with an average Peak temperature of 250.91 °C (SD = 4.84 °C) and high proximity to virgin polymer values. HDPE and PP recorded average Peak temperatures of 140.21 °C and 140.53 °C, respectively, with greater internal variability associated with their processing history. In contrast, PS and PVC exhibited more complex behaviors inherent to their amorphous nature and degradation phenomena. It is concluded that PET is the most thermally stable and predictable material for mechanical recycling processes, followed by HDPE and PP, whose industrial application will require strict parameter control or formulated blends.

Keywords: Plastic waste, thermal characterization, differential scanning calorimetry, recycling.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la propuesta de investigación cuyo título versa: "**Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga**" presentado por los estudiantes Ángel Ariel Condolo Tonato y Vanessa Alejandra Jiménez Tipan, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas,** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2026

Atentamente,

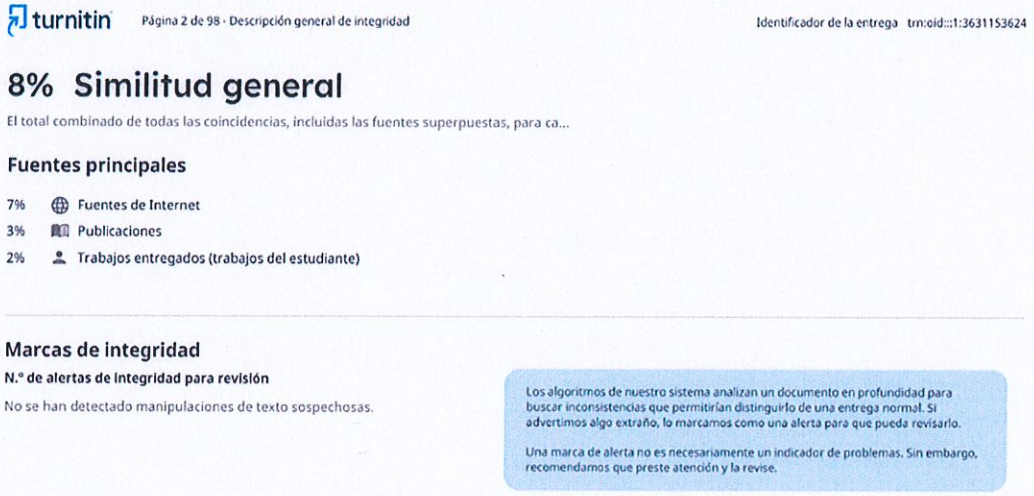
Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de tutor del proyecto de Investigación con el tema: "Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga", de Ángel Ariel Condolo Tonato y Vanessa Alejandra Jiménez Tipan, de la carrera de Ingeniería Industrial, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Compilatio Magister, con un porcentaje de coincidencias del 8%; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.



turnitin Página 2 de 98 · Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::1:3631153624

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, agosto de 2026

Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.
C.C.: 0502269368
TUTOR

Índice

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA II

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN III

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES IV

RESUMEN I

ABSTRACT II

1. INFORMACIÓN GENERAL 10

2. INTRODUCCIÓN. 11

2.1 Situación Problemática 12

2.1.1 Formulación del problema 13

2.1.2 Hipótesis 13

2.2 Objeto y Campo de Acción 13

2.2.1 Objeto de Investigación: 13

2.2.2 Campo de Acción: 13

2.3 Beneficiarios 13

2.4 Justificación 14

2.5 Objetivos 14

2.5.1 General 14

2.5.2 Objetivos Específicos 15

2.6 Sistemas de Tareas 15

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 16

3.1 Antecedentes de la Investigación 16

3.1.1 Evolución Histórica y Crisis Global del Plástico 16

3.2 El Contexto de la Gestión de Residuos en Ecuador 17

3.2.1 Caso del Cantón Latacunga 18

3.3 Transiciones Térmicas y Degradación 19

3.4 Fundamentación conceptual 21

3.4.1 Clasificación de los polímeros 21

3.4.2 Plásticos 23

3.4.3 Tipo de plásticos 24

3.4.4 Desechos plásticos 29

3.5 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) 30

3.6 Transiciones Térmicas y Degradación 31

3.6.1 Temperatura de Transición Vítrea (Tg) 32

3.6.2 Temperatura de Cristalización (Tc) 32

3.6.3 Temperatura de Fusión (Tm) 33

3.6.4 Temperatura de Degradación (Td) 33

3.6.5 Fundamentos técnicos de la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) para la caracterización térmica de plásticos reciclados. 33

3.7 Caracterización de Contaminantes en Mezclas de Poliolefinas Recicladas 36

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS 37

4.1 Enfoque de la investigación 37

4.2 Tipo de investigación 38

4.3 Diseño de investigación 38

4.4 Población y muestra 39

4.5 Métodos de investigación 39

4.6 Técnicas e instrumentos 40

4.7 Materiales y Equipos 42

4.8 Procedimiento de la investigación 43

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 45

5.1. Objetivo 1 45

5.1.1. Identificación de los plásticos presentes en el contexto de Latacunga 45

5.1.2. Establecimiento de criterios para la selección de las muestras 47

5.1.3. Verificación y conformación del conjunto de muestras de estudio 49

5.1.4. Clasificación de las muestras según su familia polimérica 51

5.1.5. Codificación y registro de las muestras 52

5.2. Objetivo 2 53

5.2.1. Preparación de las muestras para el ensayo térmico 53

5.2.2. Condiciones y ejecución del ensayo mediante DSC 55

5.2.3. Análisis de los resultados térmicos por familia polimérica 57

5.3. Objetivo 3 91

5.3.1. Relación de las propiedades térmicas con valores referenciales y aplicaciones reportadas. 91

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 97

6.1 Conclusiones 97

6.2 Recomendaciones 98

7. REFERENCIAS 99

ANEXOS 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios de la investigación 13

Tabla 2 Sistema de tareas del proyecto de investigación 15

Tabla 3 Criterios establecidos para la selección de las muestras 48

Tabla 4 Lista de verificación para la conformación del conjunto de estudio 49

Tabla 5 Distribución de las muestras según su familia polimérica. 52

Tabla 6 Codificación establecida para las muestras clasificadas 53

Tabla 7 Resultados obtenidos - PET 63

Tabla 8 Estadística descriptiva de la temperatura Peak de las muestras PET 64

Tabla 9 Propiedades térmicas obtenidas para las muestras de PEAD reciclado mediante DSC 70

Tabla 10 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PEAD reciclado 71

Tabla 11 Parámetros térmicos obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PVC 76

Tabla 12 Análisis estadístico descriptivo de las temperaturas Peak registradas en las muestras de PVC 78

Tabla 13 Propiedades térmicas obtenidas para las muestras de PP reciclado mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) 83

Tabla 14 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PP reciclado 84

Tabla 15 Parámetros térmicos obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PS 89

Tabla 16 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PS reciclado 90

Tabla 17 Punto de fusión 91

Tabla 18 Comparación de la temperatura de fusión (Tm) entre el polímero virgen y el polímero reciclado, de PEAD 03. 92

Tabla 19 Punto de Cristalización 92

Tabla 20 Punto de degradación 93

Tabla 21 Transición Vítrea 94

Tabla 22 Relación identificada y aplicaciones potenciales de cada plástico 95

Tabla 23 Valores de referencia del polímero virgen por familia 96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma del cumplimiento de los objetivos específicos y sus actividades. 44

Figura 2 Visita In situ - EPAGAL 45

Figura 3 Identificación del plástico para cada familia 49

Figura 4 Muestras de plásticos seleccionadas para el estudio 51

Figura 5 Materiales utilizados en la preparación y análisis de las muestras plásticas 55

Figura 6 Configuración de los parámetros de ensayo en el software del equipo DSC 3 56

Figura 7 Botella de Guitig 59

Figura 8 Envase de Coca cola.....60

Figura 9 Envase del Jugo del Valle.....60

Figura 10 Envase de desinfectante.....61

Figura 11 Envase de Aceite de Gutti.....61

Figura 12 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PET.....62

Figura 13 Juguete.....66

Figura 14 Envase de Shampoo.....66

Figura 15 Envase de Cloro.....67

Figura 16 Envase de Leche.....67

Figura 17 Envase de aceite de motor.....68

Figura 18 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PEAD.....69

Figura 19 Aislante de cable eléctrico.....72

Figura 20 Tubería de agua potable.....73

Figura 21 Tarjeta de crédito.....73

Figura 22 Canaleta.....74

Figura 23 Tubo de alcantarilla.....74

Figura 24 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PVC.....75

Figura 25 Envase de yogurt.....79

Figura 26 Envase de margarina.....80

Figura 27 Tapa de botella.....80

Figura 28 Cepillo de dientes.....81

Figura 29 Balde 81

Figura 30 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PP 82

Figura 31 Espuma flex 85

Figura 32 Vaso desechable 86

Figura 33 Estuche de CD 86

Figura 34 Cuchara desechable 87

Figura 35 Plato desechable 87

Figura 36 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PS 88

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Identificación de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga.

Tipo de proyecto: Proyecto de Investigación

Carrera: Ingeniería Industrial

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Docente Tutor:

Cristian Xavier Espín Beltrán

Estudiante Investigador 1:

Angel Ariel Condolo Tonato

Estudiante Investigador 2:

Vanessa Alejandra Jiménez Tipan

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción.

Línea de investigación: Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Innovación tecnológica de los sistemas productivos.

2. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, la acumulación de residuos plásticos representa uno de los problemas medioambientales más frecuentes en las ciudades urbanas, más aún por, su alta durabilidad y lenta biodegradación Kosgahakumbura[1].Si bien sus propiedades implican ventajas asociadas al bajo coste, resistencia y polivalencia, el mal manejo de estos residuos deteriora los ecosistemas y acelera la saturación de los vertederos. Además, esta práctica acorta el ciclo de vida de los materiales e impide utilizar los recursos valiosos que podrían reutilizarse en nuevos productos.

En Ecuador, la gestión de residuos sólidos presenta complejidades asociadas al incremento poblacional, hábitos de consumo y la escasa separación de desechos. Así, los materiales recuperables se van mezclando con el resto de residuos hasta el punto que se disminuye la efectividad del reciclado [2].

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de reforzar la clasificación, pasar de la reutilización pura y dura a la valorización y poder incluir en el estudio de polímeros post consumo a los disponibles en los sistemas vertederos de basura.

Ante esta problemática el presente proyecto se orienta precisamente a conocer las propiedades térmicas de plásticos usados procedentes del cantón Latacunga. En efecto, el interés principal consiste en conocer el comportamiento de los distintos polímeros, cuando son sometidos a incrementos programados de temperatura [3]. Dicha información es útil y permitirá reconocer transiciones, procesos de fusión, cristalización, degradación u otros fenómenos energéticos que determinan la estabilidad del material reciclado y su posibilidad de transformación o reutilización.

La caracterización es relevante cuando se empiezan a estudiar plásticos reciclados, dado que estos materiales pueden tener desde la humedad, contaminantes, mezclas, hasta la degradación o modificaciones debidas a su uso[4]. Tales características influyen en la estabilidad, procesamiento y calidad de los productos moldeados. Por tal motivo, el análisis por DSC da criterios para diferenciar comportamientos, para comprobar si un residuo tiene una serie de condiciones para ser introducido en procesos de reciclado, moldeo o transformación [5].

Los residuos plásticos analizados correspondieron a cinco familias poliméricas: PET, PVC, PP, PS, PEAD, recolectadas en EPAGAL. Para su caracterización térmica se empleó el equipo DSC 3 de calorimetría diferencial de barrido, el cual permite registrar las variaciones del flujo de calor de las muestras durante cambios controlados de temperatura.

Debido a que las familias poliméricas son altamente diferentes, se usaron condiciones específicas de calentamiento, teniendo en cuenta las temperaturas iniciales, finales y las velocidades se ajustan a la esperada para cada uno de los materiales estudiados, siempre manteniendo la atmósfera de la operación con aire a 25 mililitros por minuto.

Desde un punto de vista aplicado, los resultados son útiles para poder evidenciar una serie de criterios sobre la reutilización de los residuos. Comprender sus temperaturas de transición, de fusión o de degradación ayuda a seleccionar determinadas condiciones de procesamiento y a prevenir fallas e incidencias provocadas por contaminantes o antecedentes térmicos. La comparación de las muestras dentro de una familia también ayuda a describir su variabilidad y a poder valorar la homogeneidad necesaria para producir materiales reciclados con calidad, estabilidad y competitividad.

2.1 Situación Problemática

En la actualidad, se observa el incremento y generación de residuos de plásticos que constituye a uno de los principales problemas medio ambientales a nivel mundial. El plástico se lo conoce porque posee una alta durabilidad y baja degradabilidad y es propenso a acumularse en el entorno, generando un impacto al ecosistema. Dada la situación el reciclaje es un ejemplo de una alternativa para la reducir la contaminación, pero para que tenga efectividad depende del conocimiento técnico sobre la propiedad del material reciclado.

En la ciudad de Latacunga, la gestión del plástico presenta limitaciones como lo son: la clasificación, el tratamiento y el reciclaje, la cuales se enfocan en la recolección y su comercialización, dejando de lado el análisis técnico sobre el plástico que se recicla.

Uno de los aspectos técnicos que no se han realizado algunos estudios es sobre el comportamiento térmico de los plásticos reciclados como lo es las propiedades térmicas, la temperatura de fusión, de cristalización, de degradación y la estabilidad térmica, los cuales son determinantes para llegar a la conclusión de que si estos materiales pueden ser reutilizados para nuevas aplicaciones productivas.

La situación presenta que los plásticos reciclados no son aprovechados de manera óptima, reduciendo posibilidades de un desarrollo industrial sostenible a partir de la recolección de estos plásticos que estos son una alternativa a otro tipo de materiales.

2.1.1 Formulación del problema

¿Cuáles son las propiedades térmicas (temperatura de transición vítrea, cristalización, fusión y degradación) de los plásticos reciclados del cantón Latacunga, identificadas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), y cómo se relacionan con los valores reportados en la literatura para los polímeros vírgenes de cada familia?

2.1.2 Hipótesis

La caracterización térmica de los residuos plásticos reciclados del cantón Latacunga mediante calorimetría diferencial de barrido permitirá identificar diferencias en su comportamiento térmico según la familia polimérica, evidenciando que materiales como PET, PEAD, PVC, PP y PS presentan distintos niveles de estabilidad y respuesta al calentamiento, lo que influye en su potencial de reincorporación en futuros procesos de transformación y elaboración de productos reciclados.

2.2 Objeto y Campo de Acción

2.2.1 Objeto de Investigación: Los plásticos reciclados del cantón Latacunga y su comportamiento térmico.

2.2.2 Campo de Acción: De acuerdo con el código de la UNESCO para la ciencia, 3310.06 Especificaciones de procesos. Cabe precisar que el Área de Conocimiento (07 Ingeniería, Industria y Construcción) corresponde a una clasificación general del proyecto, mientras que el Campo de Acción (3310.06) delimita de manera específica el ámbito técnico abordado, referido a la caracterización de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados.

2.3 Beneficiarios

Tabla 1 Beneficiarios de la investigación

Beneficiarios	
Beneficiarios directos	Estudiantes, docentes, investigadores y personal técnico de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
Beneficiarios indirectos	Empresa Pública de Aseo de Gestión Ambiental de Latacunga, recicladores y centros de acopio del cantón, empresas transformadoras de plástico reciclado

Elaboración propia

2.4 Justificación

La presente investigación se justifica en la necesidad de aprovechar los plásticos reciclados como una alternativa sostenible que contribuya a la reducción del impacto ambiental, partiendo desde un contexto local para generar soluciones viables de reutilización. Los residuos plásticos pueden presentar variaciones en su composición, procedencia e historial de procesamiento, lo que puede modificar sus propiedades y limitar su reincorporación en nuevos productos. Por ello, resulta necesario realizar una caracterización que permita conocer su comportamiento y establecer alternativas adecuadas de aprovechamiento.

El análisis de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados permite evaluar su comportamiento frente a distintas condiciones de temperatura El análisis de las propiedades térmicas de los plásticos reciclados mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) permite identificar eventos térmicos como transición vítrea, cristalización, fusión y la energía asociada a estos procesos. Esta información resulta fundamental para comparar el comportamiento de las diferentes familias poliméricas y determinar su potencial de aprovechamiento. Este enfoque no solo fomenta el reciclaje, sino que también contribuye a disminuir el uso de recursos naturales.

Asimismo, esta investigación permitirá establecer la viabilidad técnica del uso de estos materiales en procesos que requieren condiciones térmicas específicas, aportando información técnica necesaria para evaluar su posible aplicación en procesos que requieren condiciones térmicas específicas.

Por otra parte, el estudio promueve la reducción de la contaminación y el fortalecimiento de una cultura de reciclaje. La generación de información técnica sobre estos residuos facilita la clasificación y selección de materiales reciclados, favoreciendo procesos de valorización y fortaleciendo modelos basados en economía circular

Finalmente, el trabajo aporta al campo de la Ingeniería Industrial, sirviendo como base para futuras investigaciones sobre materiales reciclados y sostenibilidad.

2.5 Objetivos

2.5.1 General

Identificar las propiedades térmicas de los plásticos reciclados del cantón Latacunga.

2.5.2 Objetivos Específicos

- Clasificar las muestras de plásticos reciclados del cantón Latacunga según la norma ISO 11469 establecido para el estudio.
- Describir el comportamiento térmico de las muestras de plásticos reciclados del cantón Latacunga mediante la norma ISO 11357-1 de los ensayos térmicos
- Relacionar las propiedades térmicas de las familias de plásticos reciclados con valores referenciales de polímeros vírgenes y sus potenciales aplicaciones

2.6 Sistemas de Tareas

Tabla 2 Sistema de tareas del proyecto de investigación

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Clasificar las muestras de plásticos reciclados del cantón Latacunga según su familia polimérica y los criterios establecidos para el estudio.	Selección de las muestras Identificación de las muestras Clasificación por familia polimérica Organización de las muestras	Muestras clasificadas por familia polimérica	Observación directa, registro fotográfico y tabla de clasificación.
Describir el comportamiento térmico de las muestras de plásticos reciclados del cantón Latacunga mediante los resultados de los ensayos térmicos	Preparación de muestras Configuración de parámetros Ejecución de ensayos DSC Análisis de parámetros térmicos Análisis estadístico	Comportamiento térmico identificado para cada familia polimérica.	DSC, balanza analítica, crisoles, termogramas y Excel.
Relacionar las propiedades térmicas de las familias de plásticos reciclados con valores referenciales de polímeros vírgenes y sus potenciales aplicaciones, con base a estudios previos.	Revisión de estudios previos Relación con valores referenciales Identificación de aplicaciones Interpretación de resultados	Relación de las propiedades térmicas con potenciales aplicaciones.	Revisión bibliográfica, artículos científicos, tablas con parámetros.

Elaboración propia

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes de la Investigación

3.1.1 Evolución Histórica y Crisis Global del Plástico

Los materiales plásticos se han convertido en uno de los recursos más utilizados a nivel mundial debido a su bajo costo, versatilidad, resistencia mecánica y facilidad de procesamiento. En el mundo, en 1950 la producción mundial era alrededor de dos millones de toneladas de plástico. En el año 2017, esa cifra alcanzó aproximadamente los 348 millones de toneladas, lo que se ha desarrollado al material en uno de los más esenciales para sectores como la electrónica, la construcción, el embalaje, el transporte o la medicina [6].

El crecimiento acelerado de la producción de plásticos ha generado importantes beneficios para el desarrollo industrial; sin embargo, también ha incrementado la generación de residuos plásticos. Una cantidad considerable de los residuos plásticos generados no se dispone correctamente y termina acumulando en los océanos, vertederos, ecosistemas terrestres y áreas acuáticas. Diversos organismos internacionales estiman que cada año alrededor de 11 millones de toneladas de residuos plásticos llegan a los ecosistemas marinos afectando la biodiversidad, la calidad ambiental y la salud humana [6].

La realidad resulta más severa debido a que los polímeros poseen una elevada resistencia a los procesos naturales de degradación. Materiales usados con frecuencia, como el tereftalato de polietileno (PET), el policloruro de vinilo (PVC), el poliestireno (PS), el polipropileno (PP) y el polietileno (PE), pueden demorar décadas o hasta siglos en desaparecer por completo en el medio ambiente. La exploración de alternativas sostenibles que se apoyan en la reducción, el reciclaje y la reutilización de materiales plásticos [6].

La economía circular, en este entorno, se presenta como una estrategia que tiene el objetivo de mantener los materiales dentro del ciclo de fabricación durante el mayor tiempo posible, reduciendo la extracción de recursos naturales y limitando la generación de desechos. La economía circular plantea sustituir el modelo lineal común de extraer-producir-consumir-desechar con un sistema que promueva la recuperación, transformación y reincorporación de los materiales reciclables en nuevos procesos productivos. Los estudios más vigentes indican que la implementación de modelos circulares es una de las herramientas fundamentales para

enfrentar la contaminación por plásticos y promover una gestión más efectiva de los recursos [7]

De igual manera, las innovaciones tecnológicas han agilizado el mejoramiento de los procesos de clasificación, recuperación y reciclaje de los plásticos, lo cual ha facilitado la obtención de materiales reciclados a la cual se le ha atribuido con respecto a las cualidades físicas, mecánicas y térmicas frente a los materiales vírgenes cada vez aumenta. La evolución ha provocado un interés científico cada vez más intenso por analizar las particularidades de los plásticos reciclados e investigar sus alternativas de uso en diferentes áreas industriales [6]

3.2 El Contexto de la Gestión de Residuos en Ecuador

Uno de los principales desafíos ambientales en Ecuador es la gestión de los residuos sólidos debido al crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en los patrones de consumo. Según datos nacionales la recolección diaria de residuos sólidos alcanza aproximadamente 12.337 toneladas de las cuales solo una pequeña proporción es aprovechada mediante procesos de reciclaje[8].

El bajo índice de aprovechamiento de materiales reciclables evidencia la necesidad de fortalecer la separación en la fuente, la recolección diferenciada y la valoración de los residuos. Diversos estudios señalan que una proporción significativa de los restos plásticos termina en vertederos desaprovechando materiales que podrían reincorporarse a las cadenas productivas mediante procesos de reciclaje. [7].

Uno de los principales factores que limita el reciclaje en Ecuador es la escasa cultura de clasificación de residuos en los hogares y establecimientos comerciales. A ello se suma una limitada educación ambiental lo que dificulta la correcta separación de los materiales reciclables y reduce la eficiencia de los sistemas de recuperación. Como consecuencia una gran cantidad de residuos plásticos con potencial de reciclaje continua siendo desechada junto con los residuos comunes [7].

Además, los recicladores de base constituyen un elemento clave del sistema nacional de reutilización de suministros, ya que constituyen el elemento inicial del sistema del reciclaje. Su ocupación permite recuperar elevadas cantidades de residuos plásticos que son vendidos a centros de acopio y empresas para la transformación. Sin embargo, este sector contiene

limitaciones relacionadas a la informalidad laboral, el acceso a toda la infraestructura y la falta de estímulos económicos [8].

El aprovechamiento eficiente de los residuos plásticos requiere además de proceso adecuados de recuperación, la generación de información técnica sobre las características de los materiales reciclados. El conocimiento de sus propiedades térmicas permite evaluar su comportamiento durante los procesos de trasformación y establecer criterios para su aprovechamiento en aplicaciones industriales.

3.2.1 Caso del Cantón Latacunga

El cantón Latacunga enfrenta desafíos relacionados con la gestión de los materiales plásticos generados por el crecimiento poblacional, el incremento del consumo y la limitada recuperación de materiales reciclables. Estas condiciones han motivado el desarrollo de iniciativas orientadas a fortalecer la economía circular y mejorar el aprovechamiento de los polímeros recuperados dentro de la provincia de Cotopaxi [7].

Trabajos desarrollados en la Universidad Técnica de Cotopaxi han corroborado que el proceso de cambio de un modelo de economía lineal a uno circular representa una alternativa para disminuir la cantidad de residuos generados de naturaleza antrópica acerca de los ecosistemas. Existe la necesidad de fortalecer el papel de los recicladores promoviendo su integración de materiales y logística para la recuperación de insumos reciclables en todo el territorio [7].

De acuerdo con los diagnósticos realizados en el cantón de Latacunga genera aproximadamente trescientas toneladas métricas de desechos sólidos al día. Dicha situación necesita de manera urgente que se adopten dispositivos más eficaces para la segregación, la conservación y la valorización de los materiales. Entre los obstáculos que se han detectado, destacan la ausencia de práctica de separación en el punto de origen, las carencias en la infraestructura destinada al reciclaje, los niveles bajos de enseñanza ecológica dentro de la población y la escasez de estímulos (fiscales o económicos) que promuevan la recuperación de residuos

Si el cantón integrara diseños circulares en su economía, se generaría un incremento considerable del nivel de reciclaje, una reducción considerable del volumen de residuos acumulados en los sitios de destino final y un incremento del empleo de polímeros como el PET, PP, PE y PS, que se encuentran siempre en las corrientes de desechos urbanos. Asimismo,

esta implementación promovería la aparición de oportunidades futuras económicas, vinculados con la industria transformadora de materiales recuperados y el sector del reciclaje en sí.

3.3 Transiciones Térmicas y Degradación

La caracterización de las propiedades térmicas se estructura como una herramienta fundamental de primer orden para la evaluación rigurosa de la calidad y la aptitud de reutilización que portan los materiales plásticos sometidos a procesos de reciclaje. Entre los principales parámetros termo físicos empleados en este análisis se destacan la temperatura de transición vítrea (Tg), que establece la movilidad de las cadenas macromoleculares en la fase amorfa; la temperatura de fusión (Tm), que muestra la desestructuración de los dominios cristalinos, la temperatura de cristalización (Tc), que está relacionada con el reordenamiento molecular durante el enfriamiento; la entalpía de fusión (ΔHm), que cuantifica la energía que se involucra en el cambio de fase [9].

El umbral térmico en el cual las áreas amorfas de la estructura polimérica se transforman de una condición rígida a un estado que posee mayor flexibilidad molecular representa lo que se denomina como temperatura de transición vítrea. Por otra parte, la fusión hace alusión al fenómeno de licuefacción que padecen los dominios cristalinos del material. Ambos fenómenos son fundamentales, ya que su correcta interpretación permite establecer las condiciones operativa para el reciclaje y el procesamiento industrial de los materiales termoplásticos.

Durante el proceso de reciclaje, los materiales poliméricos pueden presentar degradación térmica dado que está regularmente vulnerables a temperaturas altas. Este método genera que las estructuras macromoleculares se dividan, que el peso molecular disminuya y que el compuesto exponga alteraciones significativas en sus propiedades físicas y mecánicas. Como consecuencia de este proceso los plásticos reciclados presentan diferencias en su comportamiento térmico en comparación con los materiales vírgenes.

La Calorimetría diferencial de barrido (DSC) es una metodología analítica que se emplea para examinar los polímeros, ampliamente utilizada para determinar valores exactos de cristalización, fusión y transición vítrea, además de evaluar la fracción cristalina presente en el material. Por otra parte, el Análisis Termogravimétrico (TGA) se enfoca en la medición de la estabilidad térmica, lo cual se produce al monitorear de forma sistemática las fluctuaciones de masa que enfrenta una muestra durante un calentamiento gradual [9].

En esta misma dirección, la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) permite detectar alteraciones químicas directamente relacionadas con los procesos de degradación a los que el polímero está sometido. De manera complementaria, el ensayo de índice de fluidez o Flow Index (MFI), constituye una herramienta que permite evaluar las variaciones en la trabajabilidad del material reciclado convirtiéndose en una propiedad reológica de gran interés para la caracterización de los polímeros.

Los ciclos de reciclaje generan alteraciones estructurales que pueden afectar la cristalinidad y la estabilidad térmica de las matrices poliméricas. Con respecto al polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, el estudio disponible muestra que su estabilidad térmica está por debajo de la del HDPE virgen. Este hecho se debe a los procesos de deterioro acumulativo y a la incorporación de contaminantes en cada procedimiento sucesivo de procesamiento [10].

Igualmente, se ha documentado una disminución aproximada del 19 % en la condición de cristalinidad del HDPE reciclado frente a los valores registrados para el material virgen, lo que evidencia las modificaciones de orden estructural inherentes a la reutilización de este polímero. En el caso del PET reciclado estudios recientes informan de una disminución de la temperatura de transición y ligeras variaciones en la temperatura de fusión tras sucesivos ciclos de reciclaje. Estos cambios constituyen indicadores de degradación y de modificadores en la organización molecular del polímero [10].

A diferencia del HDPE reciclado, cuya degradación pareció ser más moderada, las partes finamente granulométricas del PET reciclado experimentaron una reducción de alrededor del 40 % tras superar el umbral de 75 días de exposición. Este comportamiento evidencia diferencias en la respuesta degradativa de ambos polímeros bajo condiciones ambientales similares. No obstante, el rendimiento final del material recuperado depende directamente de la eficacia con que se llevan a cabo las operaciones unitarias de separación, lavado, clasificación y extrusión [1]

Las investigaciones más recientes muestran que los procesos de reciclaje mecánico optimizados permiten la producción de materiales reciclados de mayor calidad, debido a la inclusión de fases adicionales como el lavado en caliente, la clasificación y la desodorización. Estas mejoras tecnológicas favorecen una reintegración más eficiente de los polímeros en nuevos circuitos de producción [11].

3.4 Fundamentación conceptual

3.4.1 Clasificación de los polímeros

Los termoplásticos se definen como materiales capaces de reblandecerse mediante la aplicación de calor y endurecerse al enfriarse a lo largo de un intervalo de temperatura característico de cada Polímero. Este proceso de reblandecimiento y solidificación es de naturaleza reversible, por lo que puede repetirse un determinado número de veces [12].

Desde una perspectiva estructural, estos polímeros están conformados por cadenas moleculares entrelazadas que, en estado sólido, carecen de movilidad. Al suministrar energía térmica, el sistema entra en vibración provocando el rompimiento de las interacciones moleculares entre las macromoléculas. Esto permite que las cadenas se deslicen unas sobre otras, facilitando el flujo del plástico y su consecuente moldeado. A temperatura ambiente, estos materiales exhiben un comportamiento mecánico variable, pudiendo ser desde blandos hasta duros y frágiles, o duros y tenaces.

3.4.1.1 Polímeros naturales y sintéticos

Los polímeros pueden clasificarse en naturales y sintéticos. Los polímeros naturales, conocidos también como biopolímeros, se originan a través de procesos biológicos desarrollados por organismos vivos y se encuentran de forma directa en la naturaleza. Zambrano Castro y Riera [13]indican que, según su procedencia biológica, estos materiales pueden agruparse en polímeros de origen vegetal como la celulosa y el almidón, de origen animal como el colágeno y la gelatina y de origen microbiano como los polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por bacterias. Asimismo, destacan que su capacidad de biodegradación los convierte en una alternativa de interés frente a la acumulación de residuos plásticos provenientes del petróleo.
Los polímeros sintéticos se producen en laboratorios o instalaciones industriales mediante reacciones de polimerización controladas, utilizando monómeros que proceden principalmente del petróleo y del gas natural. Un ejemplo es el caucho sintético, desarrollado con la finalidad de reproducir y, en determinados casos, mejorar las propiedades del caucho natural. Gallardo y Merino [14] destacan que los polímeros naturales y sintéticos pueden presentar composiciones químicas similares; sin embargo, su principal diferencia se encuentra en la forma en que son obtenidos. Este aspecto influye, a su vez, en factores como el costo de producción, la disponibilidad a gran escala y el comportamiento ambiental que presentan una vez que son desechados.

3.4.1.2 Composición de sus monómeros: homopolímeros y copolímeros

Otra forma de clasificar los polímeros considera la cantidad de tipos de monómeros que conforman la cadena polimérica. Los homopolímeros se constituyen por la repetición de un solo tipo de monómero, como sucede con el polietileno y el poliestireno. En cambio, los copolímeros se forman a partir de la combinación de dos o más monómeros distintos dentro de una misma cadena macromolecular, lo que hace posible obtener materiales con propiedades intermedias o con características combinadas respecto de los homopolímeros que los originan. Gallardo y Merino [14] explican que la forma en que los monómeros se distribuyen dentro de la cadena de un copolímero permite distinguir varias subcategorías, entre ellas los copolímeros al azar, alternados, en bloque e injertados. Esta diferenciación resulta importante para comprender por qué materiales con una composición elemental semejante pueden mostrar respuestas mecánicas y térmicas notablemente distintas.

3.4.1.3 Fibras y elastómeros

El comportamiento físico-mecánico de los materiales y de su aplicación industrial, los polímeros se organizan habitualmente en tres grupos principales: fibras, plásticos y elastómeros.

Las Fibras corresponden a polímeros, tanto naturales como sintéticos, que pueden hilarse para producir filamentos largos y delgados, utilizados principalmente en el sector textil. Martínez Anguiano et al [15] señalan que las fibras naturales, además de conservar su uso tradicional en la industria textil, han adquirido mayor importancia como materiales de refuerzo en compuestos poliméricos, por ejemplo, en aplicaciones de la industria automotriz. Este interés se relaciona con su menor costo, el impacto ambiental reducido en comparación con ciertas fibras sintéticas y la posibilidad de alcanzar propiedades mecánicas adecuadas en aplicaciones que no requieren elevadas exigencias estructurales.

Finalmente, los elastómeros se caracterizan por poseer una alta capacidad de deformación elástica debido a la estructura entrecruzada de sus cadenas. Esta propiedad permite que se estiren de manera considerable y que recuperen su forma inicial cuando deja de actuar la fuerza que produjo la deformación. Entre los ejemplos más representativos se encuentran el caucho natural vulcanizado y el neopreno. Chávez Ramírez et al. [16] explican que los elastómeros termoplásticos vulcanizados (TPV) reúnen características propias de dos familias de materiales, ya que incorporan una fase de caucho vulcanizado dispersa dentro de una matriz termoplástica, como el polipropileno. Esta configuración les permite combinar la elasticidad característica del

caucho con la facilidad de procesamiento de los termoplásticos, mostrando cómo las clasificaciones tradicionales pueden integrarse en materiales híbridos con aplicaciones industriales cada vez más amplias.

3.4.1.4 Termoplásticos y termoestables

Un criterio especialmente importante para el estudio de los materiales plásticos consiste en clasificarlos de acuerdo con su comportamiento cuando son sometidos a calor. Oladele et al. [17] señalan que los termoplásticos y los termoestables, junto con los elastómeros, forman las tres categorías fundamentales de polímeros según su comportamiento. La diferencia principal entre termoplásticos y termoestables está relacionada con su estructura molecular. Los termoplásticos presentan cadenas lineales o ramificadas que se ablandan al aumentar la temperatura y vuelven a endurecerse durante el enfriamiento. Al tratarse de un proceso reversible, estos materiales pueden moldearse en varias ocasiones y, por ello, admiten procesos de reciclaje mecánico. En contraste, los termoestables forman durante su procesamiento una red tridimensional de enlaces entrecruzados que no puede revertirse mediante un calentamiento posterior. En consecuencia, cuando vuelven a recibir calor no se ablandan, sino que tienden a degradarse o quemarse, situación que limita de forma considerable sus posibilidades de reciclaje.

Los mismos autores señalan que las diferencias estructurales entre los termoplásticos y los termoestables influyen directamente en las alternativas disponibles para gestionar sus residuos. En el caso de materiales como el polietileno o el polipropileno, las técnicas de reciclaje mecánico son ampliamente utilizadas; sin embargo, estos procedimientos no resultan aplicables de la misma manera a los polímeros termoestables, que requieren opciones como el reciclaje químico o la valorización energética. Esta consideración adquiere especial importancia en una investigación orientada a la clasificación de los plásticos, debido a que permite relacionar las diferencias técnicas entre los materiales con los desafíos actuales vinculados a la gestión ambiental de los residuos.

3.4.2 Plásticos

Los plásticos son materiales sintéticos ampliamente utilizados en diversos ámbitos de la vida moderna debido a su ligereza, resistencia y bajo costo de producción. Su uso ha propiciado avances en medicina, la alimentación, el transporte o la tecnología al permitir, entre otras cosas, envases muy seguros, objetos muy duraderos y productos de bajo costo. No obstante, su

expansión también se ha transformado en un problema medioambiental, ya que muchos objetos se desechan de inmediato y permanecen durante decenas de años en todos los ecosistemas naturales del planeta [18].

Con el paso del tiempo, la acumulación de residuos plásticos ha dejado de ser un problema oculto para convertirse en un desafío ambiental presente en ciudades, en los ríos, en los suelos y en los océanos. Botellas, fundas, envoltorios y pequeñas piezas modifican el paisaje y los procesos naturales del entorno. A medida que estos materiales se degradan lentamente, quedan convertidos en micro plásticos, partículas muy pequeñas que entran en las cadenas alimenticias y que suponen un peligro para los animales, las plantas y las personas, con consecuencias de las que aún se conoce poco en la actualidad.

A partir de esa realidad, múltiples sectores han promovido alternativas para disminuir la dependencia de los productos desechables. La industria ha desarrollado materiales reciclables, biodegradables o reutilizables; los gobiernos y las organizaciones han formado normativas que reducen las bolsas, los sorbetes o los envases de un solo uso, etc. [19]. Estas acciones buscan equilibrar los beneficios del plástico con una gestión responsable, capaz de limitar los daños medioambientales sin menoscabar necesidades sociales, económicas y de salud importantes en las comunidades locales.

Por otro lado, la solución no depende únicamente del desarrollo de nuevas tecnologías o de la implementación de normativas, sino también en cambio de las costumbres colectivas. La correcta separación de residuos, el reciclaje, la reutilización de envases y la elección de productos con poco empaquetado contribuyen a reducir la contaminación. De esta manera, una mayor conciencia sobre el impacto de las decisiones cotidianas favorece un consumo más responsable y sostenible con efectos positivos en el entorno y en la conservación de los recursos naturales.

3.4.3 Tipo de plásticos

3.4.3.1 Tereftalato de Polietileno (PET)

Según Atencio [20], el PET comúnmente conocido como tereftalato de polietileno, es un plástico de gran empleo que se caracteriza por su ligereza, transparencia y resistencia. La estructura que posee lo hace apto para la fabricación de envases que garanticen la seguridad de productos como bebidas, alimentos, productos de limpieza y otros de consumo cotidiano. Por

lo tanto, se ha convertido en uno de los plásticos más usados en el mundo del empaque, especialmente en el caso de envases prácticos, idóneos y de bajo coste que sean fáciles de transportar.

Su versatilidad le ha conferido un lugar en la conservación de productos, ya que ayuda a prevenir que dichos productos se vean influenciados por la humedad, el aire o la contaminación. Un ejemplo de esto es que las botellas mantienen el contenido bueno durante más tiempo e incluso todo el proceso logístico que conlleva su transporte. La ligereza que posee también produce un abaratamiento del transporte, si bien por otro lado favorece un alto consumo de envases desechables en distintos escenarios como el comercial, el doméstico o el industrial de uso habitual.

Con esa frecuencia de uso, el mal manejo del PET es un problema ambiental muy serio. Los envases que son desechados en la calle, en los ríos, en la tierra, permanecen en el medio sin degradarse durante mucho tiempo. Algunos residuos acabarán descomponiéndose en pequeñas partículas que dañan a los organismos y sus ecosistemas según Ordoñez [21]. Por tanto, su aprovechamiento debe ir acompañado de acciones responsables de recolección, clasificación y tratamiento de residuos para reducir el impacto en la naturaleza.

En relación con esa problemática, el reciclaje del PET aparece como una alternativa muy importante para intentar reducir el impacto sobre el entorno. Tal reciclaje sirve para convertir botellas usadas en fibras textiles, láminas, nuevos envases. Para conseguir buenos resultados, hay que escindir bien los residuos y resultar en una mezcla de ellos con otros materiales contaminantes. De esa manera el modelo de economía circular se nutre de recursos existentes y elimina la basura urbana, que se genera todos los días.

3.4.3.2 Policloruro de Vinilo (PVC)

De acuerdo con Rojas & Martín [22], el policloruro de vinilo (PVC) es uno de los plásticos más utilizados en el mundo por su resistencia, durabilidad y capacidad para ser adaptado a una diversidad de formas; su composición hace que pueda ser rígido o flexible, tal y como se necesite, dependiendo de los aditivos que se incorporan en las diferentes etapas de su procesado. Esto lo convierte en una buena opción a la hora de ser aplicado en tuberías, perfiles, recubrimientos, cables, pavimentos y envases, y, por tanto, constituye un recurso importante en la construcción, en la industria y en el consumo cotidiano moderno responsable.

Las propiedades que presenta este material lo convierten en excelente para aplicaciones donde se necesita estabilidad, bajo mantenimiento y larga vida útil. En la construcción, por ejemplo, las tuberías de PVC ayudan a conducir agua e a proteger los sistemas eléctricos. A su vez, su resistencia a la humedad y a varios agentes químicos le permite mantener su funcionamiento durante un largo período de tiempo y por tanto reducen frecuentemente sus reemplazos; también favorece soluciones para viviendas, comercios e infraestructuras públicas.

A pesar de sus diversas ventajas el uso del PVC genera inquietudes en relación a su producción, manejo y fin de vida. Algunos de los aditivos utilizados para modificar sus características podrían resultar preocupantes si no se tiene un control y regulación. Además, una vez que los productos llegan a ser residuos su degradación natural es muy larga. Por tal motivo, es necesario realizar una gestión que evite la quema informal, el abandono en la naturaleza y la contaminación de suelos y aire [23].

Por consiguiente, el reciclaje y la recuperación del PVC se presentan como alternativas necesarias para aminorar emociones negativas. A partir de diferentes procesos podrán obtenerse nuevos perfiles, mangueras, láminas, suelas u otros productos de carácter industrial a partir de determinados residuos; sin embargo, la separación será un factor fundamental en este proceso, ya que este plástico tiene unas características que son muy distintas a las de otros plásticos. Una correcta clasificación hará posible su reciclado y apoya modos de producción responsable de la economía circular sostenible local.

3.4.3.3 Poliestireno (PS)

El poliestireno (conocido como PS) es una resina plástica de la que se origina el estireno y que se caracteriza por su ligereza y su rigidez, así como por la facilidad de su moldeo en varias formas. En función del proceso de elaboración, puede adquirir tanto forma sólida, como transparente, así como expandida. Las razones por las cuales se utiliza en envases, vasos, bandejas, cubiertos desechables, empaques protectores y algunos tipos múltiples más de productos escolares, comerciales e industriales se debe a su amplia practicidad y versatilidad, asociada a su bajo costo, facilidad de transformación y adecuada características del PS [24].

Su consistencia permite que se puedan construir objetos que sean más o menos resistentes al impacto moderado, y ello es útil para la protección de los alimentos o de las mercancías durante el transporte. Más aún, a través del PS expandido, espuma flex (en algunos países) pueden ofrecer bajo ciertos grados de temperatura aislamiento térmico y amortiguación. Dicha

capacidad para poder ser utilizados puede almacenar productos fríos, proteger aparatos electrónicos y evitar daños por golpes, vibraciones o cambios de temperatura que provoquen comportamientos inadecuados durante la distribución comercial segura.

El PS también puede ofrecer dificultades importantes desde un punto de vista ambiental, sobre todo cuando se fabrican objetos de baja duración. Muchos envases y empaques son desechados tras un único uso, porque tienden a aumentar el volumen de desperdicios acumulándose en calles, rellenos sanitarios y en la naturaleza; caracterizándose por su lenta degradación, y al romperse puede generar pequeñas partículas que terminan contaminando suelos, cuerpos de agua y las especies que habitan en el vecindario de los ecosistemas locales que les rodean [25].

Cabe destacar que la gestión responsable del poliestireno requiere foco en una adecuada separación, menor consumo y estrechar procesos de reciclaje. El PS puede recuperarse en procesos muy concretos, pero su ligereza y la posible contaminación por restos de comida dificultan esta recuperación. Motivo por el cual es indispensable promover iniciativas de reutilización cohesiva; diseños más eficaces, campañas educativas que indiquen cómo se debe desechar el material tras la alimentación de alimentos o materiales durante su uso en los situados marcados por los contextos dados.

3.4.3.4 Polipropileno (PP)

El polipropileno (PP) es un material que se considera uno de los plásticos más empleados por su resistencia, ligereza y versatilidad. Este tipo de material corresponde a la familia de los termoplásticos, pues puede ablandar mediante el uso del calor y endurecerse al enfriarse, conservando parte de sus propiedades. Por consiguiente, se utiliza en el ámbito de los envases, tapas, utensilios, textiles, piezas para automóviles y productos médicos, manteniendo una gran importancia en la industria moderna y diaria [26].

Este tipo de plástico establece una resistencia ante golpes, humedad y ciertos productos químicos. Su estructura permite que mantenga la forma en diversas condiciones, por lo que resulta útil en objetos que deben tener una gran durabilidad. En una infinidad de hogares, el polipropileno forma parte de los recipientes para alimentos, muebles plásticos y artículos reutilizables, ofreciendo comodidad, coste reducido y funcionalidad en numerosas acciones cotidianas.

Por otra parte, el polipropileno posee ventajas respecto a otros plásticos; es ligero y facilita el moldeo durante los procesos de producción. Las empresas lo prefieren, dado que permite fabricar productos diferentes haciendo un uso reducido de material. La resistencia a temperaturas moderadas, por su parte, permite su uso en empaques de alimentos, recipientes de cocina y laminados que necesitan estabilidad, seguridad y una vida útil aceptable [27].

Indudablemente, el uso extendido del PP suscita inquietudes medioambientales cuando no tiene una correcta gestión tras su uso (cuando se desecha inadecuadamente, puede ser un material que se acumula en suelos, ríos y mares afectando a los ecosistemas). Aunque es reciclable, la recuperación de este tipo de material depende de una correcta separación, recolección y transformación. De ahí que la sociedad debe promover hábitos responsables, que deben incidir en la reducción de la contaminación plástica.

3.4.3.5 Polietileno (PE)

El polietileno (PE) está considerado como uno de los plásticos más empleados en todo el mundo en razón de su ductilidad, su resistencia y su bajo costo de fabricarlo. Forma parte del grupo de los termoplásticos, dado que se moldea con el calor y conserva su forma al ser enfriado. Tales propiedades permiten el uso del polietileno en las bolsas, en las botellas, en las tuberías, en los envases, en las películas protectoras y en otros productos de la vida cotidiana [28].

Su importancia se ilustra en la capacidad del polietileno para soportar la humedad, los golpes y ciertos agentes químicos. Por su propia estructura permite la realización de un gran número de objetos ligeros, resistentes y fáciles de transportar, lo que favorece su utilización en las industrias alimentarias, agrícolas y comerciales. En diferentes entornos el polietileno contribuye a proteger a los productos, a permitir su almacenamiento y a mantener mejores condiciones en los materiales durante un periodo más prolongado.

Dentro de sus variedades más representativas se encuentran el polietileno de alta densidad y el polietileno de baja densidad, cada uno de ellos con usos específicos dado su dureza y su flexibilidad. El primero se suele utilizar en envases rígidos, en tuberías o tapas, mientras que el segundo aparece en las bolsas, en el envoltorio o en las planchas plásticas. Esta variedad da testimonio de la gran adaptabilidad del PE en diferentes necesidades productivas y aplicaciones [29].

El uso excesivo de este plástico logra crear preocupación medioambiental cuando sus residuos no son tratados adecuadamente, dado que terminará por ser utilizado en las calles, en los ríos o en los mares, donde permanecerá durante mucho tiempo y chocará con los animales o afectará a los suelos o a otros factores del agua. A pesar de que puede reciclarse, su recuperación depende de una adecuada separación, de sistemas eficaces de recogida, de la información a los consumidores y de su propia responsabilidad.

3.4.4 Desechos plásticos

Los residuos plásticos son un tema ambiental importante que aumenta por el consumo excesivo y la lenta degradación de muchos materiales sintéticos. Provienen de residuos plásticos posconsumo recolectados como son, bolsas, botellas, envolturas, envases, desechos, etc. Tales residuos, de no ser absorbidos debidamente, pueden contaminar hasta las calles, los suelos, los ríos y los océanos, haciendo así que se altere la calidad de la vida. Con lo que esto conlleva la necesidad de gestionarlos para la conservación de los ecosistemas, la salud humana y los recursos naturales que poseen y ocupan las comunidades urbanas y rurales, diversas en el país [30].

Su acumulación se eleva cuando la población consume diariamente productos de corto ciclo de vida, lo que provoca que los residuos no se separen de manera adecuada. Cuando se mezclan con los residuos orgánicos, el vidrio o los metales, el plástico pierde valor y se dificulta su recuperación. Además, muchos sistemas de recogida de residuos no llegan a cubrir el territorio, y esto también provoca una mayor acumulación de los mismos. Esta circunstancia hace que un gran volumen vaya a parar a vertederos, al alcantarillado o a espacios abiertos donde quedan latentes a la vista durante años y producen contaminación visual, malos olores y peligros sanitarios para toda la población local.

De acuerdo con Molina [5], diversas especies sufren en primera persona las consecuencias de estos mismos residuos cuando los identifican como alimento, al confundir trozos de plástico o bolsas con la comida que tragan, provocando heridas, obstrucciones internas y, por lo tanto, produciendo su muerte, a aves, peces, tortugas y otros animales que ingieren tapas, bolsas o micro plásticos. Las partículas más pequeñas pueden ser incorporadas a las cadenas tróficas y alterar los equilibrios biológicos de los ecosistemas naturales; así el problema deja de ser solo de estética para convertirse en una amenaza real y presente para la biodiversidad y para la vida futura de todos los humanos del planeta.

Una correcta gestión de los mismos exige una disminución del consumo innecesario, la reutilización de objetos útiles y la potenciación de los programas de reciclaje en los hogares, las escuelas y en las industrias. Las administraciones pueden realizar promulgaciones que limiten la aparición de productos de usar y tirar, y que inviertan en la mejora de la recogida selectiva. A su vez, las empresas deberán elaborar envases más perdurables, reciclables o hechos con otros materiales. Esto ayudará a dispensar cantidades menores de basura, a aprovechar los recursos, y a potenciar una cultura ambiental basada en la corresponsabilidad y la participación activa de la ciudadanía a diario.

3.5 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

La técnica de la calorimetría diferencial de barrido, o DSC, es un método instrumental que se aprovecha para caracterizar polímeros a partir de los cambios en el calor. Su principio se basa en la comparación del calor necesario para calentar una muestra con una referencia dentro de unos determinados parámetros a seguir. Gracias a la medida de esta comparación, se ponen de manifiesto algunas transformaciones térmicas relevantes que nos permiten conocer aspectos como, por ejemplo, la estabilidad, qué lo conforma el material y qué comportamiento este va a mantener durante su proceso de fabricación, uso o incluso de reciclaje en la actualidad [31].

Mediante el análisis térmico, es posible detectar, entre otras cosas, la temperatura a la cual se produce la transición vítrea, la cristalización y la fusión. Cada transición encontrará su representación en el termograma en forma de una señal de absorción o de liberación de energía que, a su vez, permite determinar si un polímero va a ser flexible, rígido, semi cristalino o resistente al calor. En este sentido, la DSC puede proporcionar datos relevantes para poder la selección de materiales en función de las aplicaciones de productos técnicos de tipo diverso.

En lo que respecta al análisis de polímeros la DSC permite, además, evaluar la pureza, la compatibilidad y el grado de cristalinidad de una muestra; esto es, el comportamiento térmico puede cambiar en presencia de mezclas, aditivos o contaminantes, conduciendo así a cambios en las curvas obtenidas que son indicativas de comparación de lotes, verificación de formulaciones y reconocimiento de fallos potenciales en los procesos de producción. Así, la técnica pasa a ser una herramienta importante para garantizar el control de calidad industrial [32].

Al estudiar la estabilidad térmica, la DSC permite poner de manifiesto cambios en función de la degradación o la pérdida de propiedades de los materiales poliméricos, y, en función de las

temperaturas que se les hagan transitar a la muestra, se identifican cambios en su estructura o sus límites de procesamiento. Todas estas consideraciones permiten que se eviten el ablandamiento, la ruptura, el daño durante el calentamiento inadecuado, de forma que las industrias puedan mejorar el proceso de transformación del polímero y acorten las posibilidades de que se produzcan errores de aplicación en condiciones reales.

3.6 Transiciones Térmicas y Degradación

Las transiciones térmicas y la degradación son procesos que tienen un papel fundamental para entender el comportamiento de los materiales, principalmente de los plásticos, al calentar una sustancia las moléculas aumentan su movimiento e incluso pueden llegar a que la materia cambie de estado o la estructura interna de la misma que cita Wagner [33]. Tales procesos ayudan a determinar ciertas características como la resistencia, la estabilidad o la vida útil de un material, de ahí la importancia de su estudio en la industria, la investigación científica o el diseño de nuevos productos para un consumo responsable en seguridad.

Durante una transición térmica el material sufre cambios relacionados con la temperatura, sin que, por ello, tenga que iniciarse la descomposición del mismo. De entre las transiciones más conocidas podemos encontrar la transición vítrea, la cristalización o la fusión, todas ellas muestran cómo responde la estructura molecular al calor, también proporcionan información sobre cómo se comportará un plástico en cuanto a ser rígido, flexible, resistente o deformable, en condiciones específicas de uso, de almacenamiento o de procesado en distintas aplicaciones industriales, comerciales, domésticas o ingenieriles.

Las transiciones vítreas y de fusión se producirían cuando los materiales amorfos pierden su estado duro y quebradizo al pasar a un estado más flexible, junto a un aumento de movimiento molecular o, en el caso de la fusión, cuando las zonas con orden cristalino comienzan a perder dicho orden y pasan a una fase líquida o viscosa, procesos que no conllevan destrucción, sino que son transformaciones los cuales, por este motivo, permiten moldear, reutilizar o adaptar ciertos materiales mediante procesos de calentamiento controlados en la fabricación moderna [3].

Por otro lado, con tiempos de calentamiento más largos o temperaturas más elevadas, también puede iniciarse una degradación térmica, donde las cadenas moleculares pueden llegar a romperse y el material perder propiedades, incluso cambios de color, fragilidad, mal olor, disminución de resistencia, liberación de compuestos no deseados, etc. La degradación, a

diferencia de lo que ocurre en las transiciones térmicas, es casi irrecuperable salvo mediante tratamiento de base, la degradación es específica del tipo de material, del tiempo de calentamiento y del ambiente en el que se va encontrando el producto.

3.6.1 Temperatura de Transición Vítrea (Tg)

La temperatura de transición vítrea (Tg) corresponde al valor térmico en el cual la fase amorfa de un polímero o material vítreo cambia de un estado rígido y quebradizo (estado vítreo) a un estado más flexible y viscoelástico estado gomoso. Esta transición no implica un cambio de fase de primer orden ni la absorción o liberación neta de calor latente, sino una variación en la movilidad de las cadenas moleculares y en la capacidad calorífica del material, lo que la distingue de la fusión [34]. En términos experimentales, la Tg se identifica en el termogramas de DSC como un cambio escalonado (endotérmico) de la línea base, cuyo valor depende de la velocidad de calentamiento y enfriamiento empleada durante el ensayo [34].

En materiales compuestos reforzados, la Tg tiende a incrementarse con la incorporación de cargas o refuerzos que restringen la movilidad de las cadenas poliméricas, evidenciando la interacción entre la matriz y el refuerzo [35]. Asimismo, se ha reportado que la densidad de relleno (infill) y otros parámetros de procesamiento en piezas fabricadas por manufactura aditiva pueden inducir ligeras variaciones en la Tg y en la Tm determinadas por DSC [36].

3.6.2 Temperatura de Cristalización (Tc)

La temperatura de cristalización (Tc) es aquella a la cual las cadenas o unidades estructurales de un material inicialmente amorfo o fundido se reorganizan de forma ordenada para formar regiones cristalinas. Este fenómeno es de naturaleza exotérmica, ya que la formación del ordenamiento cristalino libera energía, lo que se manifiesta en el termograma de DSC como un pico exotérmico [34]. La velocidad a la que ocurre la cristalización, así como la energía de activación asociada a este proceso, pueden determinarse a partir de la dependencia de la temperatura del pico exotérmico con respecto a la velocidad de calentamiento aplicada [34].

Cuando este ordenamiento ocurre durante el calentamiento de un material previamente enfriado de forma rápida (y no durante el enfriamiento), se denomina cristalización en frío o "cold crystallization" (Tcc). Se ha observado que la incorporación de cargas nanoestructuradas en matrices poliméricas puede limitar la movilidad de las cadenas y desplazar la temperatura de

cristalización en frío hacia valores más altos, evidenciando una restricción en el crecimiento de los cristales [35].

3.6.3 Temperatura de Fusión (Tm)

La temperatura de fusión (Tm) es la temperatura a la cual las regiones cristalinas ordenadas de un material pierden su ordenamiento estructural y pasan a un estado fundido o desordenado. Este proceso es de carácter endotérmico, pues el sistema debe absorber energía para vencer las fuerzas intermoleculares que mantienen unida la red cristalina, lo cual se refleja como un pico endotérmico en el termograma de DSC [36]. El área bajo dicho pico corresponde a la entalpía de fusión, valor que se emplea habitualmente para estimar el grado de cristalinidad del material [35].

La adición de refuerzos o cargas en matrices poliméricas puede desplazar ligeramente la Tm hacia valores superiores, lo que se ha asociado con una reducción en el tamaño y estabilidad de los núcleos cristalinos formados, así como con una posible restricción en la flexibilidad de las cadenas [35].

3.6.4 Temperatura de Degradación (Td)

La temperatura de degradación (Td) señala el punto en el cual el material comienza a sufrir una descomposición química irreversible, generalmente asociada a la ruptura de enlaces de la cadena molecular y a la pérdida de masa por liberación de productos volátiles. Aunque suele complementarse con análisis termogravimétrico (TGA), la DSC también permite detectar estos eventos de degradación mediante picos exotérmicos o endotérmicos asociados a la descomposición de la estructura del material[37]. Modificaciones superficiales o tratamientos químicos sobre fibras y materiales poliméricos pueden alterar de forma significativa la vía de descomposición y, en consecuencia, desplazar la temperatura a la cual inicia la degradación térmica [37].

3.6.5 Fundamentos técnicos de la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) para la caracterización térmica de plásticos reciclados.

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) es una de las técnicas de análisis térmico más importantes y ampliamente utilizada en los laboratorios de caracterización de materiales con el propósito de garantizar la recopilación de información experimental sólida y fiable sobre las propiedades térmicas de los plásticos reciclados para la información experimental porque

permite estudiar de manera muy precisa las propiedades térmicas que los materiales tienen cuando sufren variaciones, ya sean físicas o químicas, debido a calentamientos o enfriamientos controlados. técnica DSC fue empleada en esta investigación para identificar y cuantificar las propiedades térmicas de una serie de plásticos reciclados, permitiendo determinar diversos parámetros termo físicos clave, tales como: temperatura de transición vítrea (Tg), temperatura de cristalización (Tc), temperatura de fusión (Tm), entalpía de fusión (ΔHm), capacidad calorífica específica (Cp) y en algunos casos la estabilidad termo oxidativa del material en estudio[33].

La técnica de DSC se fundamenta en la medición continua y diferencial del flujo de calor entre una muestra y un material de referencia, este diseño elaborado con el propósito de garantizar la recopilación de información experimental sobre térmicos plásticos del flujo de calor entre la muestra y una referencia, que debe ser térmicamente inerte en el rango de temperaturas de trabajo. Los dos siguen simultáneamente el mismo programa térmico. Durante el ensayo la muestra y el crisol de referencia se encuentran en el mismo horno y, por tanto, se someten a unas idénticas condiciones térmicas. Cuando la muestra sufre una transición de fase, una relajación de entalpía o una reacción química, la cantidad de energía necesaria para mantener la paridad térmica con el material de referencia cambia de una manera mensurable y se registra inmediatamente como una señal de flujo de calor[33].

El resultado de dicha monitorización se refleja en un termograma DSC, que es una representación en el que el eje horizontal representa la temperatura o el tiempo, según del tipo de ensayo, y el eje vertical el flujo de calor, ya sea en valor absoluto (mW) o normalizado por la masa de la muestra (W/g). Al interpretar el termograma examinando la forma, posición en la escala térmica y el área bajo los picos, somos capaces de conocer la serie de fenómenos térmicos que ocurren durante el calentamiento o enfriamiento del polímero, y así emplear como una huella térmica única de cada material[33].

Elevar la temperatura en una materia plástica puede dar lugar a diversos sucesos, cuya naturaleza y secuencia dependen de la estructura macromolecular del polímero. Los eventos más significativos incluyen la transición vítrea (Tg), que señala el cambio de un estado frágil y vítreo a uno viscoelástico y dúctil; la cristalización (Tc), que implica el reordenamiento de las cadenas en dominios cristalinos; y la fusión (Tm), que implica el colapso de esa estructura cristalina, así como la oxidación, deterioro térmico y otros procesos de relajación estructural menos intensos. Estos eventos producen en el flujo de calor una característica en forma de

escalón para Tg, un pico exotérmico para la cristalización y un pico endotérmico para la fusión, y su correcta interpretación requiere un conocimiento profundo de los mecanismos moleculares involucrados [33].

Desde el punto de vista instrumental, un calorímetro diferencial de barrido está formado por un horno de alta precisión, un sensor calorimétrico diferencial, un sistema de control de temperatura que puede ejecutar rampas y segmentos isotermos, un sistema de captura de datos con alta frecuencia de muestreo, y un software especializado para procesar, normalizar y graficar la información que se registra durante el ensayo. Los equipos de Mettler Toledo utilizan un sensor DSC con una sensibilidad térmica muy buena y un tiempo de respuesta muy bajo, lo que permite fluctuaciones del registrador. Muy pequeñas del flujo de calor (microvatios, µW), incluso con muestras que pesan sólo unos pocos miligramos, y por tanto los gradientes térmicos que pueden distorsionar la forma de los picos son muy bajos[33].

El horno, que actúa como elemento principal del sistema, es el encargado de aplicar el programa térmico definido por el operador, generalmente formado por una serie de rampas de calentamiento, segmentos isotermos y rampas de enfriamiento, cuyas velocidades, temperaturas de referencia y tiempos de permanencia son controlados automáticamente. Las velocidades de calentamiento más habituales para caracterizar polímeros se encuentran entre 5 y 20 °C/min, aunque la elección de una velocidad particular depende de un compromiso entre la resolución que mejora a velocidades más lentas y la sensibilidad que aumenta a velocidades más rápidas y debe ser ponderada de acuerdo con el objetivo del análisis y la naturaleza del material en estudio[33].

Desde el punto de vista metodológico, el sensor diferencial es el corazón del equipo. Su propósito es registrar de forma continua la diferencia de flujo de calor entre la muestra y el material de referencia. La aptitud del sensor para documentar transformaciones térmicas relativamente pequeños resulta fundamental, como ocurre en la situación de la Tg de los polímeros con alto nivel de retención. Además, de analizar los eventos térmicos que ocurren a temperaturas cercanas es fundamental para saber cómo el termograma refleja la secuencia real de lo que sucede en el material.

Para que las pruebas sean correctas y se puedan rastrear, previamente a hacer las investigaciones, se debe realizar un específico método de valoración. Con esta metodología, utilizando componentes referenciales eficaces y de alta calidad, como el estaño o el zinc, los

cuales tienen puntuaciones de fusión y temperaturas son muy familiares, se regula el intervalo de temperatura y el flujo de calor. De acuerdo con la guía técnica de Mettler Toledo, se puede efectuar la calibración con un punto o con múltiples puntos de referencia, pero normalmente se obtienen resultados más precisos cuando se emplean varios puntos de calibración, que cubran un rango térmico más amplio. Esto es de especial utilidad cuando se utiliza un extenso intervalo de temperaturas, dado que facilita solventar diferencias que no son lineales en la escala.

El análisis integral del desempeño del dispositivo no está constituido solamente por la calibración, aunque abarca una serie de indicadores técnicos vinculados a la precisión, la resistencia, el intervalo de tiempo y la resistencia térmica del equipo. El control periódico de estos parámetros mediante análisis de autenticación con elementos de referencia es una condición necesaria para que el equipo se encuentre en condiciones ideales para generar evaluaciones ejecutables y fiables, y por tanto para garantizar la validez científica de los hallazgos.

Para el presente estudio, el equipo DSC 3 (Mettler Toledo, módulo DSC 3/500, identificación 5154) fue calibrado previamente a la ejecución de los ensayos, según consta en el certificado de calibración N.º DSC5154_H559B (11/12/2025), empleando como estándares de referencia agua (H2O, punto de fusión 0,00 °C, ΔH 334,50 J/g) e indio (In, punto de fusión 156,60 °C, ΔH 28,70 J/g), bajo atmósfera de aire y con sensor cerámico FRS5. Los resultados de la calibración se ubicaron dentro de los rangos de tolerancia del fabricante: 0,03 °C y 16,7 % de desviación para el punto de fusión y la entalpía del agua, respectivamente, y 0,3 °C y 1,0 % para el indio, lo que confirma la trazabilidad metrológica del equipo utilizado en los ensayos DSC de esta investigación (véase Anexo: Certificado de calibración DSC5154_H559B).

En resumen, la Calorimetría Diferencial de Barrido es una herramienta bastante efectiva para evaluar térmicamente los materiales poliméricos. Esta técnica permite identificar de manera objetiva las propiedades térmicas clave de los plásticos reciclados. La sensibilidad, resolución y robustez del equipo, junto con los métodos de ajuste y control de calidad que se presentan en el documento técnico de Mettler Toledo, brindan un fuerte respaldo a los resultados experimentales que se han obtenido en esta investigación

3.7 Caracterización de Contaminantes en Mezclas de Poliolefinas Recicladas

El estudio de los contaminantes en las mezclas de poliolefinas recicladas permite evaluar la calidad real de materiales como el polietileno y el polipropileno. Durante el proceso de reciclaje,

estos plásticos pueden estar en contacto con restos de residuos orgánicos, tintas, adhesivos, metales, polvo o restos de polímeros. Es importante detectar la presencia de dichas impurezas para saber si el material puede ser reintroducido en nuevos productos sin afectar su resistencia, estética, seguridad, ni su desempeño industrial posterior en condiciones más controladas, eficientes y responsables desde el punto de vista ambiental [38].

De acuerdo con Ortiz [39] los contaminantes que se pueden encontrar en las mezclas de poliolefinas pueden expresar cambios importantes en la extrusión, moldeo, producción de películas o envases. Algunas de estas impurezas pueden generar mal olor, manchas, burbujas, fragilidad o pérdida de propiedades mecánicas. Asimismo, pueden ser responsables de una menor estabilidad térmica o una menor compatibilidad de los

materiales. Es por ello que la caracterización previa permite prevenir fallos, optimizar procedimientos y ofrecer productos reciclados con mayor uniformidad en condiciones de alta exigencia técnica.

El control adecuado de las impurezas favorece la producción de materiales reciclados más industriales y competitivos. Una vez se conocen los contaminantes se puede aplicar un lavado, filtros, separación por densidad, por ejemplo, para tratar de mejorar la pureza de las poliolefinas y maximizar su aplicabilidad en aplicaciones de mayor valor. Y, por otra parte, también ayudan en la reducción de residuos y en configurar una economía circular basada en la recuperación de recursos para nuevos ciclos productivos de mayor calidad.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1 Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que el estudio se sustentó en la obtención y procesamiento de datos numéricos derivados de la caracterización térmica de las muestras de plásticos reciclados. Mediante los ensayos de calorimetría diferencial de barrido se registraron parámetros como las temperaturas Onset, Peak, Endset además de la entalpía asociada a los eventos térmicos identificados en cada muestra. Estos valores permitieron disponer de información medible para describir el comportamiento térmico de las diferentes familias poliméricas estudiadas.

Los datos experimentales fueron organizados de acuerdo con cada familia polimérica y complementados mediante estadística descriptiva considerando medidas de tendencia central dispersión y distribución. Este tratamiento permitió analizar cuantitativamente las variaciones existentes entre las muestras y posteriormente relacionar los resultados obtenidos con valores reportados en estudios previos. De esta manera el enfoque cuantitativo permitió mantener una relación directa entre los datos generados y experimentalmente y el análisis desarrollado para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

4.2 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental y descriptiva se consideró experimental debido a que las muestras de plástico reciclados fueron preparadas y sometidas a ensayos de calorimetría diferencial de barrido bajo condiciones establecidas para cada familia polimérica. Durante estos ensayos se aplicó un programa controlado de calentamiento y se registró la respuesta térmica de cada material obteniendo los termogramas y los parámetros necesarios para su caracterización.

A su vez la investigación fue descriptiva porque el estudio busco mostrar y explicar cómo se comportaron térmicamente de las muestras analizadas de las familias poliméricas: PET, PEAD, PVC, PP y PS sin modificar su composición. Para ello se analizaron los eventos observados en los termogramas los valores de Onset, Peak, Endset y entalpía complementándolo con la estadística descriptiva mostrando que tan cercanos o diferentes fueron los resultados obtenidos entre las muestras estudiadas.

4.3 Diseño de investigación

La investigación siguió un diseño experimental de laboratorio debido a que las muestras de plástico reciclados fueron analizadas mediante ensayos realizados bajo condiciones previamente establecidas. Para ello cada muestra fue preparada pesada y colocada individualmente en un crisol antes de ser introducida en el equipo de calorimetría diferencial de barrido.

Durante los ensayos se controlaron las condiciones de calentamiento de acuerdo con la familia polimérica analizada permitiendo registrar la respuesta térmica de cada material y obtener los termogramas correspondientes. Este diseño permitió trabajar de manera ordenada con cada

muestra y obtener los datos necesarios para posteriormente describir y analizar su comportamiento térmico.

4.4 Población y muestra

- Población

La población de estudio estuvo constituida por los residuos plásticos reciclados provenientes del cantón Latacunga considerando aquellos materiales que pueden ser identificados de acuerdo con su familia en polimérica. Esta preocupación se estableció debido a que la investigación busca estudiar las propiedades térmicas de materiales plásticos recuperados dentro de este ámbito territorial y no determinó la cantidad total de residuos generados en el campo.

Para delimitar los materiales que podían formar parte del estudio se consideró su procedencia y la posibilidad de reconocer el tipo de polímero debido a que era necesario separar los materiales por familias antes de realizar su caracterización térmica. De esta manera la población se relaciona directamente con el lugar donde se desarrolla la investigación y con el tipo de material que constituye el objeto de estudio.

- Muestra

La muestra estuvo conformada por 25 unidades de plástico reciclado que cumplieron con los criterios establecidos para formar parte de la investigación. Para su selección se verificó que los materiales correspondieran al ámbito territorial del estudio que fuera posible identificar el tipo de polímero, que pudieran asignarse a su familia definida y que su condición física permitiera limpiarlos, cortarlos y prepararlos para el ensayo térmico.

La cantidad de 25 muestras no provino de un cálculo estadístico ya que el estudio no busca establecer cuanto PET, PEAD, PVC, PP o PS existen en toda Latacunga. Su finalidad es estudiar las propiedades térmicas de las muestras seleccionadas que cumplen criterios definidos para la investigación por ello, los resultados obtenidos corresponden específicamente al conjunto experimental analizado.

4.5 Métodos de investigación

Para el desarrollo de la investigación se analizaron los métodos experimental, descriptivo y comparativo de acuerdo con las diferentes etapas realizadas.

- Método experimental

Se utilizó durante la caracterización térmica de las muestras debido a que cada material fue preparado y sometido a un ensayo mediante DSC. El equipo permitió registrar la respuesta de las muestras durante el calentamiento y obtener los termogramas utilizados para identificar sus propiedades térmicas.

- Método descriptivo

Se aplicó para organizar y explicar los resultados obtenidos en cada familia polimérica. Permitió describir lo observado en los termogramas, los valores de Onset, Peak, Endset y entalpía, así como las diferencias encontradas entre las muestras mediante el análisis estadístico descriptivo.

- Método comparativo

Se empleó en la etapa final para contrastar los resultados térmicos obtenidos experimentalmente con valores reportados en estudios previos para materiales de las mismas familias poliméricas. Esto permitió identificar semejanzas y diferencias y relacionar los resultados con las potenciales aplicaciones documentadas en los estudios.

4.6 Técnicas e instrumentos

Para obtener y procesar la información de la investigación se emplearon diferentes técnicas e instrumentos de acuerdo con cada etapa de estudio. Estos permitieron realizar desde la identificación de las muestras hasta la obtención y análisis de sus propiedades térmicas.

- Identificación y clasificación de las muestras

Para la identificación de los materiales plásticos se tomó como referencia el código de identificación de resinas (RIC) establecido en la ASTM D7611, complementando con la ISO 11469 relaciona con la identificación y marcado de productos plásticos, estas referencias permitieron reconocer la información disponible en cada producto como códigos símbolos y abreviaturas correspondientes al tipo de polímero.

- Preparación de muestras plásticas para análisis DSC según la ISO 11357-1

La ISO 11357-1 establece los principios generales para la preparación y análisis de materiales poliméricos, en el ensayo experimental se considera la obtención de una muestra representativa,

en el corte y preparación se debe evitar condiciones que alteren el resultado de la muestra para realizar su análisis en el equipo.

- Medición de la masa

Antes de realizar los ensayos térmicos las muestras fueron limpiadas y cortadas hasta obtener fragmentos adecuados para su manipulación posteriormente se determinó la masa de cada fragmento mediante una balanza analítica con resolución de 0,0001 g lo que también establece en la ISO 11357-1 registrando este valor conjunto con el código asignado a cada muestra.

El pesaje permitió disponer del valor correspondiente a la cantidad de material introducida en cada ensayo y mantener un registro individual de las muestras después de esta medición cada fragmento fue colocado en un crisol de aluminio de 40 uL para continuar con la caracterización térmica.

- Calorimetría Diferencial de Barrido

La calorimetría diferencial de barrido constituyó la principal técnica experimental utilizada para estudiar el comportamiento térmico de las muestras. Antes de cada ensayo se ingresó en el software la identificación y masa correspondiente al material es establecieron las condiciones de análisis de acuerdo con la familia polimérica estudiada.

- Procesamiento de los resultados térmicos

Los termogramas obtenidos mediante DSC fueron procesados utilizando el software asociado al equipo. A partir de los eventos registrados se obtuvieron los valores de Onset, Peak, Endset y entalpía los cuales fueron organizados de acuerdo con la muestra y la familia polimérica correspondiente.

Estos parámetros permitieron describir de manera ordenada cada evento térmico considerando la temperatura en la que inicia el punto donde alcanza su máxima intensidad la temperatura en la que finaliza y la energía social del evento observado.

- Análisis estadístico descriptivo

Como complemento de los resultados experimentales aplicó estadísticas descriptivas las temperaturas Peak obtenidas para las muestras de cada familia polimérica. El procesamiento de

los datos se realizó mediante Microsoft Excel donde se calcularon la media, mediana, desviación estándar, varianza, rango, valores mínimo y máximo error típico, asimetría y curtosis.

El análisis permitió observar de manera numérica qué tan cercanos o diferentes fueron los resultados dentro de cada familia y complementar la interpretación realizada a partir de los termogramas y de los parámetros térmicos obtenidos experimentalmente.

- Revisión documental

La revisión documental se utilizó para recopilar información científica relacionada con el comportamiento térmico de las familias estudiadas. Para ello se consideraron artículos científicos normas técnicas y documentos relacionados con los materiales estudiados.

La información recopilada permitió disponer de valores reportados previamente para polímeros vírgenes y reciclados y relacionarlos con los resultados obtenidos experimentalmente. Asimismo, se revisaron aplicaciones documentadas para cada familia polimérica utilizadas como referencia para establecer sus potenciales alternativas de aprovechamiento sin asumir que la caracterización térmica por sí sola no determina una aplicación final.

4.7 Materiales y Equipos

Para el desarrollo de la fase experimental se utilizaron materiales y equipos destinados a la preparación medición y caracterización térmica de las muestras. Su empleo permitió mantener la identificación de cada material y realizar los ensayos bajo las condiciones establecidas.

Materiales

- Muestras de plástico reciclado
- Crisoles de aluminio de 40 uL
- Tijeras para corte de muestras
- Estilete para corte
- Materiales para acondicionamiento de las muestras
- Pinzas de laboratorio

Equipos

- Equipo de Calorimetría Diferencial de Barrido
- Balanza analítica con resolución de 0,0001g
- Computador
- Software asociado al equipo DSC
- Microsoft Excel

4.8 Procedimiento de la investigación

El procedimiento se desarrolló de manera secuencial considerando las actividades necesarias para cumplir con cada uno de los objetivos específicos planteados. Para mantener un orden durante el estudio el trabajo se dividió en las siguientes etapas:

Etapa 1. Selección y clasificación de las muestras

Se revisaron los materiales plásticos correspondientes del ámbito de estudio y se aplicaron los criterios establecidos para su selección punto una vez verificadas las condiciones de identificación procedencia y estado del material se conformó el conjunto de 25 muestras las cuales fueron clasificadas en diferentes familias. Finalmente, se asignó un código individual a cada muestra para mantener su identificación durante todo el proceso.

Etapa 2. Preparación de muestras

Las muestras seleccionadas fueron limpiadas para retirar residuos superficiales y posteriormente cortadas en fragmentos adecuados para el ensayo. Cada fragmento fue pesado en la balanza analítica y colocado individualmente en un crisol de aluminio conservando en todo momento el código asignado.

Etapa 3. Ejecución de los ensayos DSC

Las muestras preparadas fueron analizadas individualmente mediante calorimetría diferencial de barrido. Antes de cada ensayo se registraron los datos correspondientes de la muestra y se configuraron las condiciones de calentamiento establecidas para cada familia polimérica. Finalizando el ensayo se obtuvo el termograma correspondiente a cada material.

Etapa 4. Procesamiento y análisis de los resultados

Los termogramas fueron organizados de acuerdo con cada familia polimérica y se registraron los valores de Onset, Peak, Endset y entalpía. Posteriormente las temperaturas Peak fueron procesadas mediante estadísticas descriptivas para observar la tendencia y variación de los resultados obtenidos entre las muestras de una misma familia.

Etapa 5. Relación con estudios previos

Finalmente, los resultados experimentados fueron relacionados con valores reportados en estudios previos para polímeros vírgenes y reciclados. También se revisaron las aplicaciones documentadas para cada familia polimérica permitiendo establecer una relación entre el comportamiento térmico turbado y sus potenciales alternativas de aprovechamiento.

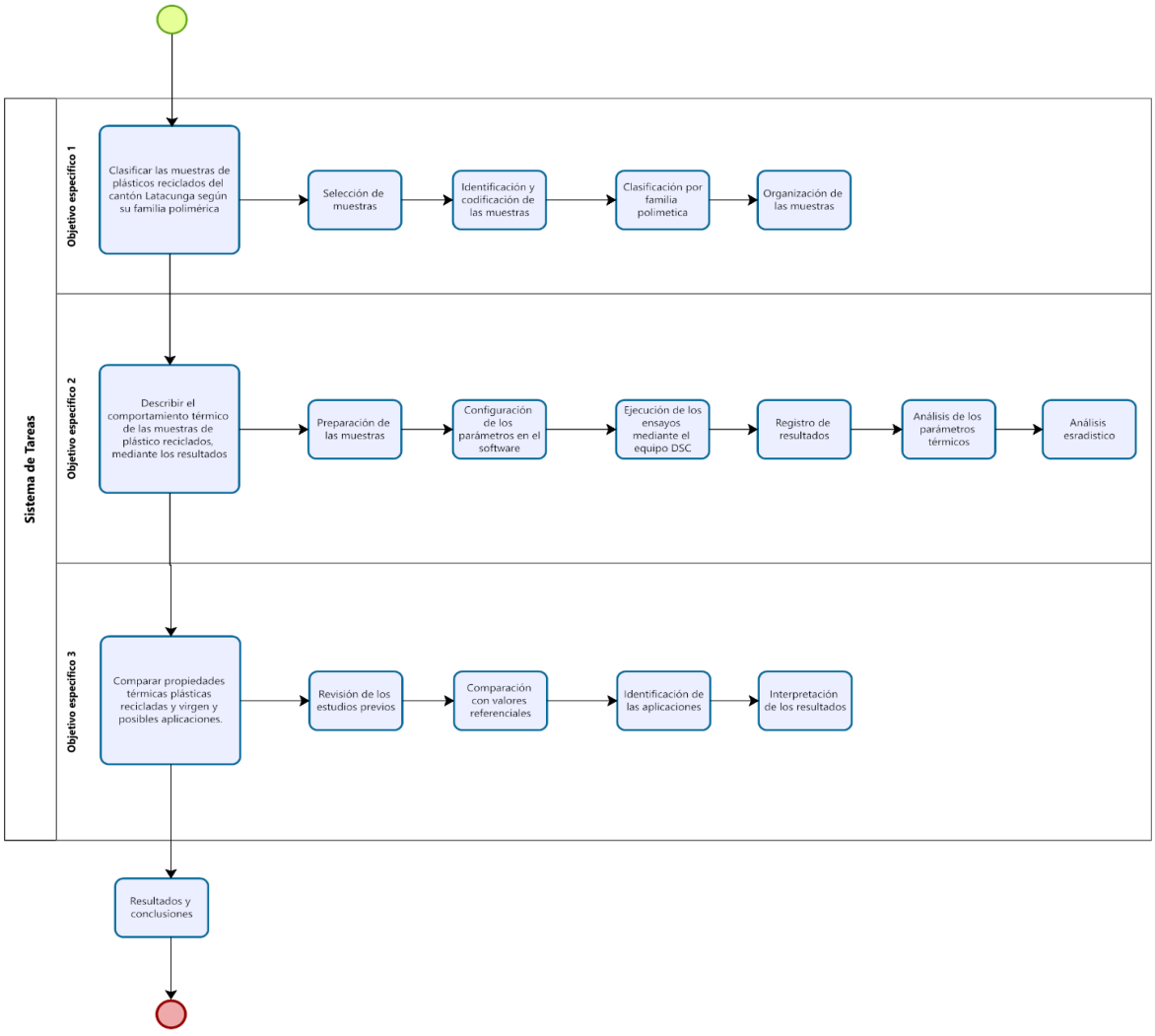


Figura 1 Flujograma del cumplimiento de los objetivos específicos y sus actividades.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Objetivo 1

5.1.1. Identificación de los plásticos presentes en el contexto de Latacunga

La gestión de residuos sólidos en el cantón Latacunga comprende materiales generados tanto en el sector domiciliario como actividades comerciales industriales y de servicio de acuerdo con información de la empresa pública de aseo y gestión ambiental del cantón Latacunga el servicio de gestión de residuos abarca las parroquias urbanas Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz y San Buenaventura además de las parroquias rurales del cantón. Entre las actividades desarrolladas por esta empresa pública se encuentra la recolección retiro y diferenciación de los residuos generados dentro del territorio [40] Como se muestra en la siguiente figura la visita de EPAGAL.



Figura 2 Visita In situ - EPAGAL

La generación de residuos sólidos constituye una corriente importante dentro del cantón. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PD OT de Latacunga con base en información proporcionada por EPAGAL reporta una producción aproximada de 108 toneladas diarias de residuos sólidos y una generación per cápita aproximada de 0,69 kg/ hab/día en la zona urbana

y 0,50 kg/hab/día en la zona rural [41]. Estos valores permiten dimensionar la generación de residuos dentro del territorio en el cual se desarrolla la presente investigación.

Dentro de esta corriente de residuos se encuentran diferentes materiales plásticos. La caracterización presentada en el PD OT cuya fuente corresponde al estudio de diseño definitivo de la gestión integral de residuos sólidos del cantón Latacunga elaborado por EPAGAL reporta 7,70%, de polietileno empleado parcialmente en fundas 2,79%, de PET correspondiente a botellas 0,09%, de PVC y 0,02% de otros plásticos entre los que se incluye espuma Flex [42]. Esta información resulta relevante para la investigación puesto que evidencia que los residuos plásticos encontrados dentro del cantón no corresponden a un único material, sino que presentan diferentes tipologías que requieren ser diferenciadas antes de realizar su caracterización térmica.

La presencia de materiales plásticos dentro de los residuos generados en Latacunga también ha sido evidenciada mediante investigaciones de caracterización realizadas en el territorio [43], determinó que los plásticos representaron el 3,26% de los residuos domiciliarios y 1,70% de los residuos no domiciliarios analizados en la zona urbana de Latacunga. Para la caracterización se empleó el método de cuarteo y se complementó el estudio con 430 encuestas distribuidas entre las diferentes parroquias urbanas. Estos residuos proporcionan evidencia adicional sobre la presencia de residuos plásticos dentro de diferentes fuentes de generación del cantón.

De manera complementaria existen caracterizaciones realizadas en sectores específicos de Latacunga que muestran que la presencia de residuos plásticos no se limita únicamente al ámbito domiciliario. En el mercado mayorista de Latacunga se identificaron mediante caracterización y cuarteo diferentes residuos generados por las actividades comerciales entre ellos materiales plásticos, papel, cartón, vidrio, madera, tela y cuero. Asimismo, una investigación realizada en la parroquia San Juan de Pastocalle identificó que los plásticos representaron el 24% de los residuos caracterizados en el sector estudiado [44].

Desde el punto de vista de la gestión local de EPAGAL contempla estrategias relacionadas con al recuperación y manejo de residuos sólidos entre sus servicios la diferenciación especializada de los residuos recolectados. El PDOT también señala que los materiales aprovechables incorporados al sistema de separación en la fuente cuentan con mecanismos de almacenamiento temporal mediante contenedores destinados a su diferenciación [41]. Esto demuestra que dentro del sistema de gestión de residuos del cantón existe una separación entre materiales

aprovechables y no aprovechables, aspecto relacionado directamente con la recuperación posterior de materiales plásticos.

En función de la información analizada se establece que en el cantón Latacunga existe una presencia documentada de diferentes tipos de residuos plásticos y que estos proceden de distintas fuentes de generación. Esta diversidad constituye el contexto territorial para la selección de los materiales empleados en la presente investigación. Sin embargo, la sola presencia de un residuo plástico en el cantón no determina automáticamente su incorporación a la al análisis experimental debido a que la caracterización térmica requiere que las muestras puedan ser identificadas preparadas y clasificadas de acuerdo a su naturaleza polimérica.

Por esta razón antes de establecer el conjunto definitivo de muestras sometidas a caracterización térmica fue necesario considerar criterios que permitieran delimitar los materiales aptos para el estudio. Estos criterios se relacionaron con la procedencia dentro del ámbito territorial establecido la posibilidad de identificación de la familia polimérica el estado del material la disponibilidad de una cantidad suficiente para su preparación y las condiciones necesarias para su posterior análisis mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC)

5.1.2. Establecimiento de criterios para la selección de las muestras

Una vez identificado el contexto de los residuos plásticos presentes en el cantón Latacunga se establecieron criterios para delimitar los materiales que podían ser considerados dentro de la investigación. Debido a que el propósito del estudio corresponde la identificación de propiedades térmicas y no a la cuantificación de la generación total de residuos plásticos del cantón la selección de los materiales se orientó hacia la incorporación de muestras que pudieran ser identificadas según su naturaleza polimérica y posteriormente sometidas al proceso de caracterización térmica.

Para la identificación del tipo de polímero se consideró como referencia el código de identificación de resinas RIC. La norma ASTM D7611/ D7611M -21 establece un sistema de códigos destinado a identificar la resina plástica utilizada en artículos manufacturados. La propia norma aclara que estos códigos permiten identificar la resina y que su presencia no significa necesariamente que el artículo sea reciclable [45].

De manera complementaria la norma ISO11469;2016 establece un sistema uniforme para la identificación y marcado de productos fabricados con materiales plásticos. Esta norma señala

que el sistema de marcado facilita la identificación de los productos plásticos para decisiones posteriores relacionadas con su manipulación recuperación o disposición utilizando símbolos y abreviaturas normalizados [46].

Por tanto, durante la identificación de los materiales se consideró prioritariamente la información presente en cada producto como el símbolo abreviatura correspondiente al polímero esto permitió disponer de un criterio verificable para diferenciar las familias poliméricas y evitar que la clasificación dependiera exclusivamente de características visuales como el color forma rigidez o transferencia del material.

Para determinar si el material podía ser preparado para el análisis térmico se tomó como referencia la ASTM D3418-21 [47], correspondiente a la determinación mediante calorimetría diferencial de barrido de temperatura de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros. A partir de estas referencias desde las necesidades propias del procedimiento experimental se estableció los criterios presentados en la tabla.

Tabla 3 Criterios establecidos para la selección de las muestras

Criterio	Condición establecida	Justificación
Procedencia	Material recuperado dentro del ámbito territorial considerando en el estudio.	Mantener correspondencia con el cantón Latacunga
Identificación polimérica	Material que permita reconocer su tipo de resina mediante código, símbolo o información disponible del producto.	Permitir su clasificación por familia polimérica
Familia definida	Material susceptible de asignación a una familia polimérica determinada.	Evitar incorporar materiales cuya composición no pueda establecer adecuadamente
Condición física	Material que pueda ser limpiado, cortado y manipulado.	Permitir su preparación para el ensayo DSC
Contaminación superficial	Material del cual puedan retirarse residuos externos durante la preparación	Reducir posibles interferencias durante el análisis
Cantidad disponible	Material suficiente para obtener una porción adecuado para el ensayo.	Garantizar la preparación y pesaje de la muestra para-DSC

Elaboración propia

De esta manera, los criterios establecidos permitieron disponer de un procedimiento uniforme para verificar los materiales antes de su clasificación, evitando basar la selección únicamente en características visuales o en el tipo de productos del cual provenían como se presenta en la siguiente figura.

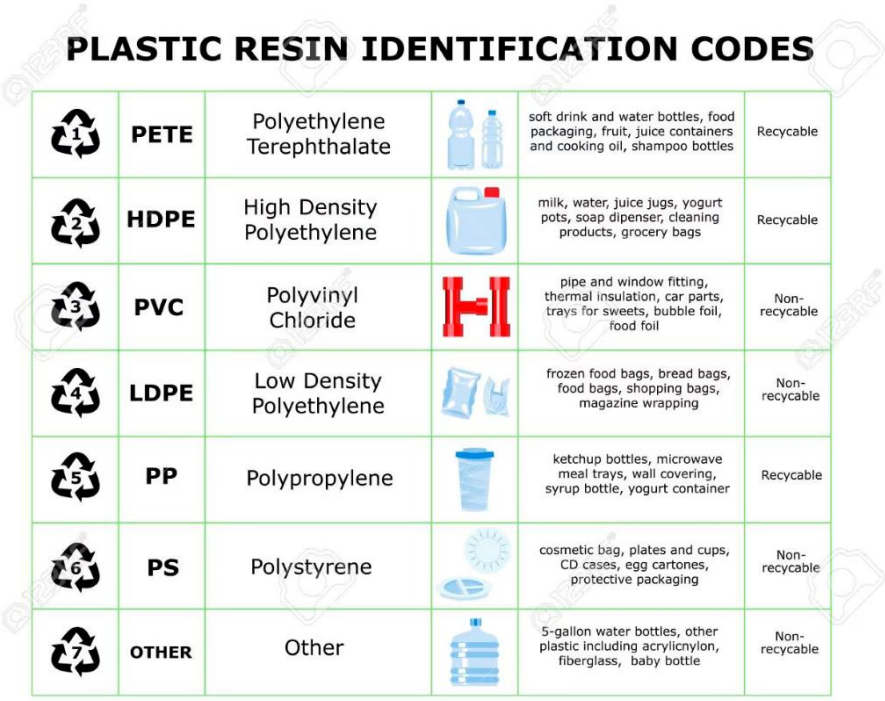


Figura 3 Identificación del plástico para cada familia

5.1.3. Verificación y conformación del conjunto de muestras de estudio

Una vez establecidos los criterios de selección se realizó la verificación de los materiales plástico disponibles para determinar su incorporación al estudio. Para ello, se comprobó que cada material correspondiera al ámbito territorial definido pudiera ser identificado según su familia polimérica, presentara condiciones adecuadas para su preparación y dispusiera de material suficiente para la posterior caracterización mediante DSC.

La verificación se registró mediante una lista de comprobación con la finalidad de aplicar los mismos criterios a todas las unidades de análisis y mantener un registro de proceso de selección este insumo permitió comprobar el cumplimiento de los criterios establecidos en el apartado anterior antes de organizar los materiales según su familia polimérica.

Tabla 4 Lista de verificación para la conformación del conjunto de estudio

N°	Código preliminar	Procedencia dentro del ámbito del estudio	Identificación polimérica	Condición física adecuada	Material suficiente para DSC	Familia definida	Contaminación superficial	Resultado
1	M-01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
2	M-02	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
3	M-03	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple

N°	Código preliminar	Procedencia dentro del ámbito del estudio	Identificación polimérica	Condición física adecuada	Material suficiente para DSC	Familia definida	Contaminación superficial	Resultado
4	M-04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
5	M-05	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
6	M-06	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
7	M-07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
8	M-08	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
9	M-09	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
10	M-10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
11	M-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
12	M-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
13	M-13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
14	M-14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
15	M-15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
16	M-16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
17	M-17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
18	M-18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
19	M-19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
20	M-20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
21	M-21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
22	M-22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
23	M-23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
24	M-24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple
25	M-25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Cumple

Elaboración propia

Como resultado de la verificación 25 muestras cumplir con las condiciones establecidas para formar parte del conjunto experimental estas muestras constituyeron en las unidades de análisis empleados posteriormente para su clasificación y caracterización térmica.

La cantidad de muestras obtenidas no corresponde a un tamaño muestral calculado para estimar estadísticamente la totalidad de los residuos plásticos reciclados generados en el cantón Latacunga. Por tanto, su representatividad se circunscribe al conjunto experimental y a la diversidad de familias poliméricas incorporadas al estudio. Esta delimitación es necesaria debido a que no se aplicó originalmente un diseño de muestreo probabilístico que permita extrapolar los resultados a toda la población de residuos plásticos del cantón



Figura 4 Muestras de plásticos seleccionadas para el estudio

Una vez conformado el conjunto de 25 muestras se procedió a su clasificación de acuerdo que la familia polimérica correspondiente. Esta etapa permitió organizar los materiales en grupos con características químicas y térmicas relacionadas facilitando posteriormente el análisis de los resultados obtenidos mediante DSC.

5.1.4. Clasificación de las muestras según su familia polimérica

Una vez conformado el conjunto de estudio las muestras fueron organizadas de acuerdo con la familia polimérica identificada. Para mantener uniformidad en la clasificación se consideró la denominación del polímero y su abreviatura correspondiente permitiendo agrupar materiales de naturaleza similar para las etapas posteriores de caracterización térmica.

Como resultado de la clasificación se identificaron 5 familias poliméricas polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP) y poliestireno (PS). La distribución obtenida se presenta en la tabla 4. Esta información ya consta en los resultados experimentales desarrollados previamente y corresponden a las 25 muestras del disponibles para el estudio.

Tabla 5 Distribución de las muestras según su familia polimérica.

N°	Familia polimérica	Abreviatura	Numero de muestras	Porcentaje
1	Polietileno tereftalato	PET	5	20
2	Polietileno de alta densidad	PEAD	5	20
3	Policloruro de vinilo	PVC	5	20
4	Polipropileno	PP	5	20
5	Poliestireno	PS	5	20
Total	**5 familias**	**------**	**25**	**100**

Elaboración propia

La clasificación muestra que PET, PEAD, PVC, PP y PS cuentan con 5 unidades cada uno representando individualmente el 20% del conjunto de estudio. Estas proporciones describen únicamente la composición del conjunto experimental analizado y no deben interpretarse como porcentajes de generación o presencia de cada polímero en la totalidad de residuos plásticos del cantón

La organización de las muestras por familia polimérica ha permitido establecer grupos diferenciados para el posterior análisis de sus propiedades térmicas. Una vez realizada esta clasificación se procedió en la codificación individual de cada unidad con el propósito de mantener su trazabilidad durante la preparación, ejecución de los ensayos DSC y procesamiento de los resultados.

5.1.5. Codificación y registro de las muestras

Una vez clasificadas las muestras según su familia polimérica se asignó un código individual a cada una con el propósito de facilitar su identificación durante las etapas de preparación, ensayo y análisis de resultados. La codificación se estructuró mediante la abreviatura correspondiente a la familia polimérica seguida de una numeración consecutiva.

La codificación establecida permitió diferenciar individualmente las muestras dentro de cada familia y mantener una identificación uniforme durante su posterior caracterización térmica mediante calorimetría diferencial de barrido.

Tabla 6 Codificación establecida para las muestras clasificadas

Familia polimérica	Codificación	N° de muestras
Polietileno tereftalato (PET)	PET-01 a PET-05	5
Polietileno de alta densidad (PEAD)	PEAD-01 a PEAD-05	5
Policloruro de vinilo (PVC)	PVC-01 a PVC-05	5
Polipropileno (PP)	PP-01 a PP-05	5
Poliestireno (PS)	PS-01 a PS-05	5
Total		**25**

Posteriormente cada código fue asignado a la muestra correspondiente permitiendo diferenciar los materiales pertenecientes a una misma familia y relacionarlos con los resultados obtenidos durante la caracterización térmica. Como resultado del proceso desarrollado se conformó un conjunto de 25 muestras clasificadas en 5 familias poliméricas: PET, PEAD, PVC, PP y PS. La aplicación de los criterios establecidos permitió delimitar los materiales considerados en el estudio mientras que su clasificación y codificación facilitaron su organización para la posterior caracterización térmica mediante DSC.

5.2. Objetivo 2

5.2.1. Preparación de las muestras para el ensayo térmico

Una vez clasificadas y codificadas las muestras según su familia polimérica se realizó su preparación para la caracterización mediante DSC. Esta etapa permitió acondicionar cada material para su posterior análisis térmico.

Inicialmente, se realizó la limpieza de las muestras con el propósito de retirar residuos superficiales y elementos externos presentes en los materiales. Esto es necesario porque la CDC (Centro para el control y la prevención de enfermedades) dicta que la limpieza es el primer paso necesario en cualquier proceso de esterilización o desinfección. Posteriormente, cada muestra fue reducida de tamaño mediante corte obteniendo fragmentos adecuados para su manipulación y colocación en los recipientes utilizados durante el ensayo.

Los fragmentos obtenidos fueron pesados utilizando una balanza analítica con una resolución de 0,0001g. Cada porción de material fue colocada individualmente en un crisol de aluminio de 40 uL manteniendo separadas las muestras previamente codificadas. Estos crisoles fueron utilizados para introducir las muestras en el equipo DSC.

La preparación de realizó de manera individual para la a muestras pertenecientes a las cinco familias poliméricas consideradas: PET, PEAD, PVC, PP y PS. Una vez acondicionada las muestras quedaron preparadas para la ejecución de los ensayos térmicos.



a)



b)



c)

Figura 5 Materiales utilizados en la preparación y análisis de las muestras plásticas

En la figura se observa el procedimiento que se siguió para la preparación de las muestras que fueron caracterizadas en el equipo de DSC.

5.2.2. Condiciones y ejecución del ensayo mediante DSC

Una vez preparadas las muestras y colocadas individualmente en los crisoles de aluminio se realizó la configuración del programa de análisis mediante el software conectado al

equipo de Calorimetría Diferencias del Barrido. En esta etapa se ingresó la información correspondiente a cada muestra y se establecieron las condiciones experimentales necesarias para registrar su respuesta térmica durante el proceso de calentamiento.

La configuración se realizó considerando la familia polimérica analizada debido a que PET, PEAD, PVC, PP y PS presentan características térmicas diferentes. Por esta razón, se establecieron los rangos de temperatura correspondientes para cada grupo de materiales junto con los parámetros de operación requeridos por el programa. Asimismo, se ingresó la masa de cada muestra ya identificación correspondiente permitiendo mantener organizado el registro de los ensayos realizados.

Una vez configurado los parámetros se ejecutó el programa de análisis para cada una de las muestras. El equipo aplicó las condiciones previamente establecidas y registro las respuestas del material a medida que avanzaba el calentamiento. Cada muestra fue analizada de manera independiente siguiendo el procedimiento establecido para la familia polimérica correspondiente.

Al finalizar cada ensayo, el software generó el termograma correspondiente en el cual se representa la respuesta térmica de la muestra en función de la temperatura. Este procedimiento se aplicó a las 25 muestras clasificadas previamente obteniéndose la información experimental necesaria para identificar los principales eventos técnicos de cada material y continuar con el análisis de sus propiedades.

Cabe señalar que, dado que el policloruro de vinilo (PVC) puede liberar compuestos volátiles como el ácido clorhídrico (HCl) durante su descomposición térmica a partir de aproximadamente 200-300 °C, los ensayos de esta familia se ejecutaron bajo atmósfera de aire con flujo controlado de 25 mL/min a través de la cámara del equipo DSC 3, conforme a las especificaciones del fabricante (Mettler Toledo) para el manejo del gas de purga. Este flujo constante permite evacuar de manera continua los productos volátiles generados durante el ensayo, minimizando la exposición del operador y evitando la contaminación del sensor. Se recomienda que estudios posteriores documenten de manera explícita un protocolo de seguridad y extracción de gases específico para el manejo de muestras de PVC, en concordancia con las hojas de seguridad (MSDS) del material.

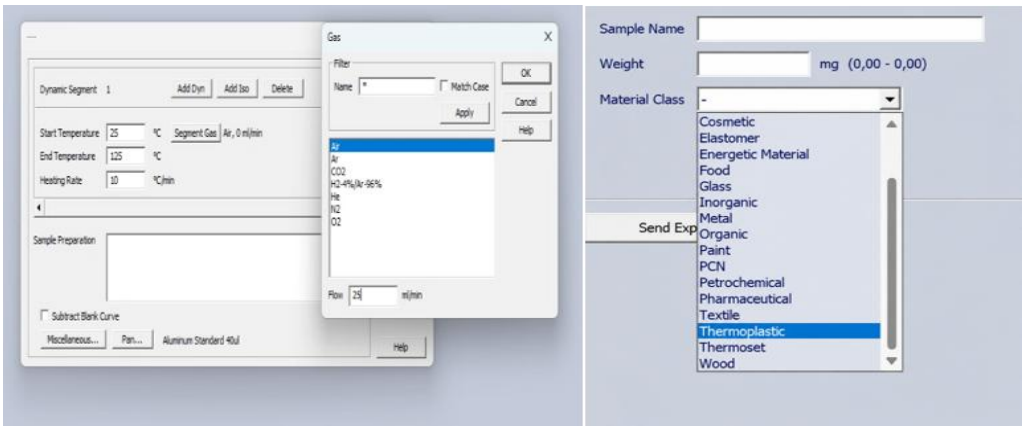


Figura 6 Configuración de los parámetros de ensayo en el software del equipo DSC 3

La configuración de los parámetros y la ejecución de los ensayos permitieron obtener los registros térmicos correspondientes a cada una de las muestras analizadas. Como resultado de este proceso se generó los termogramas individuales a partir de los cuales se identificaron los principales eventos y parámetros técnicos utilizados para describir el comportamiento de las diferentes familias poliméricas.

5.2.3. Análisis de los resultados térmicos por familia polimérica

Como resultado de los ensayos realizados mediante calorimetría diferencial de barrido DSC se obtuvieron los termogramas correspondientes a las 25 muestras de plástico reciclados consideradas en el estudio. Estos registros representan gráficamente la respuesta térmica de cada material durante el programa de calentamiento aplicado y constituyen la información experimental obtenida directamente del proceso de caracterización.

Para facilitar su presentación y mantener el orden establecido durante la clasificación de las muestras los termogramas fueron agrupados de acuerdo con las familias poliméricas identificadas: polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP) y poliestireno (PS). Esta distribución permite visualizar conjuntamente las curvas correspondientes a materiales de una misma familia y conservar la identificación individual de cada muestra.

El análisis de cada familia parte de la presentación e interpretación de los 3 g obtenidos mediante DSC considerando las características visibles de las curvas y los eventos desarrollados durante el calentamiento. Posteriormente se presentan los parámetros Onset, Peak, Endset y entalpía correspondiente a los eventos identificados. El Onset corresponde a la temperatura asociada con el inicio del evento térmico identificado en la curva DSC. Este parámetro permite establecer el punto a partir del cual comienza a manifestarse el cambio registrado en el material. El Peak corresponde a la temperatura en la que el evento térmico alcanza su punto máximo dentro del termograma. Su ubicación permite identificar la región de mayor intensidad de la señal registrada durante el proceso térmico observado debido a que representa un punto característico dentro de la curva este parámetro facilita la descripción del comportamiento presentado por cada muestra durante el calentamiento. El Endset representa la temperatura asociada con la finalización del evento térmico considerado. Este valor permite establecer el límite final de la modificación observada en la curva y conjuntamente con el Onset delimita el intervalo dentro del cual se desarrolla el evento registrado mediante DSC. Y la entalpía representa el cambio energético asociado con el evento térmico registrado y se obtiene a partir del área correspondiente a la señal considerada en el termograma. La consideración conjunta de estos parámetros permite describir el comportamiento térmico presentado por las muestras realizadas.

Como complemento el análisis de los resultados experimentales se aplicó estadística descriptiva a los valores de temperatura obteniendo para las respuestas de cada familia polimérica. Para este tratamiento se considera medidas como media, error típico, mediana, desviación estándar, varianza de la muestra, curtosis, rango, mínimo y máximo de acuerdo con el esquema establecido para el procesamiento de resultados los cálculos fueron realizados mediante Microsoft Excel permitiendo organizar la información y obtener los estadísticos empleados para describir la tendencia, dispersión y distribución de los valores registrados proporcionando elementos adicionales para interpretar el comportamiento presentado por las muestras realizadas.

De esta manera cada familia polimérica se analiza e integrándolos termogramas obtenidos su interpretación gráfica los parámetros térmicos identificados y el análisis estadístico descriptivo. Esta secuencia permite organizar los resultados de forma clara y mantener una relación directa entre la respuesta observada experimentalmente y los valores obtenidos para cada grupo de materiales facilitando la identificación de las características técnicas presentes en los plásticos reciclados estudiados.

En el análisis calorimétrico (DSC), la entalpía de fusión (Δ Hm) actúa como un indicador directo de la cantidad de energía requerida para desorganizar la estructura cristalina de los polímeros durante el calentamiento, reflejando así su grado de cristalinidad y el nivel de degradación que han sufrido. En las muestras semicristalinas recicladas de Latacunga, este parámetro evidenció absorciones endotérmicas significativas, registrándose entalpías de fusión de -165,03 J/g para el PEAD, -162,79 J/g para el PP y -43,28 J/g para el PET. Valores más elevados de entalpía en polímeros como el PEAD y el PP señalan una mayor empaquetamiento molecular y orden cristalino, mientras que variaciones en estos valores respecto al polímero virgen reflejan la presencia de aditivos, cargas o el acortamiento de cadenas poliméricas debido al historial térmico y reológico del material. Por el contrario, en las matrices amorfas (PS y PVC), el intercambio entálpico durante la transición de fase es prácticamente nulo en el intervalo de fusión, manifestándose únicamente como un cambio discreto en la capacidad calorífica (Cp) asociado a su temperatura de transición vítrea (Tg).

Finalmente, se entiende que no en todos los termogramas presenta las mismas características térmicas, lo cual se pudo evidenciar en las figuras que el único dato presente en todas las muestras que se expusieron al experimento es la temperatura de fusión

5.2.3.1. Polietileno tereftalato PET

El polietileno tereftalato (PET) corresponde a una de las familias poliméricas con mayor presencia dentro de los residuos plásticos de uso cotidiano debido a su amplia utilización en la fabricación de envases para bebidas, alimentos y productos de limpieza. En esta investigación se analizaron cinco muestras de PET reciclado, provenientes de diferentes aplicaciones comerciales con el propósito de identificar su comportamiento térmico mediante la técnica de DSC. Las muestras evaluadas correspondieron a una botella de agua mineral, un envase de bebida carbonatada, un envase de jugo, un recipiente para desinfectante y un envase de aceite, representando diferentes condiciones de fabricación y uso.

Los termogramas permiten visualizar la evolución de la señal térmica conforme aumenta la temperatura y reconocer los modificadores producidas durante el calentamiento de cada material. En los registros se identifican los eventos técnicos correspondientes a las muestras analizadas cuya configuración puede apreciarse mediante los cambios presentes en la trayectoria de las curvas la presentación de los 5 tramos gramas permite observar de manera organizada la respuesta obtenida para los materiales clasificados como PETY reconocer las características gráficas presentes en cada ensayo.

En las figuras se presentan los termogramas correspondientes a las cinco muestras del PET analizadas mediante DSC en los cuales se observa el desarrollo de las curvas y los eventos térmicos registrados durante el calentamiento.

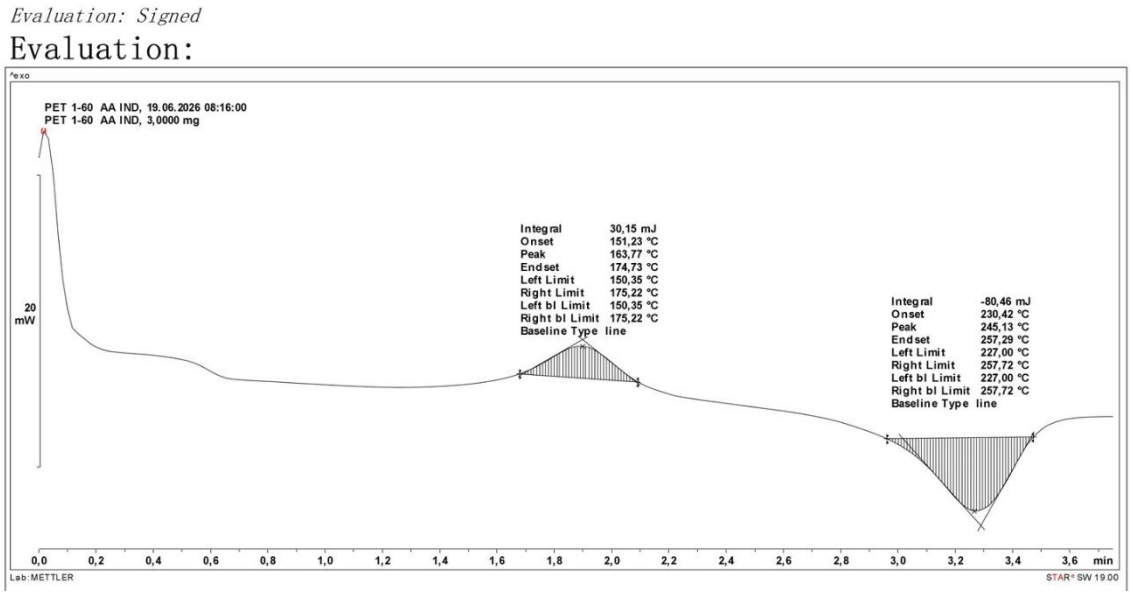


Figura 7 Botella de Guitig

PET 1: presenta una transición previa a **163,77 °C** y fusión principal a **245,13 °C**. El pico alto confirma PET; el evento previo indica reorganización de regiones menos ordenadas o cristales de menor estabilidad antes de la fusión principal.

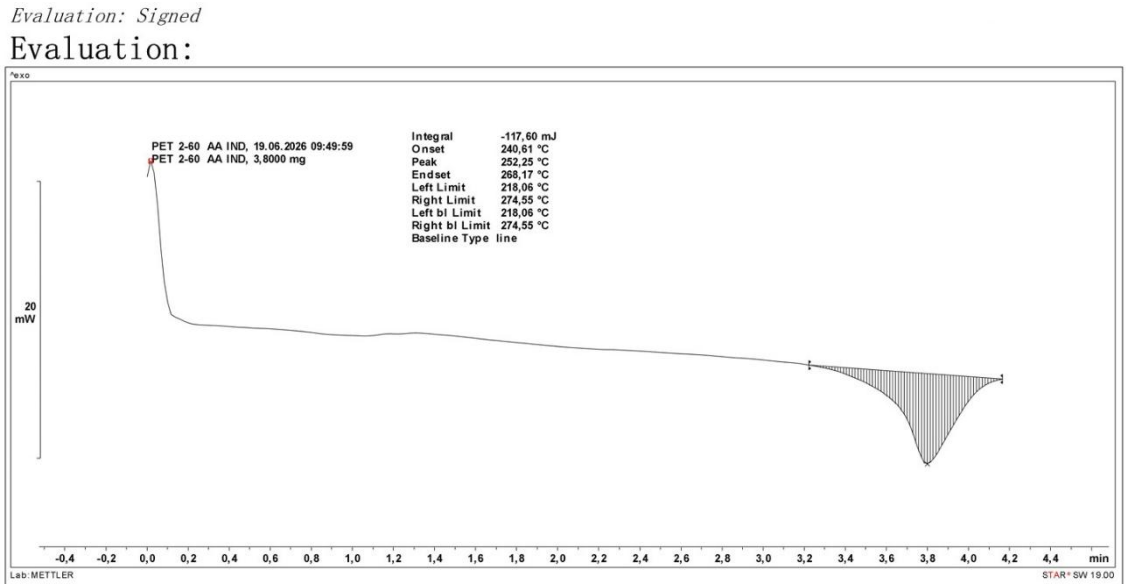


Figura 8 Envase de Coca cola

PET 2: muestra un único pico principal a **252,25 °C** (240,61–268,17 °C). Esto corresponde a la fusión de PET y sugiere una muestra con fase cristalina relativamente homogénea.

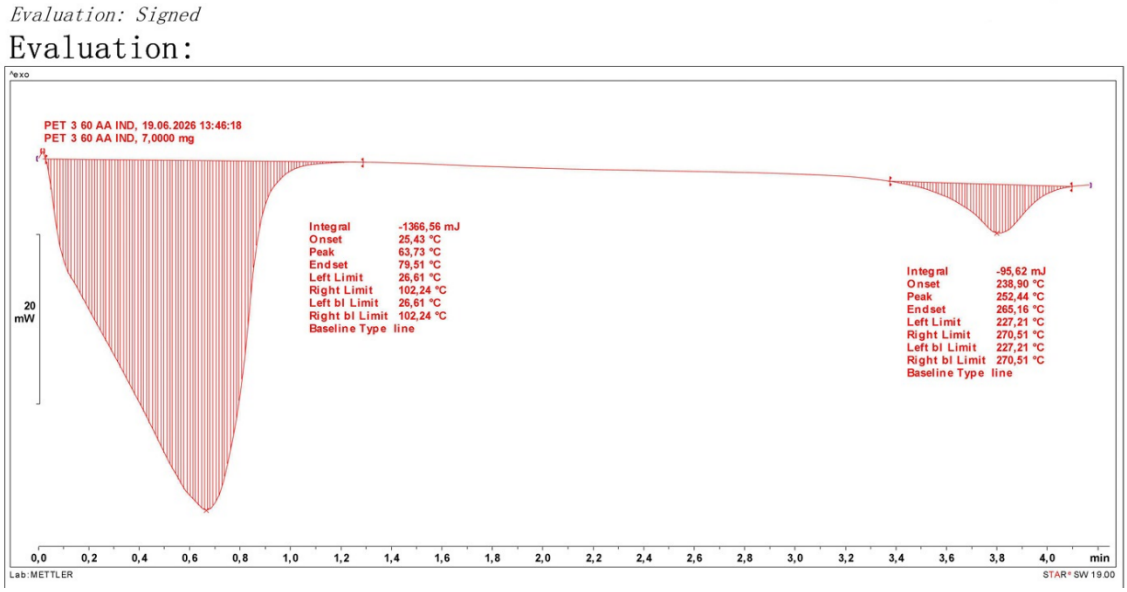


Figura 9 Envase del Jugo del Valle

PET 3: exhibe un pico principal de fusión a **252,44 °C**, característico de PET, además de un evento muy grande entre aproximadamente 25 y 80 °C con máximo a **63,73 °C**. Ese primer

evento puede deberse a humedad, residuos volátiles, plastificantes o un efecto experimental inicial; no corresponde a la fusión del PET.

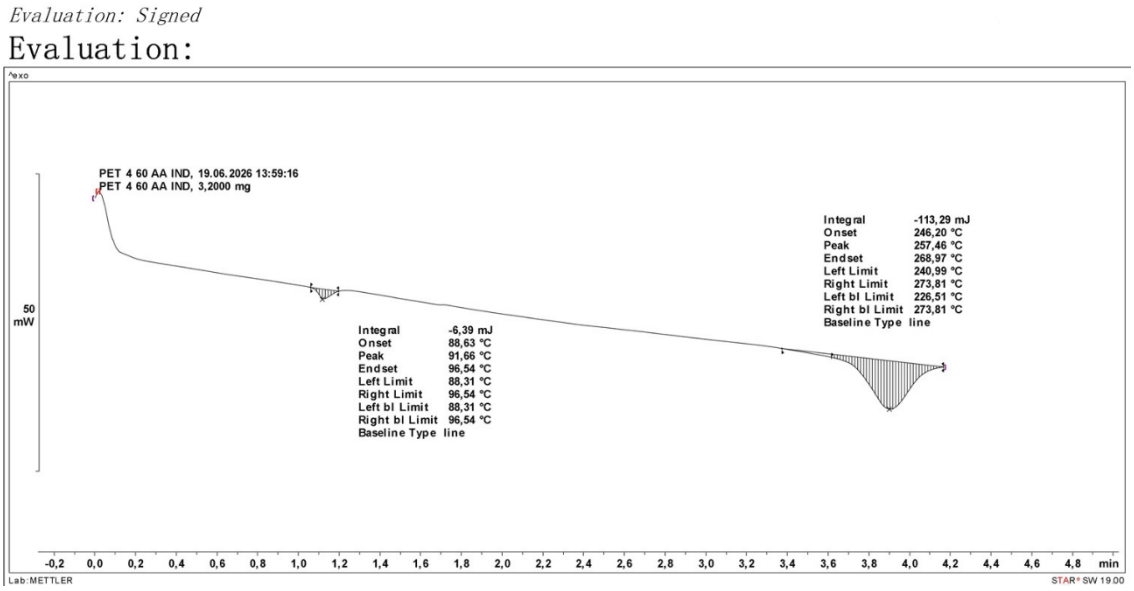


Figura 10 Envase de desinfectante

PET 4: presenta un pico pequeño a **91,66 °C** y una fusión principal a **257,46 °C**. La fusión confirma PET; el pico de baja temperatura puede asociarse a humedad, componentes de baja masa molecular o una relajación física del material.

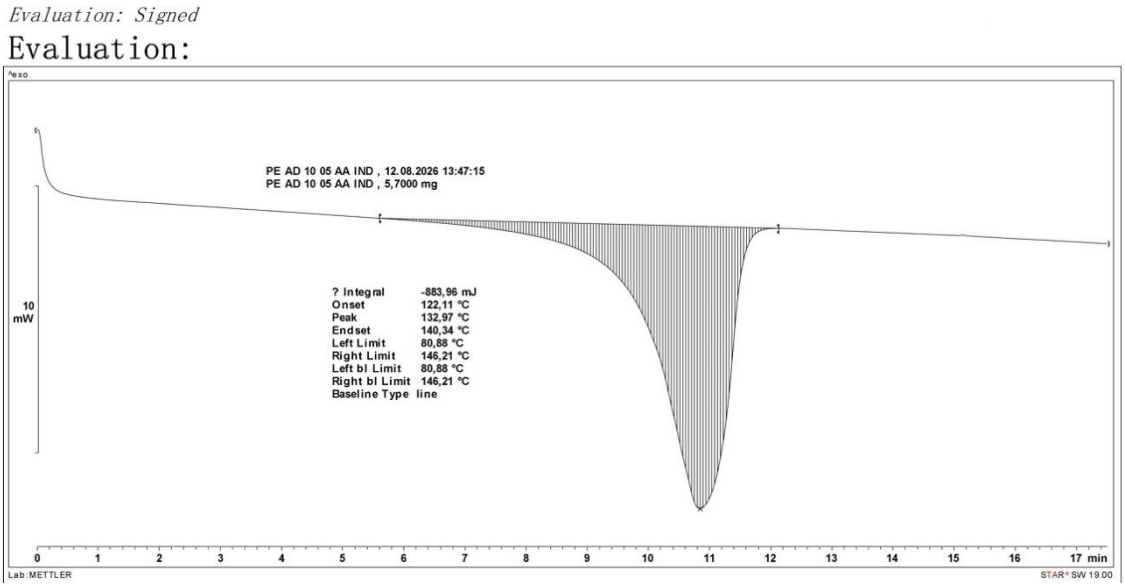


Figura 11 Envase de Aceite de Gutti

PET 5: muestra fusión a **247,25 °C** (227,37–259,17 °C). Es consistente con PET, aunque el inicio de fusión más bajo y el intervalo amplio indican cristales con distintos tamaños o menor uniformidad estructural.

Los termogramas correspondientes a la familia PET muestran un comportamiento térmico semejante entre las cinco muestras analizadas principalmente por la presencia de eventos definidos que se desarrollan en regiones próximas de las curvas. Al observar los registros de manera conjunta se aprecia que la forma general de las señales mantiene una tendencia similar, aunque existen ligeros desplazamientos y diferencias en su amplitud estas variaciones indican que, aunque perteneciendo a una misma familia polimérica las muestras no presentan una respuesta térmica completamente idéntica lo cual puede relacionarse con las características particulares de los productos de los que procede cada material. Las curvas mantienen un patrón reconocible dentro del conjunto de muestras de PET estudiadas.

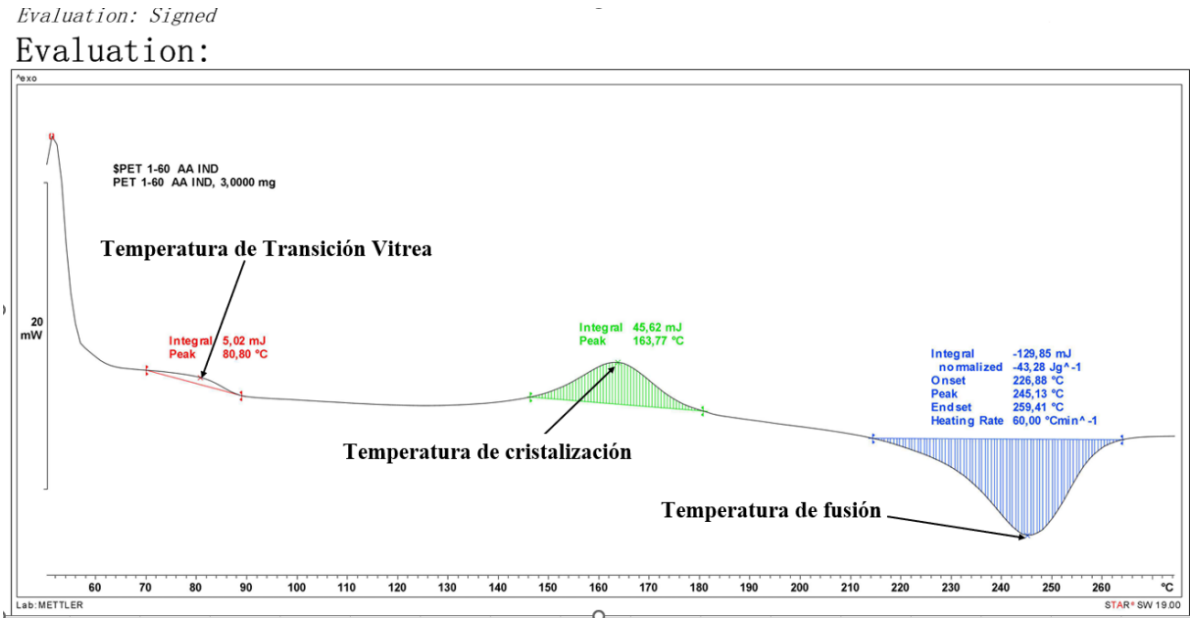


Figura 12 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PET

El termograma de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) para la muestra de PET (3,0000 mg) analizada a 60,00°C/min evidencia con claridad las tres transiciones térmicas características de un polímero semicristalino: en primer lugar, se observa la transición vítrea (Tg) a 80,80°C (5,02 mJ), que marca el cambio de un estado rígido a uno gomoso; posteriormente, al aumentar la movilidad molecular, ocurre un proceso exotérmico de cristalización en caliente (Tc) a 163,77 °C (45,62 mJ}); finalmente, se presenta un pronunciado pico endotérmico correspondiente a la fusión (Tm) con inicio (Onset) a 226,88 °C, pico máximo

a 245,13 °C y finalización (Endset) a 259,41°C con una entalpía de -43,28 J/g, confirmando el rango térmico de fusión completa de la estructura cristalina del material.

- **Parámetros térmicos obtenidos para las muestras de PET**

A partir de los eventos identificados en los termogramas se obtuvieron los parámetros térmicos correspondientes a cada muestra. Para su descripción se consideraron las temperaturas Onset, Peak, Endset conjuntamente con el cambio de entalpía. La consideración de estos parámetros permite observar el intervalo en el que se desarrolla el evento térmico y la respuesta energética registrada para cada uno de los materiales analizados.

En la tabla 7 se presentan los resultados obtenidos para las 5 muestras de PET manteniendo la procedencia de cada material en la más utilizada durante el ensayo con el propósito de conservar la relación entre las muestras analizadas y los parámetros registrados experimentalmente.

Tabla 7 Resultados obtenidos - PET

Código	Procedencia de la muestra	Flujo de calor (°C)	Rango de calor	Masa (mg)	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	ΔH (mJ)
PET-01	Botella Guitig	60 °C	25 - 275	3	230,42	245,13	257,29	-80,46
PET-02	Envase de Coca Cola			3,8	240,61	252,25	268,17	-117,6
PET-03	Envase del Valle			7	238,9	252,44	265,16	-95,62
PET-04	Envase de desinfectante			3,2	246,2	257,46	268,97	-113,29
PET-05	Envase de aceite Gutti			2,8	227,37	247,25	259,17	-80,12

Elaboración propia

Los resultados muestran que las cinco muestras de PET presentan diferencias en el inicio, desarrollo y finalización de los eventos térmicos registrados se ha identificado Un comportamiento particular se observa en la muestra PET 1, donde se identifica un evento de cristalización 151,23 °C y 174,73 °C, con un pico de temperatura de 163,77 °C, antes del proceso principal de fusión. Este comportamiento indica que parte de la estructura del material se reorganiza durante el calentamiento antes de alcanzar su fusión. Y se han identificado

temperaturas de transición vítrea, los termogramas que presentan los eventos adicionales es en la muestra del PET 3 alrededor de 63,73 °C y en PET 4 alrededor de 91,66 °C; donde se puede evidenciar la temperatura en los demás termogramas se evidencia también temperaturas de transición vítrea, por lo que se requiere una evaluación específica del cambio de línea base para determinarla

En cuanto al cambio de entalpía los registros presentan valores negativos en las 5 muestras manteniendo el mismo sentido del flujo térmico establecido en los resultados del equipo. Se observan diferencias en la magnitud de entalpía entre los materiales lo que evidencia que el área asociada con el evento registrado no es idéntica para todas las muestras. En este punto resulta importante conservar el signo reportado experimentalmente y no asignarle una interpretación adicional que nos encuentre sustentada por las condiciones y convención utilizadas durante el ensayo.

- **Análisis estadístico descriptivo de la temperatura máxima**

Para determinar la distribución de las temperaturas Peak obtenidas en las 5 muestras de PET se realizó un análisis estadístico descriptivo mediante Microsoft Excel. Se consideraron la media, error típico, mediana, desviación estándar, varianza de la muestra, curtosis. Estos estadísticos permiten resumir el comportamiento de los datos y reconocer su tendencia central, dispersión y forma de distribución dentro del conjunto analizado.

Tabla 8 Estadística descriptiva de la temperatura Peak de las muestras PET

Tabla estadística PET	
Media	250,906
Error típico	2,16613619
Mediana	252,25
Desviación estándar	4,84362777
Varianza de la muestra	23,46073
Curtosis	-0,85613808

Elaboración propia

El análisis estadístico muestra una temperatura promedio de 250,91°C, con una desviación estándar de 4,84°C, lo que evidencia una dispersión reducida entre las temperaturas máximas

registradas para las cinco muestras evaluadas la varianza de la muestra presentó un valor de 23,46, lo que evidencia una dispersión reducida de las temperaturas Peak respecto a la media y confirma un comportamiento térmico relativamente uniforme entre las muestras evaluadas, la curtosis fue de -0,86, indicando una distribución ligeramente aplanada, en la que los valores no se concentran excesivamente alrededor del promedio. La proximidad entre la media y la mediana indica una distribución equilibrada de los datos mientras que el rango de 12,33°C refleja que las diferencias observadas entre las muestras fueron limitadas. En conjunto, estos resultados muestran que El PET reciclado tiene un alto nivel de pureza, sin mezclas significativas con otros polímeros más débiles, garantizando un fundido parejo sin degradar el material por exceso de calor o dejar partes sólidas sin derretir.

El motivo principal de que se obtuvo estos picos en los termogramas es la absorción de energía calorífica requerida por la estructura cristalina del polímero esto se debe a los diferentes tratamientos térmicos sufridos durante su primer procesamiento antes de ser desechado después de su utilización y ser desechado a la basura.

5.2.3.2 Polietileno de alta densidad PEAD

Para la familia PEAD se analizaron 5 muestras recicladas correspondiendo juguete de plástico, envase de shampoo, envase de cloro, envase de leche, envase de aceite de motor. Ambos materiales proceden de aplicaciones diferentes por lo que sus registros permiten observar la respuesta térmica presentada en cada muestra durante el calentamiento.

En la figura 2 se presentan los termogramas correspondientes a las muestras de polietileno de alta densidad PEAD. En este caso la representación conjunta de las dos curvas permite observar el comportamiento registrado para materiales que pese a pertenecer a la misma familia polimérica proceden de productos con características y aplicaciones diferentes.

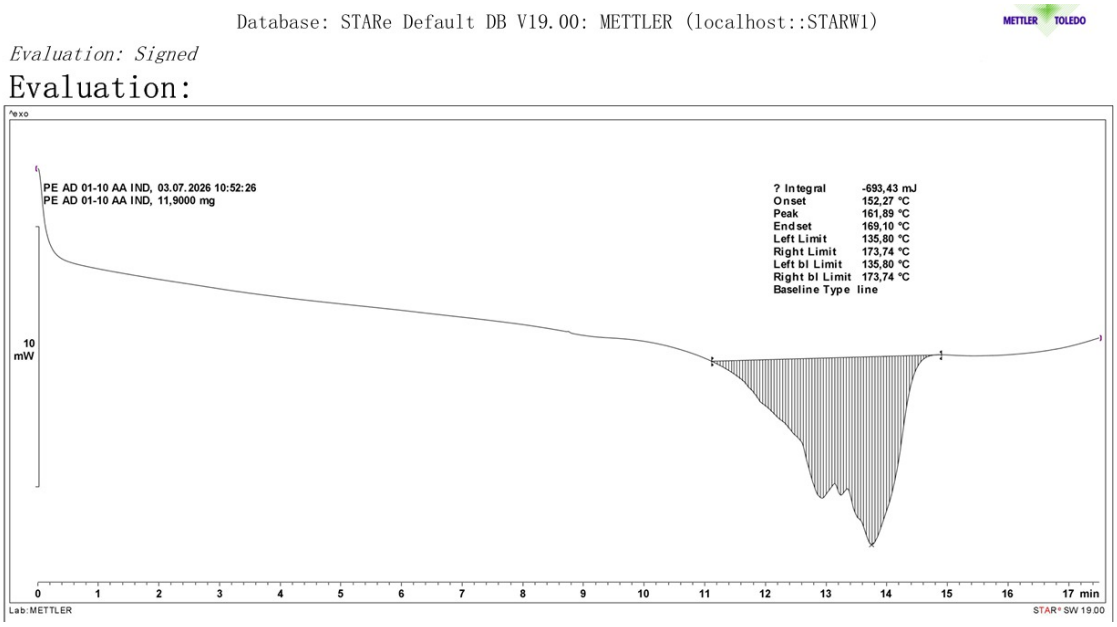


Figura 13 Juguete

PEAD 1: presenta un pico de fusión a **161,89 °C** (152,27–169,10 °C). Es una temperatura elevada frente a las otras muestras de PEAD, por lo que puede indicar contaminación con PP, una mezcla PE–PP o una evaluación de línea base que incrementó el valor aparente.

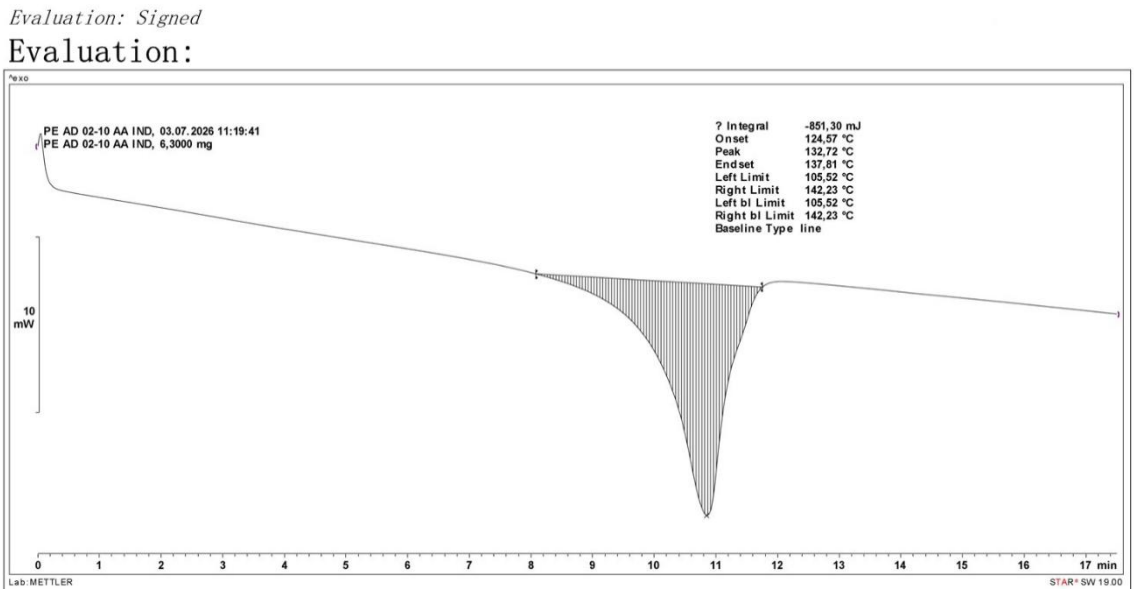


Figura 14 Envase de Shampoo

PEAD 2: tiene un pico de fusión nítido a **132,72 °C** (124,57–137,81 °C). Es compatible con PEAD semicristalino: las zonas cristalinas se funden y el material pasa gradualmente a estado fundido.

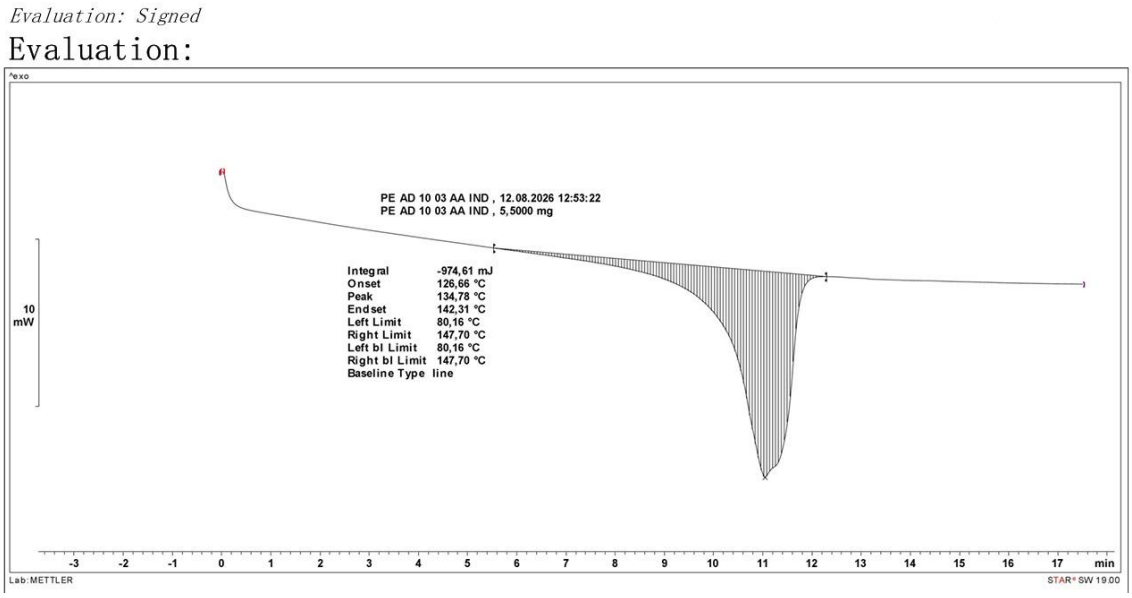


Figura 15 Envase de Cloro

PEAD 3: presenta fusión a **134,78 °C** (126,66–142,31 °C). Es muy consistente con PEAD y se asemeja a la muestra 2; la leve diferencia puede relacionarse con cristalinidad, espesor lamelar o historia de procesamiento.

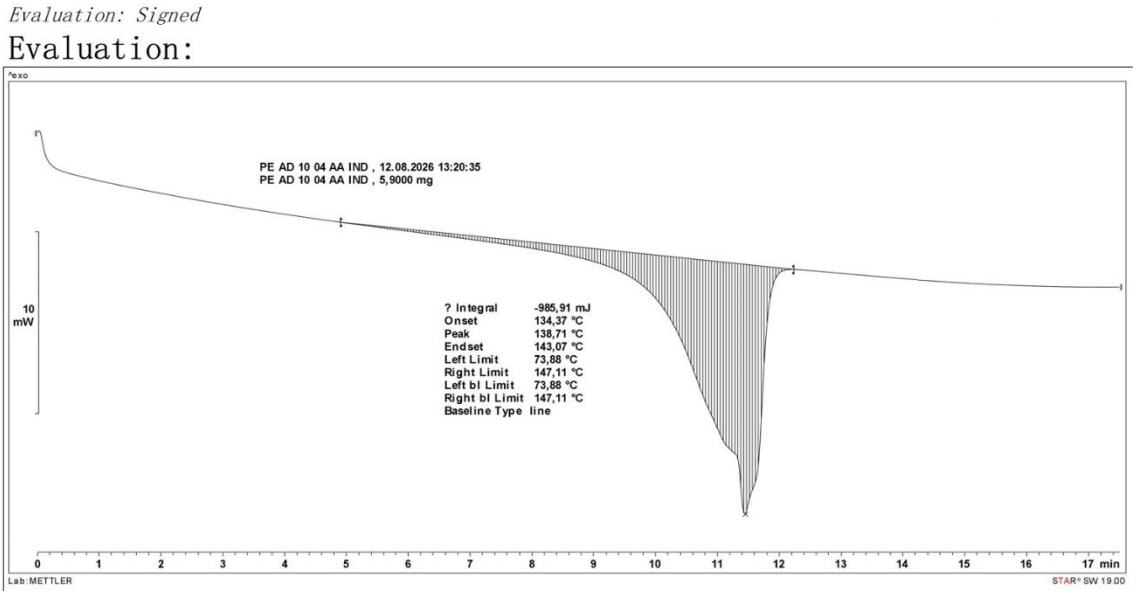


Figura 16 Envase de Leche

PEAD 4: muestra un pico a **138,71 °C** (134,37–143,07 °C). Sigue siendo compatible con polietileno semicristalino, aunque un pico ligeramente mayor puede indicar cristales más estables o posible presencia de una fracción de otro polietileno/PP.

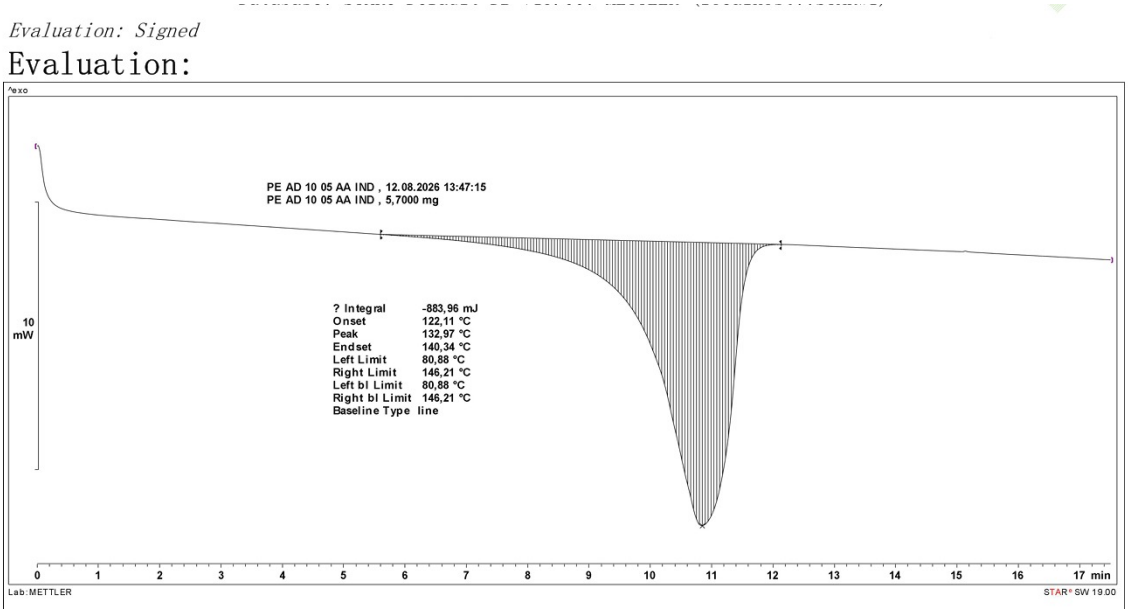


Figura 17 Envase de aceite de motor

PEAD 5: presenta fusión a **132,97 °C** (122,11–140,34 °C). El resultado es compatible con PEAD; el rango relativamente amplio indica que existen cristales de distintos tamaños y niveles de perfección.

Las muestras de PEAD presentaron un comportamiento térmico similar por un único evento asociado de la fusión. La muestra PEAD 03 presentó una temperatura Peak de 134,78 °C, PEAD 04 alcanzó 138,71 °C y PEAD 05 presentó 132,97 °C. La diferencia entre estos valores evidencia que las muestras recicladas no responden de manera uniforme al calentamiento, aunque mantienen un comportamiento térmico semejante. Estas variaciones pueden estar relacionadas con las diferencias en la procedencia de los envases.

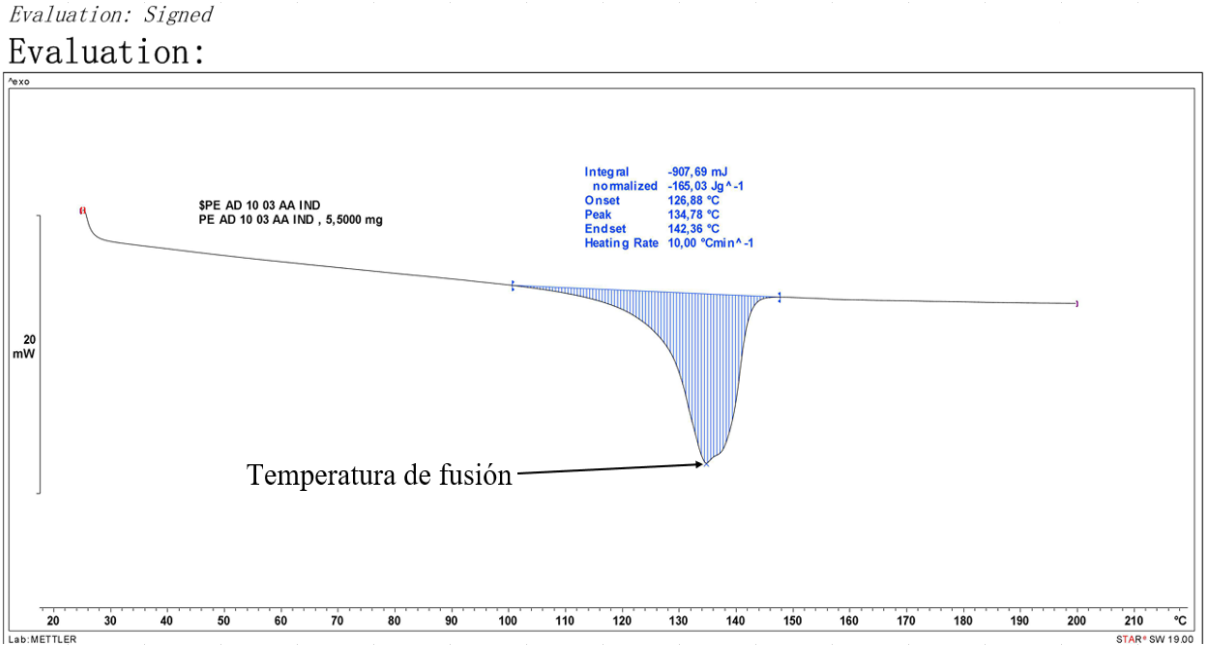


Figura 18 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PEAD

El termograma DSC del PEAD - 03 reciclado muestra un evento térmico de fusión del material, evidenciado por un pico endotérmico definido. El evento inicia con una temperatura Onset de 126,88 °C, donde las cadenas poliméricas comienzan a adquirir mayor movilidad; alcanza su máxima intensidad en la temperatura Peak de 134,78 °C, correspondiente al punto de mayor absorción de energía durante la fusión; y finaliza en la temperatura Endset de 142,36 °C, indicando que el material ha completado principalmente el cambio de fase. No se identificaron otros eventos térmicos relevantes dentro del rango evaluado, por lo que este comportamiento representa una transición de fusión característica del PEAD reciclado.

La ubicación y configuración de los eventos presentan diferencias entre los registros al igual que su amplitud y extensión dentro del recorrido térmico. Esta característica hace que cada termo grama mantenga una forma particular aun cuando las muestras se encuentran agrupadas dentro de la misma familia polimérica. La representación conjunta permite apreciar claramente dichas particularidades y reconocer que los materiales presentan eventos identificables durante el calentamiento conservando cada curva una configuración propia en la forma y desarrollo de su señal.

- **Parámetros térmicos obtenidos para las muestras de PEAD**

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 9 donde se incluyen los parámetros asociados con los elementos identificados en los termogramas

Tabla 9 Propiedades térmicas obtenidas para las muestras de PEAD reciclado mediante DSC

Código	Procedencia de la muestra	Flujo de calor (°C)	Rango de calor	Masa (mg)	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	ΔH (mJ)
PEAD-01	Juguete plástico	10 °C/min	25 – 200	11,9	152,27	161,89	169,10	-693,43
PEAD-02	Envase de shampoo			6,3	124,57	132,72	137,81	-851,30
PEAD-03	Envase de Cloro			5,5	126,66	134,78	142,31	-974,61
PEAD-04	Envase de leche			5,9	134,37	138,71	143,07	-985,91
PEAD-05	Envase de aceite de motor			5,7	122,11	132,97	140,34	-883,96

Elaboración propia

Los resultados muestran una diferencia evidente entre los eventos registrados para las dos muestras. El envase de aceite de motor presenta el inicio del evento a 122,11 °C alcanzó su temperatura máxima a 132,97 °C y finaliza a 140,34 °C mientras que el juguete plástico inicia a 152,27 °C alcanza el máximo a 161,89 °C y finaliza 169,10 °C. De esta manera el desplazamiento observado previamente en los termogramas también se refleja en los parámetros térmicos obtenidos experimentalmente.

La diferencia entre la temperatura registrada indica que las dos muestras no requieren las mismas condiciones térmicas para desarrollar el evento observado. Esta variación puede estar relacionada con las características particulares de cada producto, su formulación y los antecedentes de procesamiento del material. En materiales reciclados factores como los ciclos térmicos experimentados durante la fabricación inicial el uso previo y las características específicas del producto pueden modificar la organización estructural del polímero y generar diferencias en su respuesta durante un nuevo calentamiento. En este sentido los resultados muestran que la pertenencia a una misma familia no implica necesariamente una respuesta térmica idéntica para todos los productos reciclados estudiados.

- **Análisis estadístico de la temperatura Peak**

La estadística descriptiva obtenida a partir de las temperaturas Peak de las cinco muestras se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PEAD reciclado

Tabla estadística PEAD	
Media	140,214
Error típico	5,5239
Mediana	134,78
Desviación estándar	12,3519
Varianza de la muestra	152,5687
Curtosis	4,2192

Elaboración propia

El análisis estadístico muestra una temperatura Peak promedio de 140,21 °C, con una desviación estándar de 12,35 °C y una varianza de la muestra de 152,57, lo que evidencia una variación considerable entre las temperaturas máximas registradas y una dispersión moderada de los picos respecto al promedio, mostrando que las muestras de PEAD no presentaron exactamente la misma respuesta térmica, la curtosis de 4,22 indica una mayor concentración de los datos alrededor de determinados valores y la presencia de valores más alejados del centro de la distribución.

La diferencia observada entre los picos indica que las muestras de PEAD reciclado analizadas no presentan una respuesta térmica completamente uniforme durante el calentamiento. Esta variación guarda relación con lo observado previamente en los termogramas, donde los eventos térmicos aparecen desplazados en las muestras. Dentro del conjunto experimental, este comportamiento evidencia que materiales clasificados dentro de una misma familia polimérica pueden presentar diferencias en su respuesta térmica, especialmente cuando proceden de productos con características y aplicaciones distintas, como ocurre entre el juguete plástico y el envase de aceite de motor. En consecuencia, los resultados obtenidos para esta familia deben interpretarse considerando individualmente las características térmicas de cada muestra y la variabilidad existente dentro del grupo analizado.

5.2.3.4 Policloruro de vinilo (PVC)

Para la familia policloruro de vinilo se analizaron muestras correspondientes a diferentes productos elaborados con este material entre ellos un aislante de cable eléctrico una tubería de agua potable una tarjeta de débito una canaleta y un tubo de alcantarilla. Los ensayos realizados

permitieron obtener los registros térmicos individuales de estos materiales y observar la evolución de las señales durante el calentamiento. La diversidad de productos considerados permite disponer de curvas con diferentes configuraciones dentro de la misma familia polimérica.

Los termogramas obtenidos muestran el recorrido seguido por las señales y las modificaciones desarrolladas conforme aumenta la temperatura en determinadas muestras puede apreciarse un evento predominante mientras que en otras el recorrido presenta más de una modificación visible generando curvas con características particulares. En la figura 3 se presentan los termogramas correspondientes a las cinco muestras de PVC analizadas permitiendo observar la respuesta registrada experimentalmente para cada material.

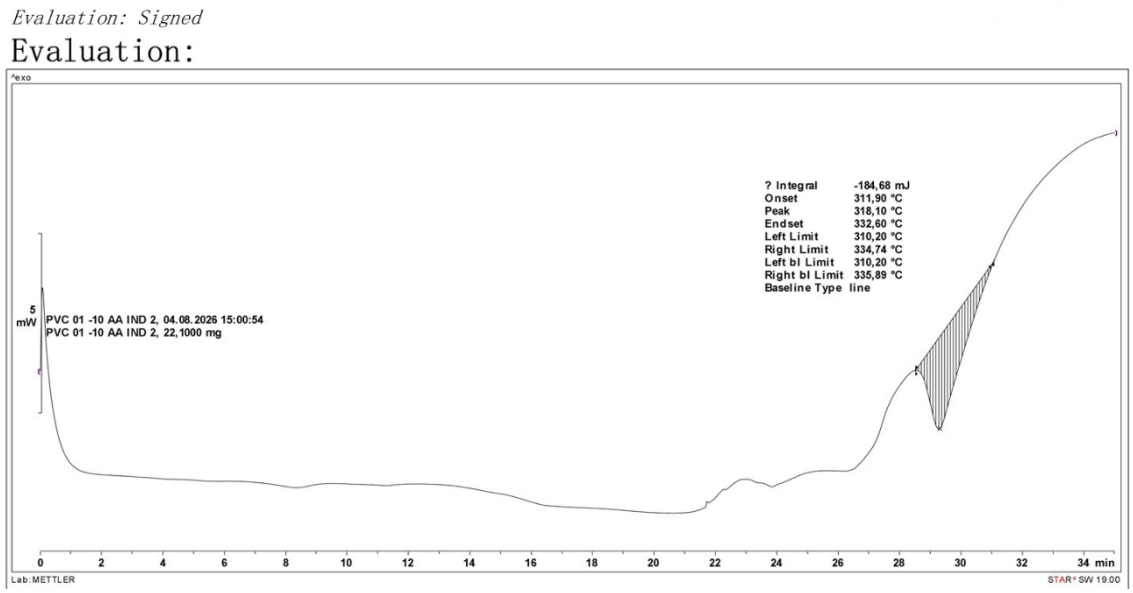


Figura 19 Aislante de cable eléctrico

PVC 1: presenta un evento principal a **318,10 °C** (311,90–332,60 °C). En PVC calentado en aire, este tipo de señal se asocia principalmente con degradación térmica y oxidación, no con una fusión limpia del polímero.

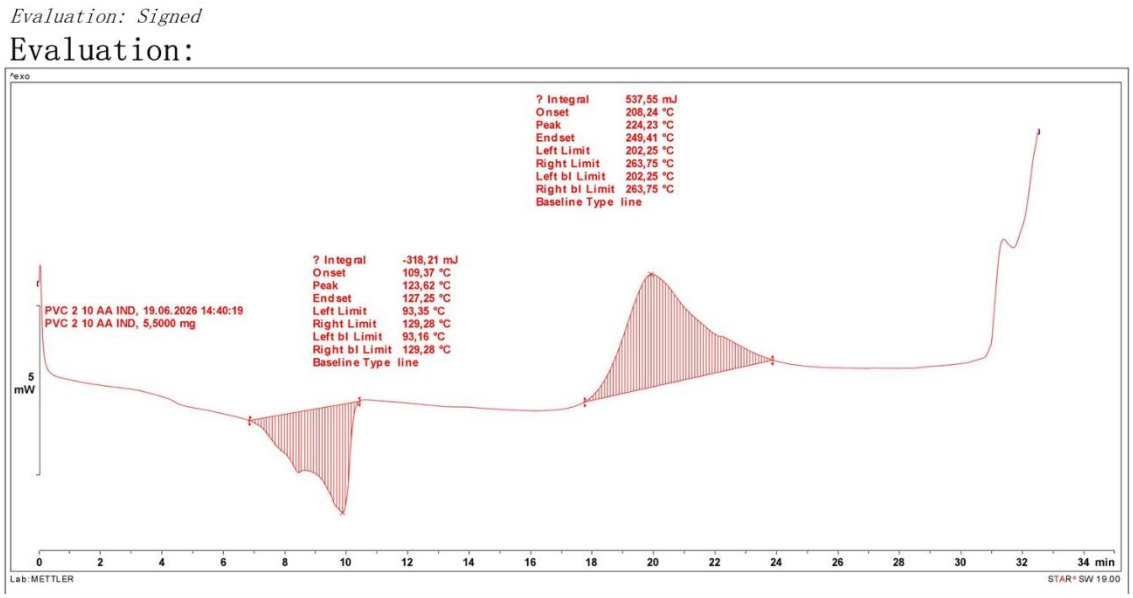


Figura 20 Tubería de agua potable

PVC 2: presenta un evento endotérmico a **123,62 °C** y otro cambio amplio con máximo a **224,23 °C**. El primero puede estar relacionado con pérdida de plastificante, humedad o inicio de degradación; el segundo refleja reacciones posteriores de degradación y oxidación de la formulación de PVC.

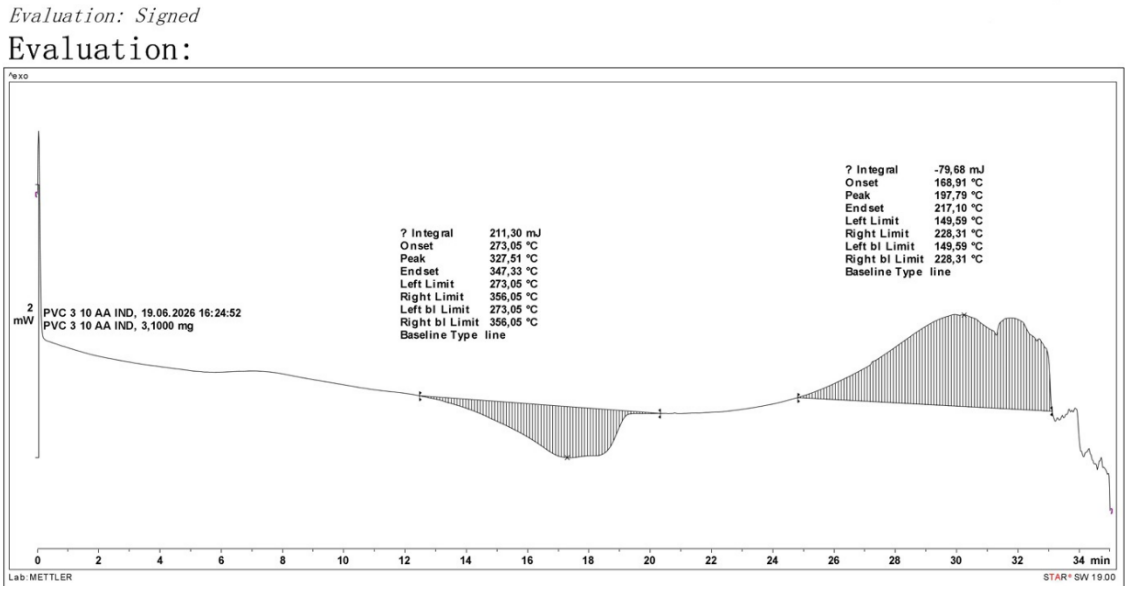


Figura 21 Tarjeta de crédito

PVC 3: muestra un primer evento a **197,79 °C** y un segundo evento amplio con máximo a **327,51 °C**. El evento inicial puede representar degradación primaria o liberación de HCl, mientras que el de alta temperatura se relaciona con reacciones oxidativas de los residuos degradados.

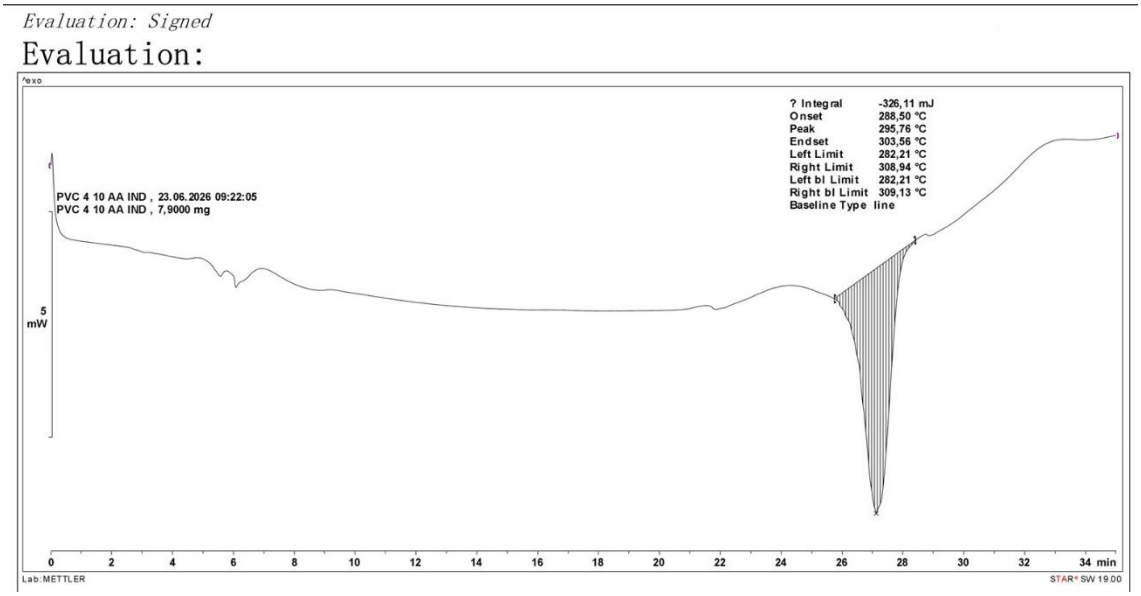


Figura 22 Canaleta

PVC 4: presenta un pico endotérmico a **295,76 °C**. Es compatible con una etapa de degradación térmica importante del PVC, posiblemente asociada a deshidrocloración y formación de estructuras insaturadas antes de la oxidación final.

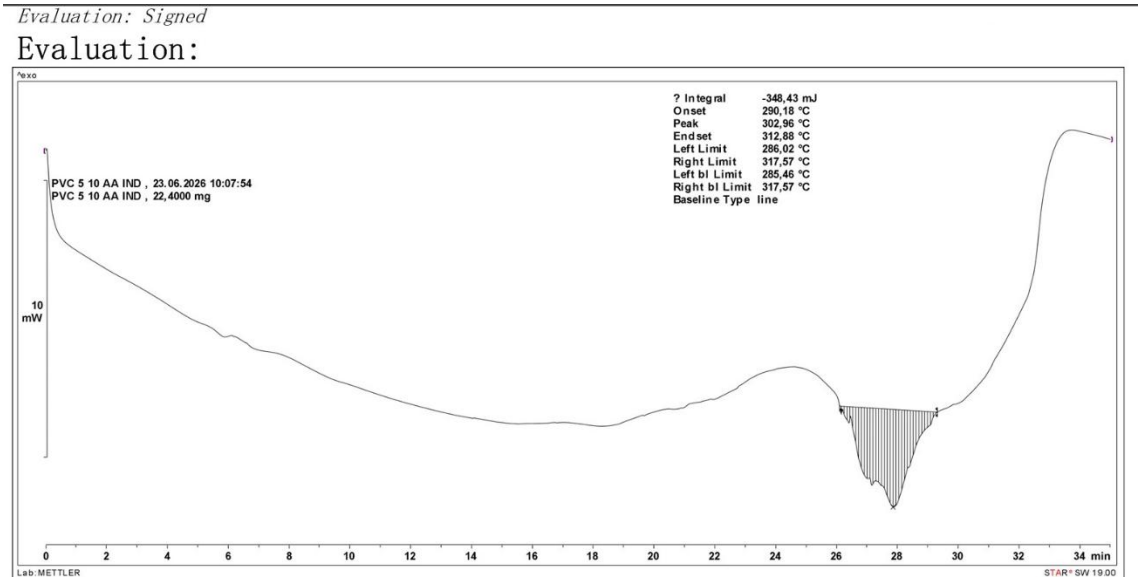


Figura 23 Tubo de alcantarilla

PVC 5: muestra un evento intenso a **302,96 °C** (290,18–312,88 °C). Este pico confirma una degradación térmica significativa; la diferencia respecto a PVC 4 puede deberse a distinta cantidad o tipo de estabilizantes, plastificantes y otros aditivos

Los termogramas correspondientes a la familia PVC presentan diferentes configuraciones en el desarrollo de las curvas observándose variaciones En la muestra de PVC 1 se identificó un único evento de fusión de 318,10°C, mientras que en la muestra de PVC 2 se identificaron 2 eventos el primer evento de fusión de 123,62°C y un evento de cristalización alrededor de la temperatura de 224,23°C, en la muestra de PVC ocurre estos mismo eventos térmicos como en el anterior con una temperatura de fusión de 197,79°C y una temperatura de cristalización de 327,51°C, en la muestra de PVC 4 con el evento térmico de fusión a 295,76°C y por último la muestra de PVC 5 con un evento de fusión de 302,96 °C.}

Evaluation: Signed

Evaluation:

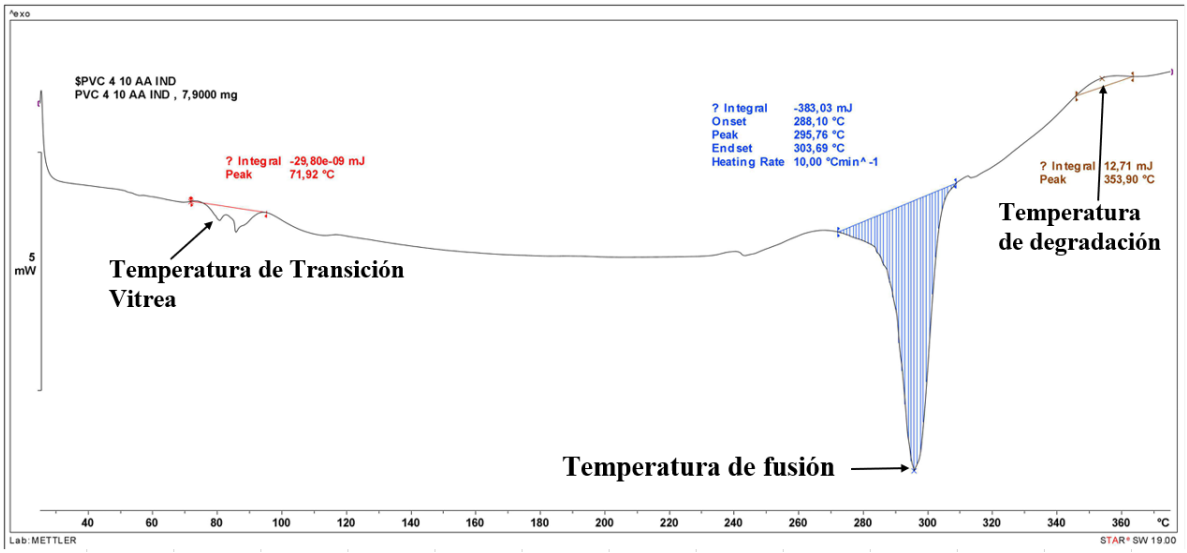


Figura 24 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PVC

El termograma DSC de la muestra de PVC - 04 reciclado, evidencia tres eventos térmicos principales durante el calentamiento. El primer evento corresponde a la transición vítrea (Tg), observada alrededor de 71,92 °C, donde el material presenta un cambio en la movilidad de sus cadenas poliméricas debido al incremento de temperatura. Posteriormente, se identifica un evento de fusión alrededor de 295,76 °C, con un inicio aproximado de 288,10 °C y finalización cerca de 303,69 °C, asociado al cambio térmico del material a temperaturas elevadas. Finalmente, se observa un evento cercano a 353,90 °C, relacionado con la degradación térmica del PVC, donde el polímero comienza a perder estabilidad debido a la ruptura de su estructura molecular. La presencia de estos eventos indica que el PVC reciclado presenta un comportamiento térmico complejo, influenciado por su composición, aditivos e historial de procesamiento, diferenciándose del comportamiento de un polímero virgen.

En los registros restantes se observan señales predominantes que adquieren configuraciones particulares durante el calentamiento diferenciándose principalmente por la forma y extensión de los eventos. La trayectoria de las curvas evidencia que en las modificaciones térmicas no se manifiestan de manera idéntica en todas las muestras de PVC, sino que cada registro conserva características propias. La visualización de los cinco termogramas permite reconocer esta diversidad gráfica y apreciar las distintas formas en las que se desarrolla la respuesta térmica de los productos pertenecientes a esta familia.

- **Parámetros térmicos obtenidos para las muestras de PVC**

A partir de los eventos identificados en los termogramas correspondientes a las muestras de PVC se obtuvieron los valores de Onset, Peak, Endset y entalpía asociados con cada señal registrada. En esta familia se observó una particularidad importante, debido a que las muestras PVC-02 y PVC-03 presentaron dos eventos térmicos diferenciados durante el calentamiento, mientras que PVC-01, PVC-04 y PVC-05 mostraron un evento predominante. Por esta razón, los resultados se presentan conservando todos los eventos identificados experimentalmente, con el propósito de reflejar de manera completa la respuesta registrada mediante DSC.

Tabla 11 Parámetros térmicos obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PVC

Código	Procedencia de la muestra	Flujo de calor	Rango de temperatura	Masa (mg)	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	ΔH (mJ)
PVC-01	Aislante de cable eléctrico	10 °C/min	25 – 375	22,1	311,90	318,10	332,60	-184,68
PVC-02	Tubería de agua potable			5,5	109,37	123,62	127,25	-318,21
				5,5	208,24	224,23	249,41	537,55
PVC-03	Tarjeta de débito			3,1	168,91	197,79	217,10	-79,68
				3,1	273,05	327,51	347,33	211,30
PVC-04	Canaleta			7,9	288,50	295,76	303,56	-326,11
PVC-05	Tubo de alcantarilla			22,4	290,18	302,96	312,88	-348,43

Elaboración propia

Los parámetros térmicos obtenidos para las muestras de PVC evidencian diferencias en los intervalos de temperatura y en la cantidad de eventos registrados. PVC-01 presenta un Peak de 318,10°C, mientras que PVC-04 y PVC-05 alcanzan valores de 295,76°C y 302,96°C respectivamente mostrando una mayor proximidad entre estas 2 últimas muestras. En estos casos se identificó un solo evento térmico dentro de un intervalo analizado, aunque con diferencias en los valores de Onset, Endset y entalpía lo que reflejan las particularidades de cada material.

Un comportamiento diferente se observa en PVC-02 y PVC-03 debido a que ambas muestras presentan dos eventos térmicos PVC-02 registra picos de 123,62 °C y 224,23 °C con entalpías de -318,21 mJ y 537,55 mJ respectivamente. En PVC-03 se identifican Peaks de 197,79 °C y 327,51 °C acompañados de entalpías de -79,68 mJ y 211,30 mJ. La presencia de dos conjuntos de Onset, Peak y Endset demuestra que estas muestras se experimentaron más de un evento durante el calentamiento evidenciando una respuesta térmica más compleja que la observada en las demás muestras de PVC.

La aparición de 1 segundo evento no significa que el PVC tenga eventos de fusión. Lo que indica es que la muestra experimentó otro proceso térmico adicional dentro del intervalo analizado. En materiales comerciales y reciclados de PVC esto puede estar relacionado con la formulación particular del producto, la presencia de plastificantes, estabilizantes, cargas u otros componentes, así como otras formaciones o degradación producidas durante el calentamiento. Por esta razón PVC-02 y PVC-03 presentan una respuesta más compleja que las demás muestras. Sin embargo, con el DSC realizado no es posible establecer de manera concluyente cuál de estos factores origina cada evento para identificarlos especialmente serían necesarias técnicas complementarias.

Los signos opuestos de la entalpía en estos eventos indican diferencias en el sentido del intercambio energético lo que se refleja en los termogramas mediante señales orientadas en direcciones contrarias. No obstante, la dirección hacia arriba o hacia abajo depende de la convención utilizada por el equipo de DSC por lo que no debe asignarse un fenómeno específico únicamente por la orientación de la curva. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las formulaciones particulares de los productos analizados y con los componentes incorporados durante su fabricación. En conjunto los resultados muestran una respuesta térmica variable dentro de la familia PVC especialmente las muestras que presentan más de un evento durante el calentamiento

- **Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak**

El análisis estadístico de las temperaturas máximas obtenidas para la familia PVC permitió identificar la tendencia central y la variabilidad presente en los resultados experimentales. Los valores obtenidos se presentan en la tabla 12.

Tabla 12 Análisis estadístico descriptivo de las temperaturas Peak registradas en las muestras de PVC

Cálculos estadísticos PVC	
Media	293,7
Error típico	18,24
Mediana	302,96
Desviación estándar	40,79
Varianza de la muestra	1663,64
Curtosis	3,28

Elaboración propia

El análisis estadístico muestra una temperatura Peak promedio de 293,71 °C, acompañada de una desviación estándar de 40,79 °C y un rango de 103,28 °C, comprendido entre un mínimo de 224,23 °C y un máximo de 327,51 °C. Estos resultados evidencian una dispersión elevada entre los eventos térmicos registrados en las muestras de PVC, lo cual coincide con la diversidad observada en los termogramas. La diferencia existente entre la media y la mediana, situada en 295,76 °C, también refleja que los valores no se encuentran concentrados de manera uniforme alrededor de una única región térmica.

La curtosis de 3,28 señala una distribución relativamente aplanada de los valores Peak, coherente con la amplitud del intervalo térmico en el que se desarrollaron los diferentes eventos. Desde el punto de vista térmico, la amplia separación de las temperaturas Peak evidencia que las muestras de PVC reciclado estudiadas presentan respuestas distintas durante el calentamiento. La presencia de uno o dos eventos según la muestra sugiere que los materiales no poseen una configuración térmica completamente uniforme dentro del conjunto evaluado. Esto puede relacionarse con las distintas aplicaciones de los productos analizados, así como con diferencias en formulación, contenido de aditivos y tratamientos térmicos experimentados durante su fabricación y utilización. En consecuencia, los registros obtenidos muestran que el

comportamiento del PVC reciclado estudiado depende de las características particulares de cada producto y que su procesamiento térmico requiere considerar esta variabilidad para evitar aplicar una única condición de calentamiento a materiales que presentan respuestas claramente diferenciadas.

5.2.3.2. Polipropileno (PP)

Los termogramas correspondientes a la familia polipropileno fueron obtenidos a partir de las muestras de un envase de yogurt, un envase de margarina, una tapa de botella, un cepillo de dientes y un balde. Los diferentes productos sometidos al ensayo permitieron registrar la respuesta térmica de materiales pertenecientes a esta familia y observar las modificaciones producidas durante el calentamiento. Cada curva representa el comportamiento individual de una muestra y muestra la evolución de la señal dentro del intervalo térmico aplicado.

Los registros permiten seguir la trayectoria de las señales desde el inicio del ensayo y reconocer las regiones en la que se producen los eventos térmicos más notorios. La observación de las curvas permite identificar tanto características semejantes en las determinadas muestras como particularidades presentes en algunos registros especialmente en la forma, amplitud y ubicación de los eventos. En la figura 5 se presentan los termogramas obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PP mostrando las respuestas desarrolladas durante los ensayos DSC.

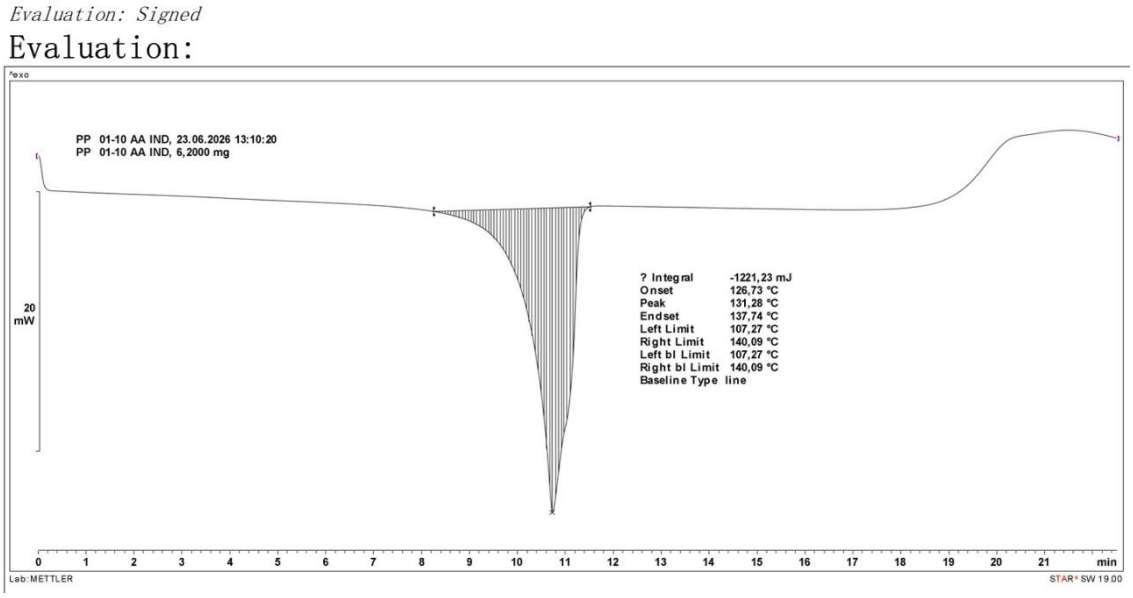


Figura 25 Envase de yogurt

PP 1: presenta un pico intenso a **131,28 °C** (126,73–137,74 °C). Esta temperatura es más propia de polietileno que de PP; por ello, la muestra probablemente contiene una fracción importante de PE o es una mezcla PP–PE, no PP puro.

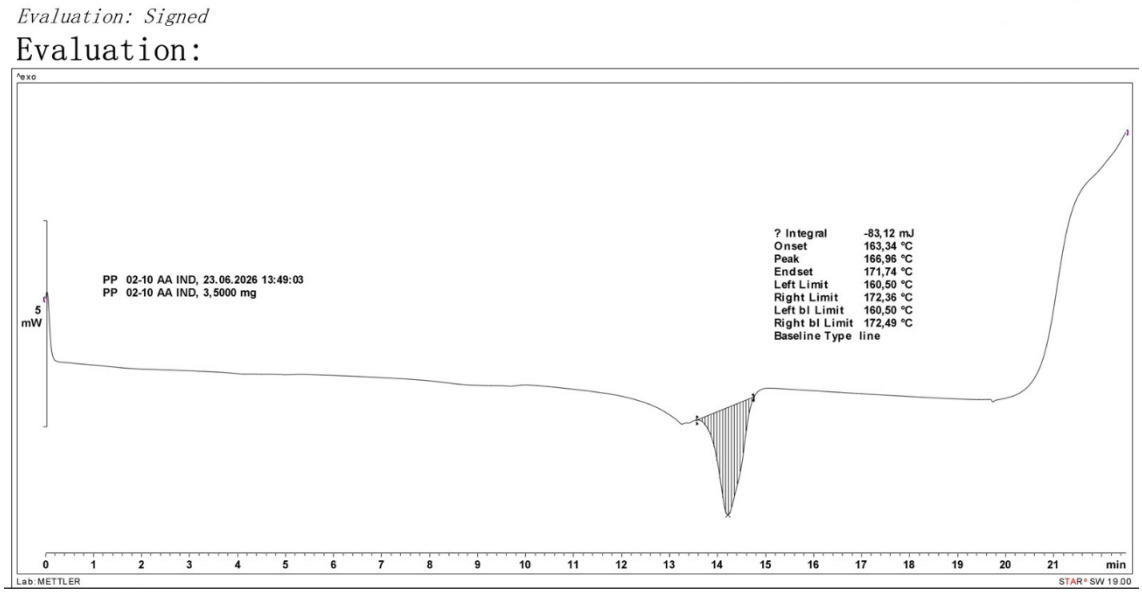


Figura 26 Envase de margarina

PP 2: tiene un pico definido a **166,96 °C** (163,34–171,74 °C). Es el comportamiento característico de la fusión de un PP semicristalino, por lo que esta muestra sí es compatible con polipropileno relativamente puro.

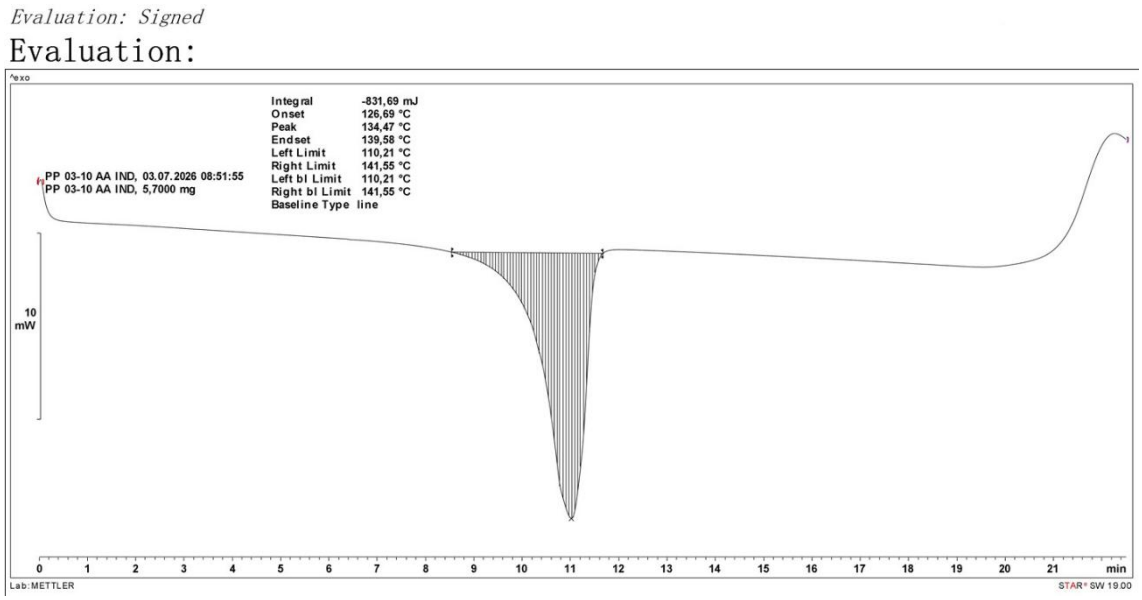


Figura 27 Tapa de botella

PP 3: presenta fusión a **134,47 °C** (126,69–139,58 °C). Igual que PP 1, el pico está demasiado bajo para PP y es consistente con presencia predominante de PE o una mezcla rica en PE.

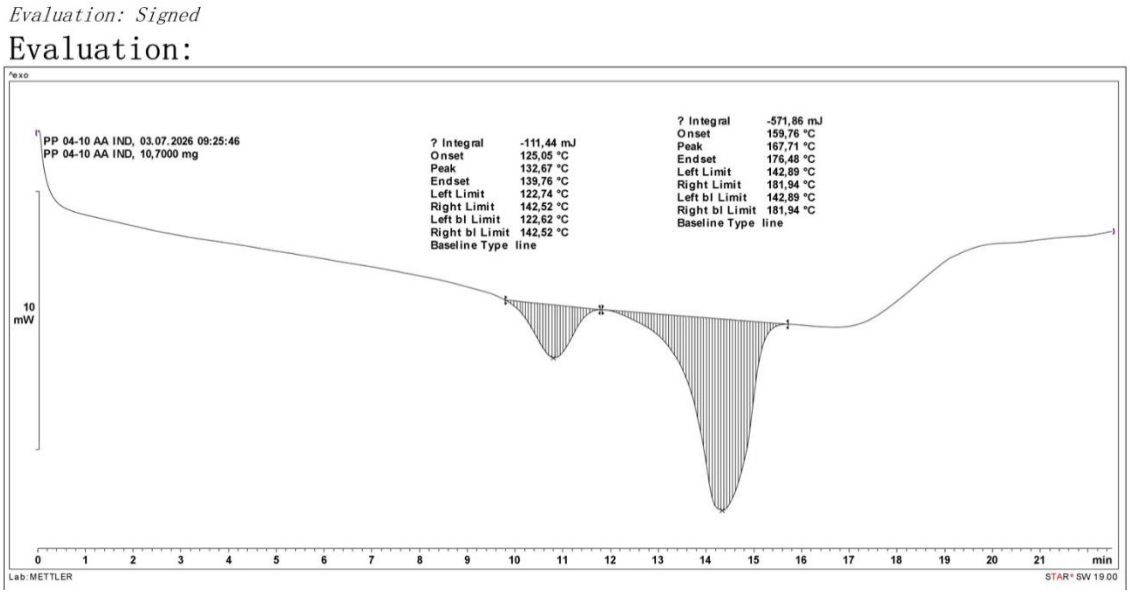


Figura 28 Cepillo de dientes

PP 4: muestra dos picos: uno a **132,67 °C** y otro a **167,71 °C**. El primero corresponde a una fase tipo PE y el segundo a PP; por tanto, esta es la evidencia más clara de una **mezcla PP–PE**.

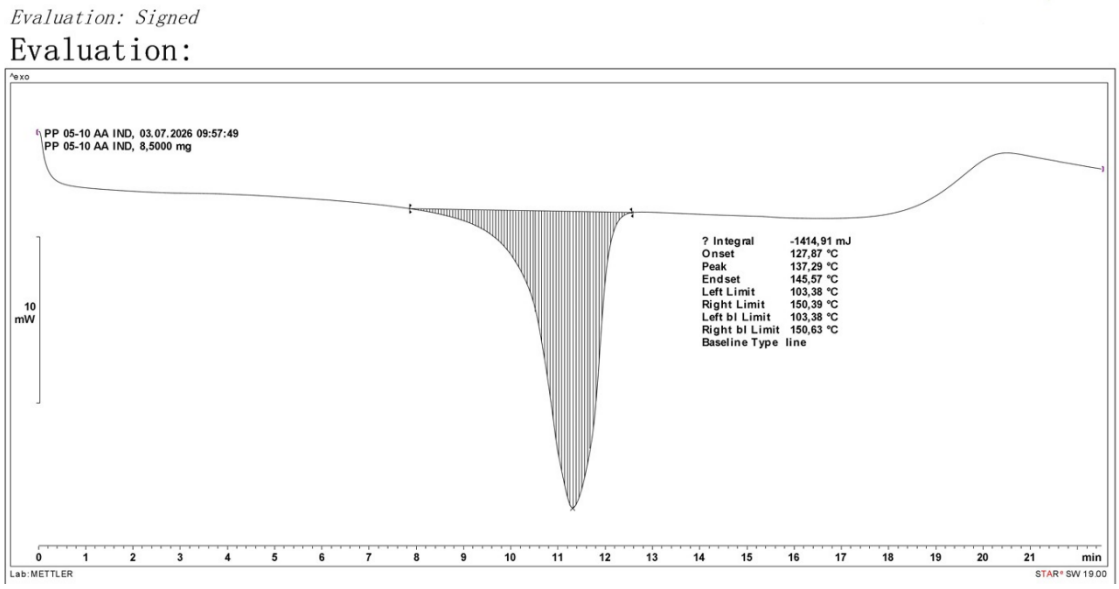


Figura 29 Balde

PP 5: tiene un pico amplio e intenso a **137,29 °C** (127,87–145,57 °C). El resultado sugiere que predomina una fase tipo PE, probablemente PEAD o una mezcla de polietilenos, más que PP puro.

Los termogramas correspondientes al PP presentan eventos térmicos claramente identificables en las cinco muestras estudiadas. En varias de las curvas las principales modificaciones aparecen concentradas dentro de una región semejante del recorrido térmico y conservan una configuración gráfica relativamente próxima. Las señales se desarrollan de forma definida durante el calentamiento y presentan cambios visibles en la trayectoria de los registros permitiendo reconocer las regiones en las cuales se producen los eventos observados.

Dentro del conjunto también se distingue un registro cuyo evento presenta un desplazamiento visible generando una configuración particular. Asimismo, las curvas muestran variaciones de la amplitud, anchura y forma de las señales de modo que cada termograma conserva características individuales en su recorrido. En términos generales las muestras de PP presentan eventos predominantes bien desarrollados y fácilmente reconocibles en las curvas acompañados de particularidades en la configuración de determinados registros que pueden apreciarse al observar los termogramas obtenidos para esta familia.

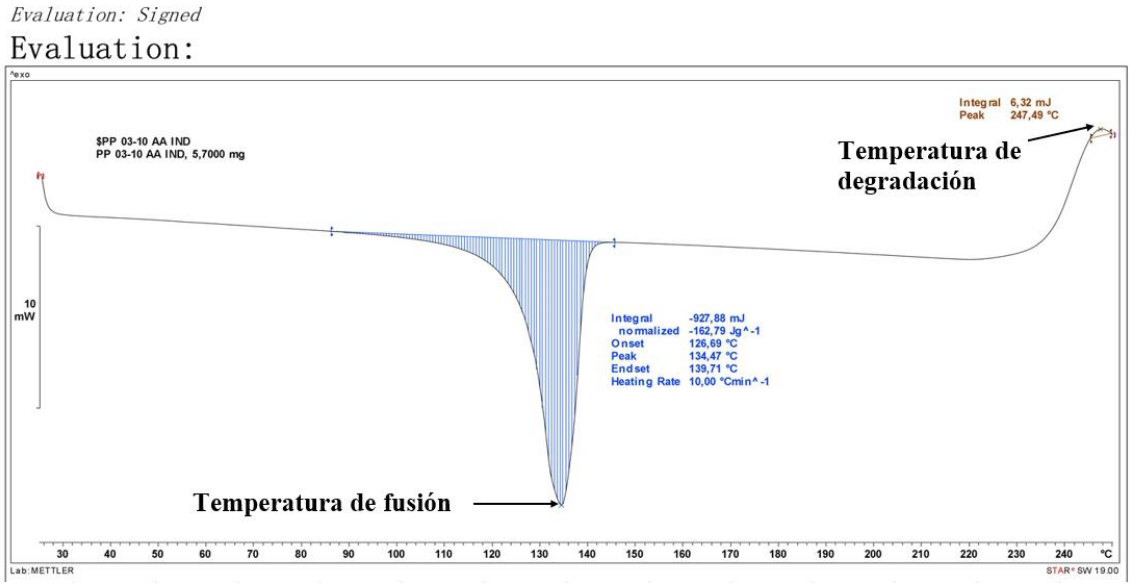


Figura 30 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PP

El termograma DSC de la muestra de PP - 03 reciclado y presenta principalmente dos eventos térmicos importantes durante el calentamiento. El primer evento corresponde a la fusión del polipropileno, donde se observa un pico endotérmico con una temperatura Onset de 126,69 °C, una temperatura Peak de 134,47 °C y una temperatura Endset de 139,71 °C. Este comportamiento indica la absorción de energía necesaria para romper el orden estructural del polímero y producir el cambio de estado sólido a fundido. Posteriormente, se observa un segundo evento a una temperatura elevada, con un pico cercano a 247,49 °C, asociado a un

proceso de degradación térmica del material, donde el polímero comienza a perder estabilidad debido a la ruptura de sus cadenas moleculares. En conjunto, el termograma evidencia que el PP reciclado conserva un comportamiento de fusión característico del material, pero presenta una etapa posterior de degradación influenciada por su historial de uso y procesamiento.

Los resultados obtenidos para las cinco muestras de polipropileno permiten identificar las temperaturas Peak asociadas con los eventos térmicos observados en los termogramas. Las muestras corresponden a un envase de yogurt, un envase de margarina, una tapa de botella, un cepillo de dientes y un balde, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13 Propiedades térmicas obtenidas para las muestras de PP reciclado mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

Código	Procedencia de la muestra	Flujo de calor	Rango de temperatura	Masa (mg)	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	ΔH (mJ)
PP-01	Envase de yogurt	10 °C/min	25-250	6,2	126,73	131,28	137,74	-1221,23
PP-02	Envase de margarina			3,5	163,34	166,96	171,74	-83,12
PP-03	Tapa de botella			5,7	126,69	134,47	139,58	-831,69
PP-04	Cepillo de dientes			10,7	125,05	132,67	139,76	-111,44
PP-05	Balde			8,5	127,87	137,29	145,57	-1414,91

Elaboración propia

Análisis de las propiedades térmicas del PP

Los resultados obtenidos para las muestras de polipropileno evidencian diferencias en las temperaturas asociadas a los eventos térmicos registrados. Las muestras correspondientes al envase de yogurt, tapa de botella, cepillo de dientes y balde presentan temperaturas Peak entre 131,28 °C y 137,29 °C, mostrando un comportamiento térmico relativamente próximo entre ellas. En contraste, el envase de margarina presenta un Peak de 166,96 °C, constituyéndose como la muestra con la temperatura más elevada dentro de esta familia.

En relación con el intervalo de transición, las muestras presentan valores Onset entre 125,05 °C y 163,34 °C, mientras que los valores Endset se encuentran entre 137,74 °C y 171,74 °C. La variación observada permite identificar diferencias en el comportamiento térmico de los materiales reciclados aun cuando pertenecen a una misma familia polimérica. Asimismo, los valores de ΔH muestran diferencias entre las muestras, siendo el balde el que presenta la mayor magnitud de energía asociada al evento térmico registrado.

Tabla 14 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PP reciclado

Cálculos estadísticos PP	
Media	140,53
Error típico	6,68
Mediana	134,47
Desviación estándar	14,94
Varianza de la muestra	223,27
Curtosis	4,54

Elaboración propia

El análisis estadístico muestra una temperatura Peak promedio de 140,53 °C, con una desviación estándar de 14,94 °C, evidenciando una dispersión mayor entre los resultados obtenidos para las cinco muestras de PP. La mediana de 134,47 °C se encuentra por debajo de la media debido a la presencia del valor máximo de 166,96 °C, refleja la diferencia existente entre las temperaturas Peak registradas dentro de esta familia.

De igual manera, la curtosis de 4,53 muestra una mayor concentración de los resultados alrededor de las temperaturas registradas por las demás muestras y la presencia de un valor térmico diferenciado. En conjunto, los resultados indican que cuatro de las cinco muestras de PP presentan temperaturas Peak cercanas entre sí, mientras que una muestra desarrolla su principal evento a una temperatura superior, generando una mayor variabilidad en el comportamiento térmico de esta familia.

5.2.3.6. Poliestireno (PS)

Finalmente, para la familia poliestireno se obtuvieron los termogramas correspondientes a espuma Flex, vaso desechable, estuche de CD, cuchara desechable y plato desechable. Estos materiales presentan diferentes características físicas y formas de utilización por lo que los registros obtenidos permiten visualizar las respuestas desarrolladas por las muestras durante el calentamiento. Cada termograma muestra la evolución de la señal correspondiente al material analizado y las modificaciones producidas dentro del intervalo establecido para el ensayo.

Las curvas permiten apreciar la trayectoria seguida para las señales y reconocer la aparición de eventos con diferentes formas y extensiones. En algunos registros las modificaciones aparecen de manera claramente definida mientras que otros presentan una evolución con características particulares a lo largo del calentamiento. En la figura 6 se presentan los termogramas obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PS permitiendo observar las configuraciones de registro durante los ensayos realizados.

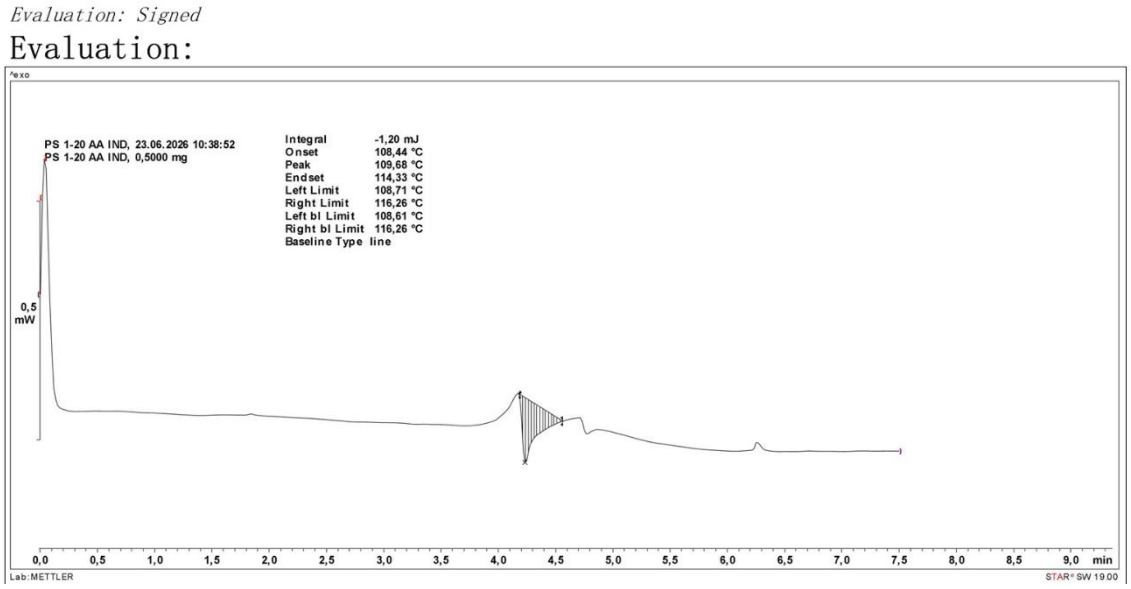


Figura 31 Espuma flex

PS 1: presenta un cambio muy pequeño alrededor de **109,68 °C**, sin una fusión importante. Esto corresponde a la **transición vítrea** típica de un PS amorfo: el material se ablanda y pasa de rígido a más flexible.

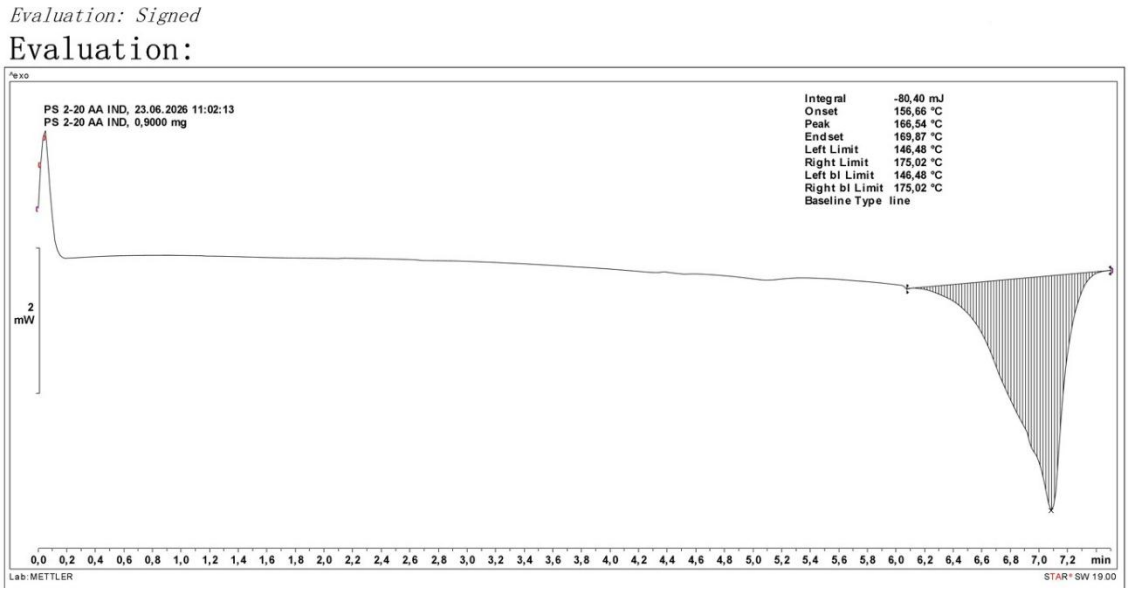


Figura 32 Vaso desechable

PS 2: tiene un pico endotérmico fuerte a **166,54 °C**. Un PS convencional no debería mostrar una fusión tan marcada, por lo que esta muestra probablemente está contaminada o mezclada con un polímero semicristalino, posiblemente PP.

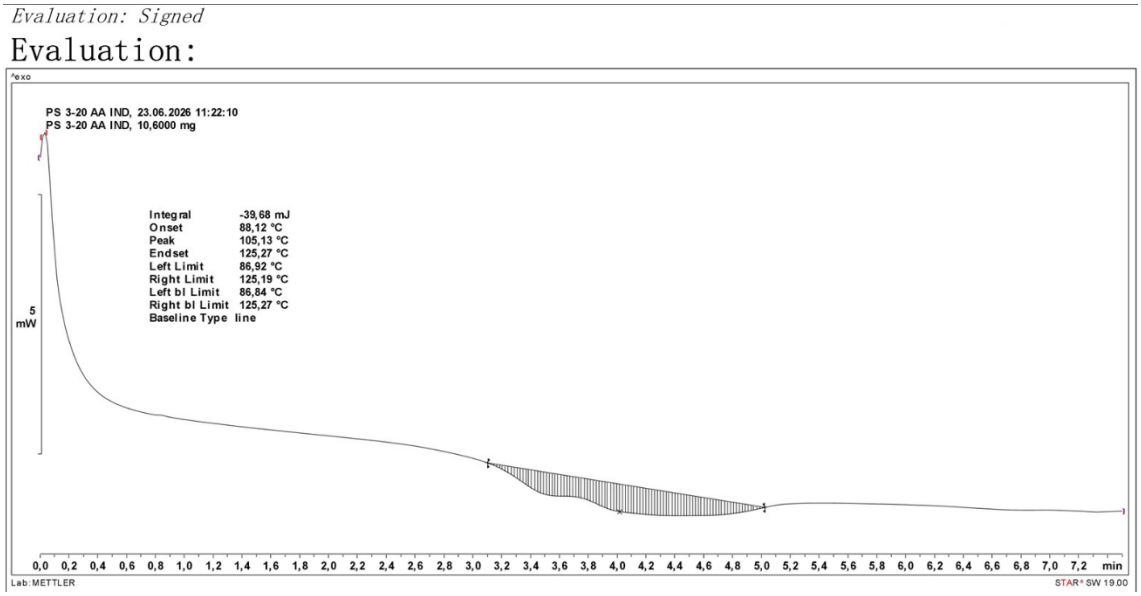


Figura 33 Estuche de CD

PS 3: presenta un evento amplio entre **88,12 y 105,13**, con máximo a **125,27 °C**. Es compatible con transición vítrea o relajación térmica de PS, aunque es más ancho de lo esperado; puede reflejar tensiones internas, aditivos o una distribución amplia de estructuras amorfas.

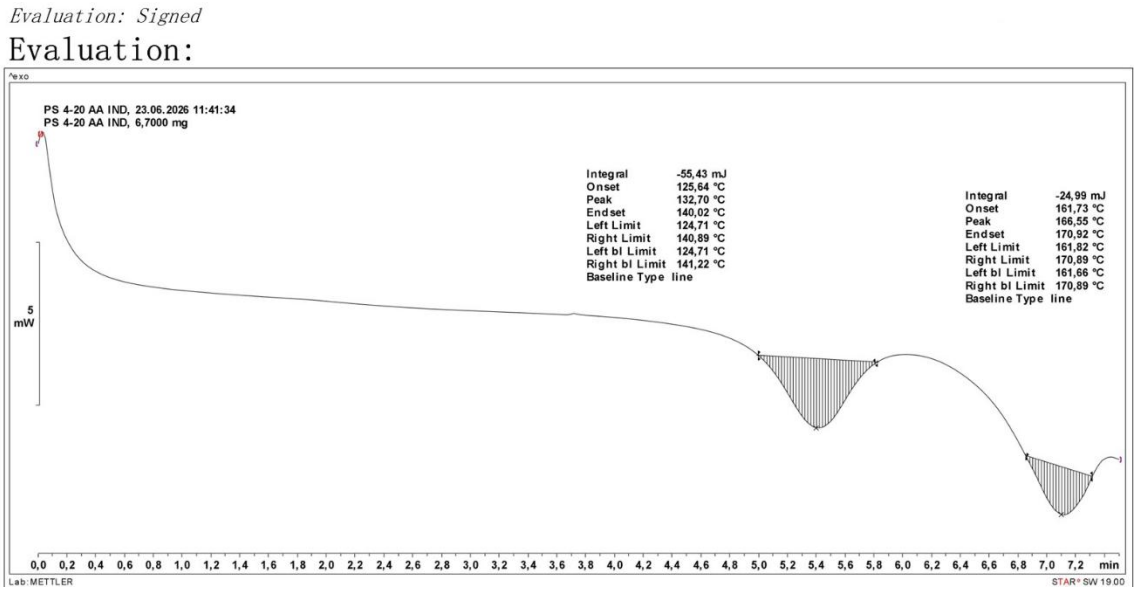


Figura 34 Cuchara desechable

PS 4: presenta dos picos de fusión: uno a **132,70 °C** y otro a **166,55 °C**. Es una mezcla de dos fases semicristalinas: una compatible con PE y otra compatible con PP; por eso, esta muestra no se comporta como PS puro.

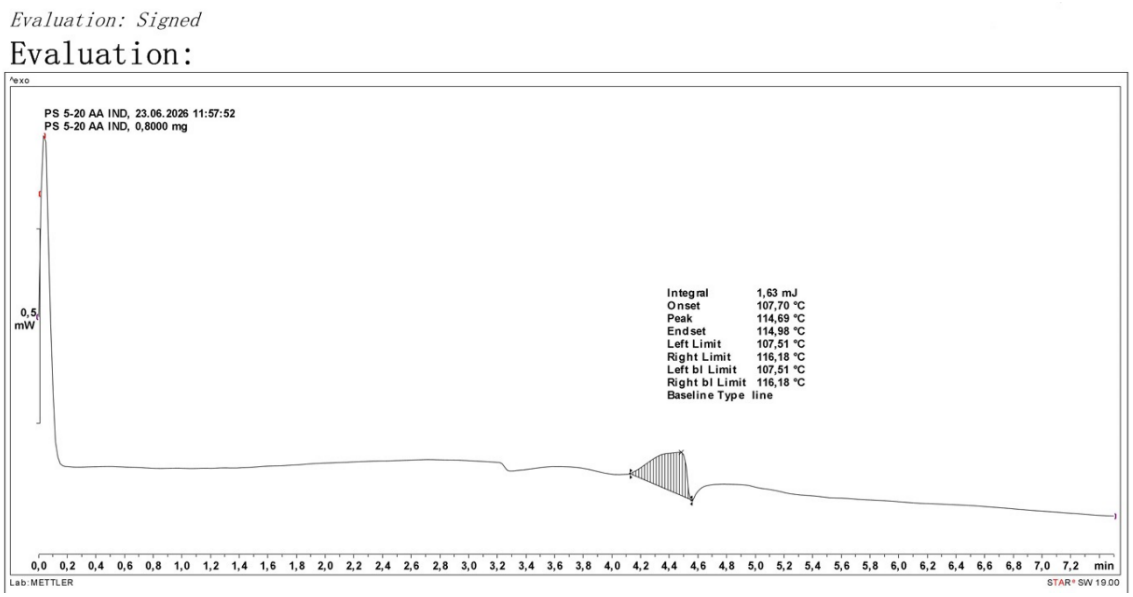


Figura 35 Plato desechable

PS 5: muestra un evento muy pequeño entre **107,70 y 114,98 °C**, sin pico de fusión relevante. Es consistente con PS amorfo y representa principalmente su transición vítrea

Los termogramas correspondientes a la familia PS muestran variaciones visibles en la configuración de las cinco curvas algunos registros presentan una señal predominante claramente distinguible mientras que otros desarrollan modificaciones adicionales que genera una trayectoria particular, estas características permiten reconocer visualmente diferencias entre las respuestas de las muestras manteniendo cada termograma una configuración propia a lo largo del recorrido térmico.

Una característica particular puede observarse en el registro correspondiente a la cuchara desechable donde se distinguen dos eventos diferenciales dentro de la curva generando dos modificaciones apreciables durante el calentamiento. En las demás muestras, las señales presentan diferentes formas y posiciones dentro del intervalo evaluado por lo que los registros muestran características propias en su evolución.

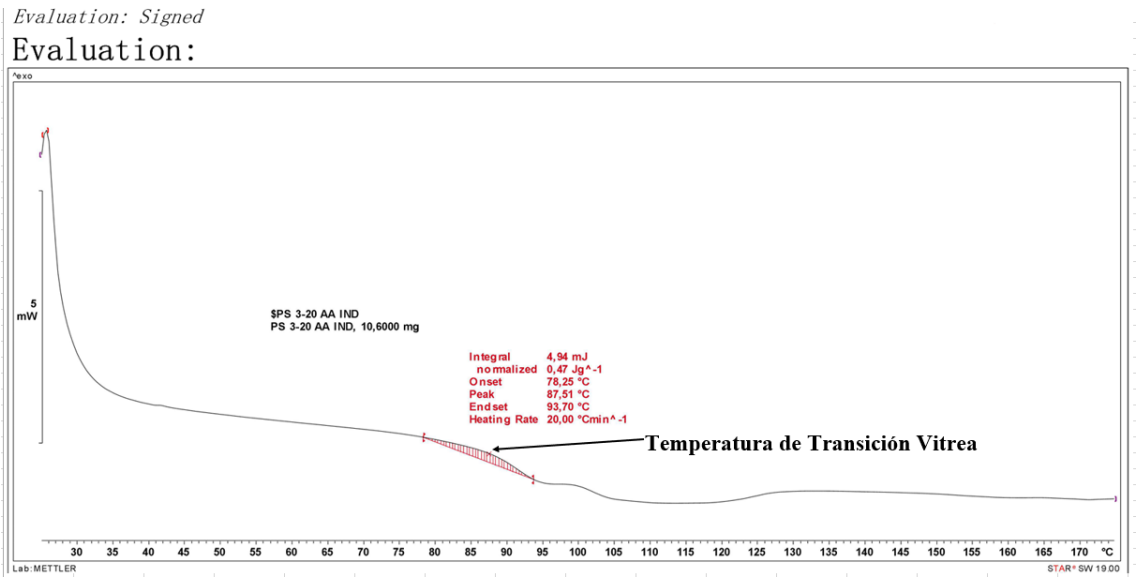


Figura 36 Visualización de eventos térmicos relacionados al mejor resultado de PS

El termograma DSC corresponde a la muestra de PS - 03 reciclado y presenta un único evento térmico principal asociado a la transición vítrea (Tg) del material. En la curva se observa un cambio en la línea base alrededor de la temperatura Onset de 78,25 °C, alcanzando el punto característico de la transición cerca de una temperatura Peak de 87,51 °C y finalizando aproximadamente en 97,30 °C. Este comportamiento indica que el PS reciclado experimenta un cambio en la movilidad de sus cadenas poliméricas al aumentar la temperatura, pasando de un estado más rígido a uno con mayor capacidad de movimiento molecular. No se identifican eventos de fusión o cristalización debido a que el poliestireno es un polímero principalmente amorfo, por lo que su respuesta térmica está dominada por la transición vítrea. La presencia de

este evento permite evaluar la estabilidad térmica del material reciclado y compararlo con valores reportados para PS virgen.

Los termogramas obtenidos permitieron reconocer las características particulares de la respuesta térmica presentada por las muestras durante el calentamiento evidenciadas mediante los cambios desarrollados en la trayectoria de las curvas y la configuración de los eventos observados. La presencia de señales con diferentes formas, amplitudes y ubicaciones refleja las particularidades de los materiales analizados dentro de cada familia polimérica. En este sentido los registros obtenidos mediante DSC proporcionan una representación gráfica del comportamiento experimentado por las muestras de PET, PEAD, PVC, PP y PS permitiendo identificar los rasgos térmicos observados en cada grupo y las variaciones presentes entre los materiales que los conforman.

A partir de los eventos identificados en los termogramas correspondientes a la familia PS se obtuvieron los parámetros térmicos de las cinco muestras analizadas. Para su descripción se consideraron las temperaturas Onset, Peak y Endset, conjuntamente con el cambio de entalpía asociado a los eventos registrados. En el caso de la cuchara desechable se conservaron los dos eventos observados en su termograma, debido a que ambos forman parte de la respuesta térmica obtenida experimentalmente.

- **Parámetros térmicos obtenidos para las muestras de PS**

Tabla 15 Parámetros térmicos obtenidos para las muestras pertenecientes a la familia PS

Código	Procedencia de la muestra	Flujo de calor	Rango de temperatura	Masa (mg)	Onset (°C)	Peak (°C)	Endset (°C)	ΔH (mJ)
PS-01	Espuma Flex	20 °C/min	25 - 175	0,5	108,44	109,68	114,33	-1,20
PS-02	Vaso desechable			0,9	156,66	166,54	169,87	-24,99
PS-03	Estuche de CD			10,6	78,25	87,51	93,70	4,94
PS-04	Cuchara desechable			6,7	125,64	132,70	140,02	-55,43
PS-05	Plato desechable			0,8	108,41	114,69	120,74	-5,47

Elaboración propia

Los valores Onset y Endset evidencian que los eventos se desarrollaron dentro de intervalos térmicos diferentes para las muestras analizadas. Esta variación confirma las diferencias observadas en la configuración de los termogramas de PS, donde las señales presentan distintas posiciones y amplitudes durante el calentamiento. Asimismo, los valores de ΔH muestran

variaciones en la energía asociada con los eventos registrados, manteniéndose el signo reportado directamente por el equipo durante los ensayos. La presencia de dos eventos en la cuchara desechable constituye una particularidad dentro del conjunto analizado y permite reconocer una respuesta térmica diferenciada respecto a las demás muestras de esta familia.

- **Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak**

Tabla 16 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura Peak de las muestras de PS reciclado

Cálculos estadísticos del PS	
Media	122,224
Error típico	13,2152
Mediana	114,69
Desviación estándar	29,550
Varianza de la muestra	873,21
Curtosis	0,769

Elaboración propia

El análisis estadístico muestra una temperatura Peak promedio de 122,22 °C, con una desviación estándar de 29,55 °C, evidenciando una dispersión considerable entre las temperaturas registradas para las cinco muestras de PS. La mediana de 114,69 °C se encuentra por debajo de la media, refleja las diferencias existentes en la respuesta térmica de los materiales analizados.

Por su parte, la curtosis de 0,77 muestra la forma de concentración de los datos alrededor de los valores centrales. En conjunto, los resultados indican que las muestras de PS presentan una mayor variabilidad térmica, debido a que los eventos principales se encuentran distribuidos en un intervalo amplio de temperaturas, característica que también se evidencia en las diferencias observadas entre los termogramas de esta familia.

La caracterización térmica mediante calorimetría diferencial de barrido permitió identificar el comportamiento presentado por las muestras recicladas pertenecientes a las familias PET, PEAD, PVC, PP y PS. A partir de los termogramas obtenidos se analizaron los principales eventos registrados durante el calentamiento y se establecieron los parámetros de Onset, Peak, Endset y entalpía complementados con el análisis estadístico de las temperaturas Peak. Este

procedimiento permitió reconocer tanto comportamientos térmicos relativamente próximos entre muestras de una misma familia como variaciones asociadas con las características particulares de los productos analizados. Asimismo, en determinadas muestras se identificó la presencia de más de un evento térmico evidenciando respuestas de mayor complejidad durante el ensayo.

5.3. Objetivo 3

5.3.1. Relación de las propiedades térmicas con valores referenciales y aplicaciones reportadas.

La incorporación de valores correspondientes a polímeros vírgenes se utilizó únicamente como referencia del comportamiento térmico esperando de cada familia y no como un criterio para establecer la calidad del material reciclado. Esto resulta importante debido a que los procesos de fabricación utilización y reciclaje pueden modificar la historia térmica cristalinidad y estructura del material sin producir necesariamente un cambio proporcional en su principal transición térmica. Estudios realizados en PET PEAD y PP han mostrado que materiales reciclados pueden conservar temperaturas de transición próximas a las de sus equivalentes vírgenes, aunque presenten modificaciones en otras propiedades como la cristalinidad o estabilidad térmica. 1-2

Punto de Fusión

La comparación de temperaturas de fusión de los plásticos reciclados ha permitido evaluar las respuestas de los valores reportados de los polímeros vírgenes. Los resultados muestran de las familias cual es la mejor opción o la temperatura más cercana a la referencia, mientras que algunos varían por sus posibles cambios de estructura.

Tabla 17 Punto de fusión

Familia	Polímero Virgen	Polímero reciclado	% Error relativo
PET	245°C	245,13 °C	0,05
PEAD	128,4°C	140,214 °C	9,20
PVC	210 °C	293,7 °C	39,86
PP	163,34°C	140,53 °C	13,96
PS	-	-	-

Elaboración propia

La comparación de las muestras que se ha seleccionado para la temperatura de fusión entre los valores reciclados y el polímero virgen, el PET y PEAD presentaron valores cercanos al referencial, mientras que el PP mostró una variación moderada en el proceso de DSC. Mientras que el PVC sus valores fueron aún más alejados de valor referencial a la respuesta térmica, estos resultados reflejan que el reciclaje puede modificar las respuestas térmicas y el PS no estableció un punto de comparación.

Tabla 18 Comparación de la temperatura de fusión (Tm) entre el polímero virgen y el polímero reciclado, de PEAD 03.

Temperatura (°C)	Flujo de calor (mW)	Evento
126,66	-9,6	Onset
134,78	-18,1	Peak
142,31	-8,1	Endset

Elaboración propia

Una vez caracterizadas térmicamente las muestras recicladas estableció una relación entre los resultados experimentales obtenidos mediante DSC el comportamiento térmico reportado en estudios previos para materiales vírgenes y reciclados. Para este análisis se tomó principalmente la temperatura Peak debido a que este parámetro permitió identificar la temperatura en la que se presenta la máxima intensidad de los eventos registrados y facilitó la observación de las variaciones existente entre las familias estudiadas.

Punto de cristalización

El resultado de las temperaturas de cristalización de los plásticos reciclados y del polímero virgen se pudo identificar el comportamiento térmico se puede identificar entre algunas de las familias poliméricas y comparadas con los valores reportados en literatura, en algunas muestras el evento de cristalización no se presentó como se muestra en la tabla.

Tabla 19 Punto de Cristalización

Familia	Polímero Virgen	Peak principal	% Error relativo
PET	174-180°C	167,77°C	3,58
PEAD	70-75°C	No definida	No se registra un evento de cristalización
PVC	No definida	No definida	No se registra un evento de cristalización
PP	No definida	No definida	No se registra un evento de cristalización
PS	No definida	No definida	No se registra un evento de cristalización

Elaboración propia

En la comparación de los eventos de cristalización solo se logró identificar al PET con un valor cercano al del polímero virgen en este evento debido a su capacidad de reorganización molecular mediante el calentamiento, mientras que el PEAD y el PP no se observaron las temperaturas de pico, el PVC y PS no se logró la comparación de su polímero virgen por su naturaleza amorfa, pero igual se presentan estos picos por lo que las muestras de este tipo de plásticos deben estar relacionadas a las adiciones que agregan para que aparezcan este tipo de eventos y bajo las condiciones térmicas a la que fue sometido el plástico reciclado.

Punto de degradación

Este resultado de degradación se hace presente en algunas muestras de los polímeros ya que nos permitió evaluar la estabilidad térmica de los materiales reciclado frente a los valores reportados del polímero virgen, este parámetro es relevante al momento que el envejecimiento puede generar cambios en la estructura del polímero, afectando la resistencia frente al aumento de temperatura. En los ensayos de las diferentes familias se pueden presentar variaciones en su comportamiento por la presencia de impurezas, aditivos y ciclos térmicos previos, como lo muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20 Punto de degradación

Familia	Polímero Virgen	Polímero reciclado	% Error relativo
PET	425,6 °C	No definida	No se registra evento de degradación
PEAD	448,7°C	No definida	No se registra evento de degradación
PVC	285,5–321,5°C	353,90°C	16,61
PP	440,6 °C	247,49 °C	43,83
PS	431 °C	No definida	No se registra evento de degradación

Elaboración propia

La comparación de la tabla de la temperatura de degradación permitió identificar que no todas las familias poliméricas presentan este evento térmico de degradación mediante el análisis porque también los polímeros vírgenes que se ha reportado, pero existe una diferencia con el rango de calor fue inferior para iniciar su degradación, a cambio el PVC presento un evento exotérmico cerca del rango de referencia del polímero virgen por lo que ha alcanzado a 353.90°C mostrando una mayor sensibilidad térmica a diferencia de las demás familias.

Transición Vítrea

La transición vítrea (Tg) se hace presente en algunas muestras de los polímeros analizados y permitió evaluar el comportamiento del material en su fase amorfa frente a los valores reportados para el polímero virgen. Este parámetro es relevante porque señala la temperatura a partir de la cual el material pasa de un estado rígido y frágil a uno más flexible, lo que puede modificar su comportamiento mecánico durante el uso o reprocesamiento. En los ensayos de las diferentes familias se registraron variaciones asociadas a la presencia de aditivos, plastificantes y a la historia térmica previa del material.

Tabla 21 Transición Vítrea

Familia	Polímero Virgen	Polímero reciclado	% Error relativo
PET	73,8°C	80,80°C	9,49
PEAD	-130°C	No se registra	No se registró evento de transición vítrea
PVC	85°C	71,92°C	15,39
PP	98°C	No se registra	No se registró evento de transición vítrea
PS	93°C	87,51°C	5,90

Elaboración propia

La comparación de la tabla de transición vítrea permitió identificar que no todas las familias registraron este evento de forma clara mediante DSC, lo cual es consistente con la naturaleza semicristalina de algunos materiales, donde la señal de Tg puede ser de baja intensidad. Los valores de Tg obtenidos para PET y PVC se ubicaron dentro de un rango cercano al reportado para sus respectivos polímeros vírgenes, mientras que los valores registrados mientras que en el PP no se registró este evento y el valor de PS se aproximó al de referencia, con una diferencia de 5,90 %.

Por otra parte, la relación con potenciales aplicaciones se estableció exclusivamente a partir de usos documentados en estudios previos. En consecuencia, las aplicaciones incluidas en la tabla 22 no representan una validación directa para las muestras analizadas en esta investigación debido a que su utilización en un producto específico requeriría complementar la caracterización térmica con propiedades mecánicas reológicas químicas y de durabilidad dependiendo de los requerimientos de cada aplicación.

Tabla 22 Relación identificada y aplicaciones potenciales de cada plástico

Familia	Comportamiento térmico clave	Aplicaciones reportadas en estudios
PET	Tiene una alta resistencia térmica y elevada punto de fusión	Revestimiento o panel para construcción con fibra de PET [48]
PEAD	Punto de fusión moderado	Paneles o placas de yeso con PEAD reciclado [49]
PVC	Comportamiento térmico amorfo	Perfiles para fachada o revestimiento exterior[49]
PP	Estabilidad en fusión y resistencia térmica media	Fibras para concreto de banquetas y pavimentos[50]
PS	Comportamiento térmico amorfo	Paneles con PS reciclado[51]

Elaboración propia

La relación establecida evidencia que el proceso de reciclaje no necesariamente elimina las características térmicas propias de la familia polimérica. Esta condición se observa principalmente en el PET donde la temperatura peak promedio de 250,91 °C se encuentra dentro de la región reportada para PET reciclado en estudios previos. Investigaciones realizadas sobre PET virgen y reciclado han encontrado temperaturas de fusión del material reciclado entre aproximadamente 241 y 250 °C mientras otros trabajos reportan eventos cercanos a 251-252 °C esto muestra una correspondencia clara con el comportamiento experimental obtenido en las muestras de Latacunga y permite relacionarlas térmicamente con materiales reciclados estudiados previamente.

En las familias de PEAD, y PP se presentan comportamientos distintos. Para PEAD uno de los Peaks experimentales 132,72 °C se encuentra directamente dentro de la región de aproximadamente 131-140 °C reportada en estudios de materiales vírgenes y reciclados mientras que el segundo valor 161,89 °C se separa de este comportamiento. Para PP la muestra que alcanza 166,96 °C presenta una correspondencia cercana con los valores de aproximadamente 162-165 °C reportados para PP virgen y reciclado sin embargo los demás materiales presentan eventos a temperaturas inferiores evidenciando que la procedencia y formulación del producto deben considerarse al interpretar los resultados.

El PVC y el PS requieren una interpretación diferente debido a que no resulta apropiado relacionar todos los eventos con un único punto de fusión en PVC los diferentes eventos y la amplitud de temperaturas observadas son coherentes con un material cuya respuesta depende considerablemente de su formulación y que puede experimentar procesos de degradación térmica estudios sitúan una etapa importante de deshidratación aproximadamente entre 250 y 320 °C. En PS su naturaleza predominante amorfa hace que la transición vítrea y otros

fenómenos asociados con la formulación y procesamiento tengan mayor relevancia que una temperatura de fusión cristalina convencional. Por esta razón la presencia de varios eventos en estas familias debe considerarse como evidencia de una respuesta térmica compleja y no como la existencia de varios puntos de fusión.

Las aplicaciones documentadas en estudios muestran posibilidades diferentes para cada familia el PET reciclado ha sido utilizado en envases fibras y películas; el PEAD en nuevos envases palets, cajas y bajo condiciones controladas tuberías. Para el PS recuperado se han estudiado aplicaciones en materiales compuestos aislamientos y agregados para materiales de construcción. En el caso del PVC su aprovechamiento requiere mayor control debido a su composición y comportamiento durante el calentamiento. Estas aplicaciones constituyen referencias de aprovechamiento y no una recomendación directa para las muestras estudiadas ya que la caracterización DSC realizada permite establecer relaciones térmicas, pero no sustituyen la evaluación de las propiedades específicas requeridas por cada producto.

Por lo tanto, la información experimental obtenida permite relacionar las 5 familias estudiadas con comportamientos previamente documentados y reconocer cuáles presentan mayor proximidad térmica con los valores de referencia y cuales exhiben una respuesta más variable. Esta relación proporciona un criterio técnico para orientar estudios posteriores de aprovechamiento de los residuos plásticos analizados sin atribuirles una aplicación definitiva únicamente a partir de sus propiedades térmicas.

Resultados General

Tabla 23 Valores de referencia del polímero virgen por familia

Familia	Fusión	Cristalización	Degradación	Vítrea
PET	245°C	174-180°C	425,6 °C	73,8°C
PEAD	128,4°C	70-75°C	448,7°C	-130°C
PVC	210 °C	No definida	285,5–321,5°C	85°C
PP	163,34°C	No definida	440,6 °C	98°C
PS	No definida	No definida	431 °C	93°C

Elaboración propia

Al comparar las propiedades térmicas de la tabla, se observa que el PET presenta la temperatura de fusión más elevada (245 °C), lo que indica que requiere alcanzar mayores temperaturas para iniciar su transformación por fusión en comparación con las demás familias analizadas sin que ello implique necesariamente un mayor consumo energético total, ya que este depende también

de la masa, el calor específico y la entalpía involucrada en cada caso, mientras que el PVC se ablanda a una temperatura sensiblemente menor 210 °C, mientras que el PS no presentó un evento de fusión definido; asimismo, la presencia de cristalización diferencia marcadamente al PET (174-180 °C) y al PEAD (70-75 °C) de la estructura predominantemente amorfa del PVC y el PS, mientras que en la estabilidad frente a la degradación el PEAD alcanza la mayor resistencia (448,7 °C) y el PVC la menor (285,5-321,5 °C), complementado esto con un marcado contraste en la transición vítrea (Tg), donde el PEAD mantiene flexibilidad extrema a temperaturas muy bajas (-130 °C) frente a la rigidez a temperatura ambiente que presentan materiales como el PVC (85 °C) y el PET (73,8 °C), el PP (98 °C) y el PS (93 °C).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La clasificación de los residuos plásticos del cantón Latacunga facilitó la identificación y organización de 25 muestras en cinco familias poliméricas principales: PET, PEAD, PVC, PP y PS. Este proceso se llevó a cabo aplicando los criterios de la norma ISO 11469 y el Código de Identificación de Resinas (RIC), lo que garantizó la trazabilidad de los materiales según su procedencia y la conformación de grupos de ensayo homogéneos para su posterior caracterización térmica mediante DSC.
- Mediante Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), se determinaron los parámetros fundamentales (Onset, Peak, Endset y entalpía) de cada evento térmico. Para la familia PET (n = 5), se obtuvo una temperatura Peak promedio de 250,91 °C y una desviación estándar de 4,84 °C, demostrando alta uniformidad térmica en el lote evaluado. Por el contrario, familias como el PVC y el PS exhibieron una variabilidad significativamente mayor impulsada por eventos térmicos complejos. Dichos resultados ponen de manifiesto la influencia determinante del origen, la formulación y el historial termo-mecánico sobre el comportamiento térmico de los residuos poliméricos.
- Mediante el contraste entre las propiedades térmicas obtenidas y los parámetros de polímeros vírgenes, se evaluó el grado de conservación estructural de las resinas recicladas. El PET destacó por su alta correspondencia térmica con una variación de apenas 0,05 %, mientras que el PEAD reportó una reducción de 9,20 %. Por su parte, el PP mostró una dispersión significativa de 13,96 %. Mientras que el PVC estableció un punto de comparación de 39,86 %. Se omitió la comparación de temperatura de fusión

en el PS dada la ausencia de picos endotérmicos de fusión característicos. Aunque estos resultados confirman la viabilidad de reincorporación de los materiales en la cadena productiva, su selección definitiva para productos finales demanda estudios complementarios de caracterización mecánica, química, reológica y de degradación.

6.2 Recomendaciones

- Se aconseja mantener la separación por familias poliméricas antes de caracterizar los materiales para asegurar la homogeneidad de los lotes. Para estudios futuros, se sugiere ampliar el tamaño de muestra por familia a fin de incrementar la representatividad en el cantón Latacunga y analizar mejor su variabilidad interna.
- Complementar la caracterización por DSC con análisis de TGA y FTIR, priorizando el PVC y el PS debido a la complejidad de sus eventos térmicos. Esto permitirá identificar con mayor precisión fenómenos de degradación, composición química y presencia de aditivos en los residuos.
- Complementar la caracterización por DSC con ensayos mecánicos, reológicos, químicos y de durabilidad. Esto permitirá definir aplicaciones industriales con mayor fundamento técnico, evitando validar el uso final del plástico reciclado únicamente a partir de sus propiedades térmicas.

7. REFERENCIAS

[1] H. H. Kosgahakumbura, I. Kourtchev, S. Charlesworth, D. L. Callahan, y W. P. Gates, «Stability of recycled plastics in an aqueous alkaline cementitious matrix», *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 246, p. 111915, abr. 2026, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2025.111915.

[2] Bogar Johel Romero Rodriguez y Cecilia Parra Ferié, «Vista de Diagnóstico del impacto ambiental de la gestión de residuos sólidos urbanos en el cantón Rocafuerte», *30/09/2025*, ECOCIENCIA, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de ManabíManuel FélixLópez, p. 15, septiembre de 2025.

[3] Toledo, M., *Thermal Analysis Excellence. Hanser Publications.* 2024.

[4] Á. L. Rodríguez, «TRABAJO FIN DE GRADO», p. 63, jul. 2023.

[5] R. E. Molina-Castro y W. J. Gómez-Ronquillo, «Poluição marinha por resíduos plásticos em países do perfil litoral do Pacífico Sul», vol. 6, n.º 5, 2021.

[6] Zaritzky, N. E., «TECNOLOGÍAS DE RECICLADO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS», 2024.

[7] Jiménez, M. A., «Desarrollo de un modelo de economía circular para la industria de plásticos reciclables en el cantón Latacunga», UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, 2023.

[8] Asociación Ecuatoriana de Plásticos., «Fortalecimiento de la cadena de reciclaje de poliestireno y polipropileno.», ASEPLAS, 2023.

[9] R. J. Olmos-Greco, E. Pérez, y L. Calvo, «Sustainable Delamination of Multilayer Plastic Films for Advanced Recycling», 2026.

[10] Petrovi Aleksandra *et al.*, «Comparative Analysis of Virgin and Recycled Thermoplastic Polymer based on Thermochemical Characteristics», *Chem. Eng. Trans.*, vol. 94, pp. 1321-1326, sep. 2022, doi: 10.3303/CET2294220.

[11] I. S. Lase *et al.*, «Material flow analysis and recycling performance of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics», *Waste Manag.*, vol. 153, pp. 249-263, nov. 2022, doi: 10.1016/j.wasman.2022.09.002.

[12] Lerma Valero Jóse R, «Tranformación de Termoplásticos por Inyección», p. 390. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/903082956/Manual-Avanzado-Termoplaticos

[13] H. Z. Castro y M. A. Riera, «Desafío de los polihidroxialcanoatos como solución al problema de los plásticos de un solo uso», 2021, *Unpublished*. doi: 10.13140/RG.2.2.30750.25923.

[14] F. Gallardo y C. Merino, «Los polímeros: una progresión y propuesta didáctica», *Educ. Quím.*, vol. 33, n.º 2, pp. 64-81, abr. 2022, doi: 10.22201/fq.18708404e.2022.2.77220.

[15] O. A. M. Anguiano, A. S. Galindo, R. I. N. Céspedes, F. S. Corral, y A. O. C. Facio, «Polímeros reforzados con fibras naturales para su aplicación en la industria automotriz».

[16] E. F. C. Ramírez, R. G. Núñez, Á. A. M. Fernández, Z. Z. Rodríguez, y G. Rivera, «Elastómeros termoplásticos vulcanizados a base de caucho natural y polipropileno como alternativa a los TPV comerciales», vol. 128, 2024.

[17] I. O. Oladele *et al.*, «Modern Trends in Recycling Waste Thermoplastics and Their Prospective Applications: A Review», *J. Compos. Sci.*, vol. 7, n.º 5, p. 198, may 2023, doi: 10.3390/jcs7050198.

[18] Palmay, P., Medina, C., & Vargas, K., «Pirolisis de plásticos de invernadero para recuperar ceras líquidas útiles para refinación», *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 5, n.º 3, pp. 2463-2476, jun. 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i3.464.

[19] R. Díaz Vega, «El plástico biodegradable en Perú: ¿Una solución o un problema?», *South Sustain.*, pp. e042-e042, 2021, doi: 10.21142/SS-0202-2021-pb004.

[20] C. Y. A. Layme, «Elaboración de Ladrillos Ecológicos a partir de Caucho Reciclado de NFU y Tereftalato de Polietileno (PET)».

[21] K. Ordoñez Agredo, D. F. Coral Coral, J. E. Rodríguez Páez, J. E. Diosa Astaiza, y E. E. Mosquera Vargas, «Pirólisis del tereftalato de polietileno y poliestireno para la síntesis de nanoestructuras de carbono: una revisión bibliométrica», *Rev. UIS Ing.*, vol. 22, n.º 2, abr. 2023, doi: 10.18273/revuin.v22n2-2023003.

[22] L. M. H. Rojas y N. D. M. Hernández, «DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEGRADACIÓN DEL POLICLORURO DE VINILO (PVC) POR BACTERIAS AISLADAS DE UN SUELO EXPUESTO A RESINA DE ESTE MATERIAL.», 2021.

[23] W. A. H. Ávila y S. M. U. Benavides, «Sustitución de agregados gruesos (Arenas), por Policloruro de vinilo (PVC) reciclado para la fabricación de bloques estructurales.».

[24] D. S. P. Carrera, «Co-pirólisis de biomasa lignocelulósica con una mezcla de residuos plásticos de poliestireno (PS) y polipropileno (PP)», vol. 2022.

[25] D. L. Q. Chamorro y R. R. R. Pasquel, «Mejoramiento de las propiedades de mezclas de gasolina con BIO OIL obtenido por Pirolisis de Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS) mediante adición de Nanopartículas de Fe2O3», 2023.

[26] Escobar, M. Á., Caicedo, J. I., Buñay, J. S., & Palacios, D. G., «Determinación de los parámetros de inyección para ladrillos plásticos en polipropileno», *Polo Conoc.*, 2022.

[27] L. Blanco y E. Catarí, «Polímero Termoplástico: Polipropileno», vol. 9, 2023.

[28] O. Martínez, Y. Rodríguez, N. Jaramillo, R. Guevara, y A. Ríos Moreno, «Oxidación de Polietileno de Baja Densidad, Poliestireno Expandido y Plásticos Oxo-Biodegradables por Galleria mellonella», *Rev. Politécnica*, vol. 56, n.º 2, pp. 19-28, nov. 2025, doi: 10.33333/rp.vol56n2.02.

[29] Balseca, O. F., Aquino, S. M., Chela, W. S., & Figueroa, J. D., «Diseño de un prototipo de reactor de pirólisis térmica para la descomposición y aprovechamiento de residuos plásticos fabricados a partir de: PP, PE, Y PS.», *Polo Conoc.*, p. 32, 2021.

[30] N. S. Arias-Solorzano, E. N. Balseca-Vargas, A. B. Urrutia-Vargas, y C. F. Rey-Suquilanda, «Control de desechos plásticos [Plastic waste control]», *Rev. Multidiscip. Perspect. Investig.*, vol. 4, n.º Derecho, pp. 159-165, ago. 2024, doi: 10.62574/rmpi.v4iDerecho.204.

[31] R. P. Gallo, «CARACTERIZACIÓN DE BIOMASA MEDIANTE USO Y APLICACIÓN DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO».

[32] M. D. L. Á. Vargas Hernández, «Análisis por el método de calorimetría diferencial de barrido no isotérmico de la polimerización de alcohol furfurílico catalizada con una arcilla modificada Magnita-H+», *Mater. Av.*, n.º 40, pp. 57-63, feb. 2024, doi: 10.22201/iim.rma.2024.40.32.

[33] M. W. Dr., *Thermal Analysis in Practice Handbook Fundamental Aspects of Thermal Analysis*, vol. 1. 2018.

[34] K.-U. Hess *et al.*, «Glass transition temperatures and crystallization kinetics of a synthetic, anhydrous, amorphous calcium-magnesium carbonate», *Philos. Trans. R. Soc. Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 381, n.º 2258, p. 20220356, oct. 2023, doi: 10.1098/rsta.2022.0356.

[35] H. El Marouazi *et al.*, «Great enhancement of mechanical features in PLA based composites containing aligned few layer graphene (FLG), the effect of FLG loading, size, and dispersion on mechanical and thermal properties», *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 138, n.º 44, p. 51300, nov. 2021, doi: 10.1002/app.51300.

[36] L.-A. Chicos *et al.*, «Fused Filament Fabrication of Short Glass Fiber-Reinforced Polylactic Acid Composites: Infill Density Influence on Mechanical and Thermal Properties», *Polymers*, vol. 14, n.º 22, p. 4988, nov. 2022, doi: 10.3390/polym14224988.

[37] M. Isola, G. Colucci, A. Diana, A. Sin, A. Tonani, y V. Maurino, «Thermal properties and decomposition products of modified cotton fibers by TGA, DSC, and Py–GC/MS», *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 228, p. 110937, oct. 2024, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2024.110937.

[38] Á. L. Rodríguez, «Técnicas de caracterización de materiales plásticos reciclados».

[39] Ortiz, E. D., «Reciclabilidad normativa vigente de los polimeros polipropileno y poliestireno», 2022.

[40] «GUIAFUNCIONARIOSRev2_». Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: https://epagal.gob.ec/wp-content/uploads/2025/07/DEPE-DPE-033-2023.pdf

[41] «pdot», Google Drive. Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1HRHYDVJCZwzNgFxHnA315NAUy13mcXsX

[42] D. B. Cárdenas, I. Á. Plazarte, S. N. Ávila, I. Fernando, y R. Tello, «Consejo Planificación del GAD Municipal del Cantón Latacunga».

[43] P. C. S. Patricio, «DECLARACIÓN DE AUTORÍA».

[44] A. P. Donoso Veliz y V. K. Fonseca Rivas, «"Diseño de estrategias de economía circular para la gestión eficiente de residuos plásticos con la asociación de recicladores del cantón Latacunga"», 2024, Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11647

[45] «ASTM License Agreement | ASTM», ASTM License Agreement | ASTM. Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.astm.org/astm-license-agreement

[46] «ISO 11469:2016», ISO. Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/34/63434.html

[47] «D3418 Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry». Accedido: 11 de agosto de 2026. [En línea]. Disponible en: https://store.astm.org/d3418-21.html

[48] D. Araujo *et al.*, «Polymeric Composite Reinforced with PET Fiber Waste for Application in Civil Construction as a Cladding Element», *Polymers*, vol. 14, n.º 7, p. 1293, mar. 2022, doi: 10.3390/polym14071293.

[49] D. Ferrández, A. Zaragoza-Benzal, P. Carballosa, J. García Calvo, y P. Santos, «Gypsum-Based Composites with Recycled PP/HDPE Pellets for Circular Material Development: A Comprehensive Characterisation», *Materials*, vol. 18, n.º 17, p. 4037, ago. 2025, doi: 10.3390/ma18174037.

[50] C. Suksiripattanapong, T. Phetprapai, W. Singsang, C. Phetchuay, J. Thumrongvut, y W. Tabyang, «Utilization of Recycled Plastic Waste in Fiber Reinforced Concrete for Eco-Friendly Footpath and Pavement Applications», *Sustainability*, vol. 14, n.º 11, p. 6839, jun. 2022, doi: 10.3390/su14116839.

[51] J. C. Capricho, K. Prasad, N. Hameed, M. Nikzad, y N. Salim, «Upcycling Polystyrene», *Polymers*, vol. 14, n.º 22, p. 5010, nov. 2022, doi: 10.3390/polym14225010.

ANEXOS

Calibration: #DSC5154_H559B 11.12.2025 13:22

Cell Temperature
Heat Flow

Gas: Air, Sample Holder: Aluminum Standard 40ul

CS	Type	True Val.	10.00 K/min	+/-	Curve
H2O (0.0 °C, 334.50 J/g)	Tc [°C]	0.00	0.03	0.5	DSC3: Calibrate TabVal H2O Index_B_ID5154, 11.12.2025 14:40:00
H2O (0.0 °C, 334.50 J/g)	Delta H [J/g]	334.50	332.04	16.7	DSC3: Calibrate TabVal H2O Index_B_ID5154, 11.12.2025 14:40:00
In (156.6 °C, 28.70 J/g)	Tc [°C]	156.60	156.39	0.3	DSC3: Calibrate TabVal In Index_B_ID5154, 11.12.2025 16:11:29
In (156.6 °C, 28.70 J/g)	Delta H [J/g]	28.70	28.89	1.0	DSC3: Calibrate TabVal In Index_B_ID5154, 11.12.2025 16:11:29

Module : DSC 3 /500/5154, 09.12.2025 14:20:46
Type : DSC 3 /500
Identification : 5154
Cooling Option : IntraCooler -35°c
Options
Sample Robot not connected
Gas Configuration
Gas Controller: GC 402
Method Gas
M1: Air, switched
M2: -
User-Controlled Gas
Cell Gas: N2

Standby Temperature : 25 °C
Power Save Timeout : 30 min
Display Data Interval: 5 s
Communication :
IP address : 172.24.249.32
TCP port no. : 10001

Main Sensor:
CERAMIC:FRS5, FRS5+ HIGH
E Indium : 25.22e+03
E Relative :

a	b	c	[°C]
0.527947	0.00384782	6.30881e-06	-72.0
0.501868	0.00311917	1.21945e-06	84.0
0.474931	0.00376137	-2.60814e-06	800.0

S(T): 560.00e+03 + 0.00*T + 0.00*T^2 1/K

Cell Temperature:

Calibration: #DSC5154_H559B 11.12.2025 13:22

Pt100
R(T) : 100.0374 + 0.3917*T - 58.0200e-06*T^2 Ohm
date : 11.12.2025 16:22:22

Model for
Sample Holder Aluminum Standard 40ul
Gas Air
Gas Factor : 1
Pan Factor : 1
Tau Lag Factor: 1
Tau Lag : 2.6604 + 19.4491e-03*T + 0.0000*T^2 s
date : 11.12.2025 13:58:06
E Indium : 26.5257e+03 1/mW
dE relative : 0.0000 + 0.0000*T + 0.0000*T^2
date : 11.12.2025 16:22:22

Cell Temperature
Cell Tau Lag
Heat Flow

Gas: Air, Sample Holder: Aluminum Standard 40ul

CS	Type	True Val.	2.00		5.00		10.00		
			K/min	+/-	K/min	+/-	K/min	+/-	
			Curve						
In (156.6 °C, 28.70 J/g)	Tc [°C]	156.60	157.16	0.5	157.28	0.3	157.45	0.3	
			DSC3: Adjust TabVal In Index_B_ID5154, 10.12.2025 09:52:23						
In (156.6 °C, 28.70 J/g)	Delta H [J/g]	28.70	30.23	1.8	30.24	1.1	30.11	1.0	
			DSC3: Adjust TabVal In Index_B_ID5154, 10.12.2025 09:52:23						
H2O (0.0 °C, 334.50 J/g)	Tc [°C]	0.00	0.07	0.9	0.02	0.5	-0.04	0.5	
			DSC3: Adjust TabVal H2O Index_B_ID5154, 11.12.2025 11:48:54						

Module : DSC 3 /500/5154, 09.12.2025 14:20:46
Type : DSC 3 /500
Identification : 5154
Cooling Option : IntraCooler -35°C
Options
Sample Robot not connected
Gas Configuration
Gas Controller: GC 402
Method Gas
M1: Air, switched
M2: -
User-Controlled Gas
Cell Gas: N2

Standby Temperature : 25 °C
Power Save Timeout : 30 min
Display Data Interval: 5 s
Communication :
IP address : 172.24.249.32
TCP port no. : 10001

Main Sensor:
CERAMIC:FRS5, FRS5+ HIGH
E Indium : 25.22e+03
E Relative :

a	b	c	[°C]
0.527947	0.00384782	6.30881e-06	-72.0

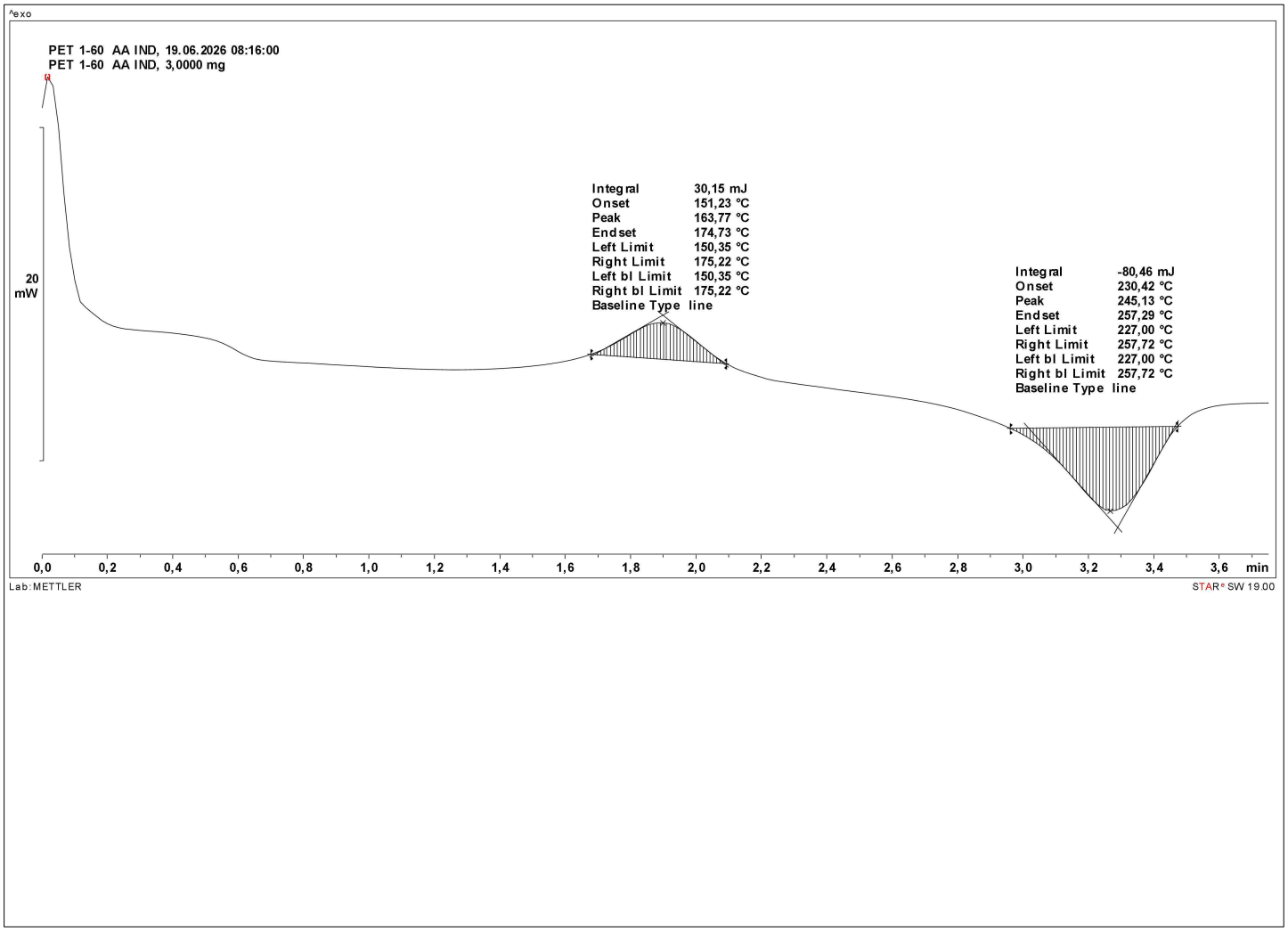
0.501868 0.00311917 1.21945e-06 84.0
0.474931 0.00376137 -2.60814e-06 800.0
S(T): 560.00e+03 + 0.00*T + 0.00*T^2 1/K

Cell Temperature:
Pt100
R(T) : 100.0374 + 0.3917*T - 58.0200e-06*T^2 Ohm
date : 11.12.2025 13:58:06

Model for
Sample Holder Aluminum Standard 40ul
Gas Air
Gas Factor : 1
Pan Factor : 1
Tau Lag Factor: 1
Tau Lag : 2.6604 + 19.4491e-03*T + 0.0000*T^2 s
date : 11.12.2025 13:58:06
E Indium : 26.5257e+03 1/mW
dE relative : 0.0000 + 0.0000*T + 0.0000*T^2
date : 11.12.2025 13:58:06

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PET 1-60 AA IND, 19.06.2026 08:16:00

Curve: PET 1-60 AA IND, 19.06.2026 08:16:00

Sample:	PET 1-60 AA IND, 3,0000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET1-60 AA IND
Method:	PET1-60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 50,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PET 1-60 AA IND, 19.06.2026 08:11:00
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 3,75 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	30,15 mJ
Onset	151,23 °C
Peak	163,77 °C
Endset	174,73 °C
Left Limit	150,35 °C
Right Limit	175,22 °C
Left bl Limit	150,35 °C
Right bl Limit	175,22 °C
Baseline Type	line

Integral	-80,46 mJ
Onset	230,42 °C
Peak	245,13 °C
Endset	257,29 °C
Left Limit	227,00 °C
Right Limit	257,72 °C
Left bl Limit	227,00 °C
Right bl Limit	257,72 °C
Baseline Type	line

Texts:

PET 1-60 AA IND, 19.06.2026 08:16:00
PET 1-60 AA IND, 3,0000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	7,4994	50,000
3	3,0	6,3620	53,000
6	6,0	-2,8706	56,000
9	9,0	-4,7477	59,000
12	12,0	-5,4517	62,000
15	15,0	-5,7484	65,000
18	18,0	-5,8490	68,000
21	21,0	-5,9260	71,000
24	24,0	-6,0153	74,000
27	27,0	-6,1361	77,000
30	30,0	-6,3067	80,000
33	33,0	-6,6026	83,000
36	36,0	-7,1234	86,000
39	39,0	-7,5536	89,000
42	42,0	-7,6904	92,000
45	45,0	-7,7522	95,000
48	48,0	-7,8013	98,000
51	51,0	-7,8584	101,000
54	54,0	-7,9197	104,000
57	57,0	-7,9730	107,000
60	60,0	-8,0295	110,000
63	63,0	-8,0841	113,000
66	66,0	-8,1293	116,000

Evaluation: Signed

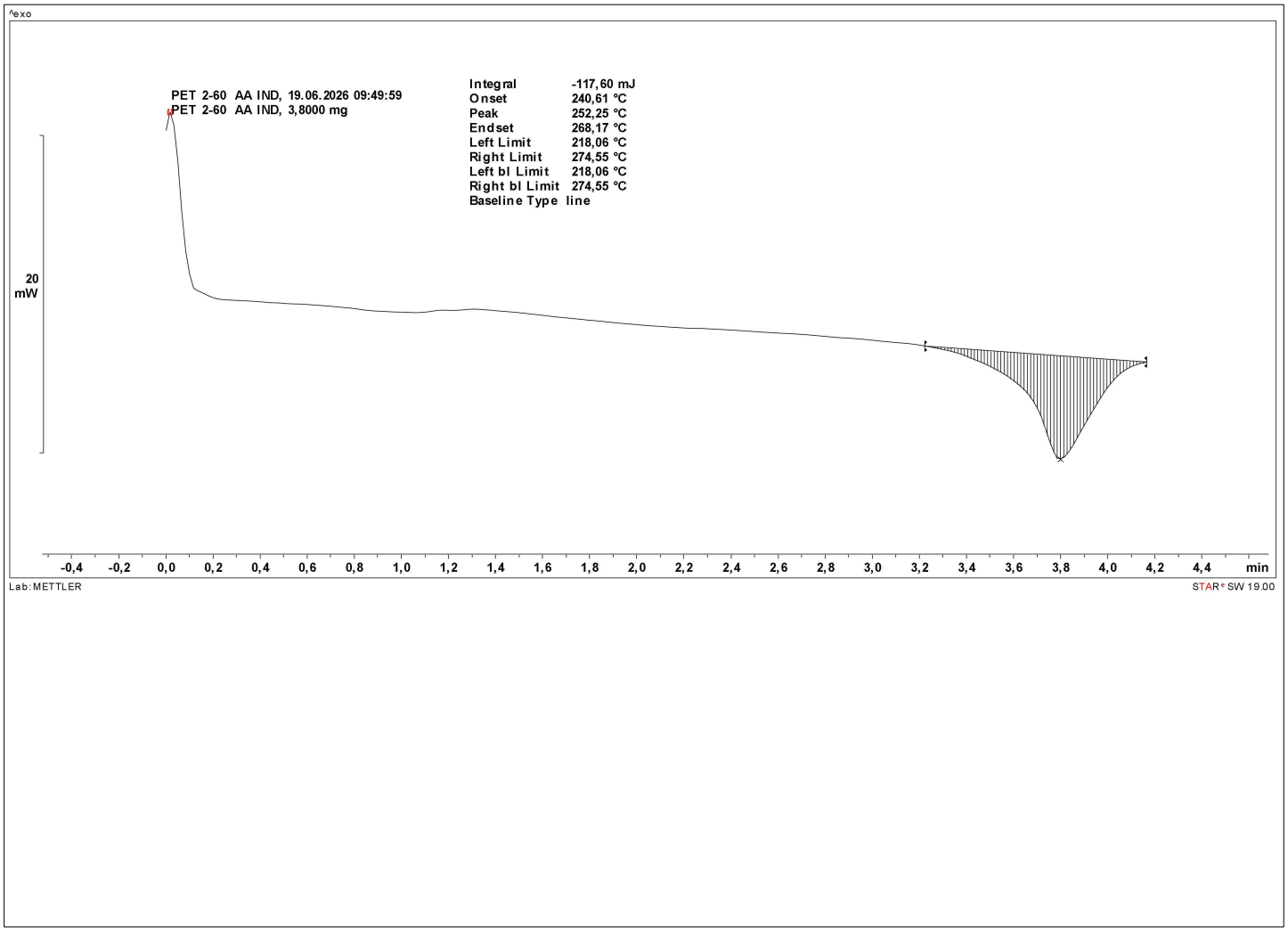
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
69	69,0	-8,1657	119,000
72	72,0	-8,1942	122,000
75	75,0	-8,2121	125,000
78	78,0	-8,2073	128,000
81	81,0	-8,1812	131,000
84	84,0	-8,1378	134,000
87	87,0	-8,0795	137,000
90	90,0	-7,9879	140,000
93	93,0	-7,8645	143,000
96	96,0	-7,6979	146,000
99	99,0	-7,4626	149,000
102	102,0	-7,1186	152,000
105	105,0	-6,6493	155,000
108	108,0	-6,0718	158,000
111	111,0	-5,5428	161,000
114	114,0	-5,3977	164,000
117	117,0	-5,7695	167,000
120	120,0	-6,5055	170,000
123	123,0	-7,3004	173,000
126	126,0	-7,9271	176,000
129	129,0	-8,3561	179,000
132	132,0	-8,6629	182,000
135	135,0	-8,8951	185,000
138	138,0	-9,0392	188,000
141	141,0	-9,1721	191,000
144	144,0	-9,3049	194,000
147	147,0	-9,4422	197,000
150	150,0	-9,5653	200,000
153	153,0	-9,6951	203,000
156	156,0	-9,8321	206,000
159	159,0	-9,9809	209,000
162	162,0	-10,1525	212,000
165	165,0	-10,3564	215,000
168	168,0	-10,6017	218,000
171	171,0	-10,9088	221,000
174	174,0	-11,2469	224,000
177	177,0	-11,6357	227,000
180	180,0	-12,1167	230,000
183	183,0	-12,7435	233,000
186	186,0	-13,5892	236,000
189	189,0	-14,6389	239,000
192	192,0	-15,7739	242,000
195	195,0	-16,6077	245,000
198	198,0	-16,5109	248,000
201	201,0	-15,5142	251,000
204	204,0	-13,8511	254,000
207	207,0	-12,1386	257,000
210	210,0	-11,0986	260,000
213	213,0	-10,5810	263,000
216	216,0	-10,3515	266,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
219	219,0	-10,2537	269,000
222	222,0	-10,2207	272,000
225	225,0	-10,2067	275,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PET 2-60 AA IND, 19.06.2026 09:49:59

Curve: PET 2-60 AA IND, 19.06.2026 09:49:59

Sample:	PET 2-60 AA IND, 3,8000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET2-60 AA IND
Method:	PET2-60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PET 2-60 AA IND, 19.06.2026 09:44:16
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 4,17 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-117,60 mJ
Onset	240,61 °C
Peak	252,25 °C
Endset	268,17 °C
Left Limit	218,06 °C
Right Limit	274,55 °C
Left bl Limit	218,06 °C
Right bl Limit	274,55 °C
Baseline Type	line

Texts:

PET 2-60 AA IND, 19.06.2026 09:49:59
PET 2-60 AA IND, 3,8000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	6,5319	25,000
3	3,0	4,5529	28,000
6	6,0	-2,5361	31,000
9	9,0	-3,6744	34,000
12	12,0	-4,0102	37,000
15	15,0	-4,1457	40,000
18	18,0	-4,1809	43,000
21	21,0	-4,2168	46,000
24	24,0	-4,2682	49,000
27	27,0	-4,3283	52,000
30	30,0	-4,3653	55,000
33	33,0	-4,4027	58,000
36	36,0	-4,4383	61,000
39	39,0	-4,4927	64,000
42	42,0	-4,5537	67,000
45	45,0	-4,6201	70,000
48	48,0	-4,6977	73,000
51	51,0	-4,8003	76,000
54	54,0	-4,8595	79,000
57	57,0	-4,8963	82,000
60	60,0	-4,9189	85,000
63	63,0	-4,9512	88,000
66	66,0	-4,9188	91,000
69	69,0	-4,8182	94,000
72	72,0	-4,8064	97,000
75	75,0	-4,7924	100,000
78	78,0	-4,7334	103,000
81	81,0	-4,7633	106,000
84	84,0	-4,8314	109,000
87	87,0	-4,8887	112,000
90	90,0	-4,9570	115,000

Evaluation: Signed

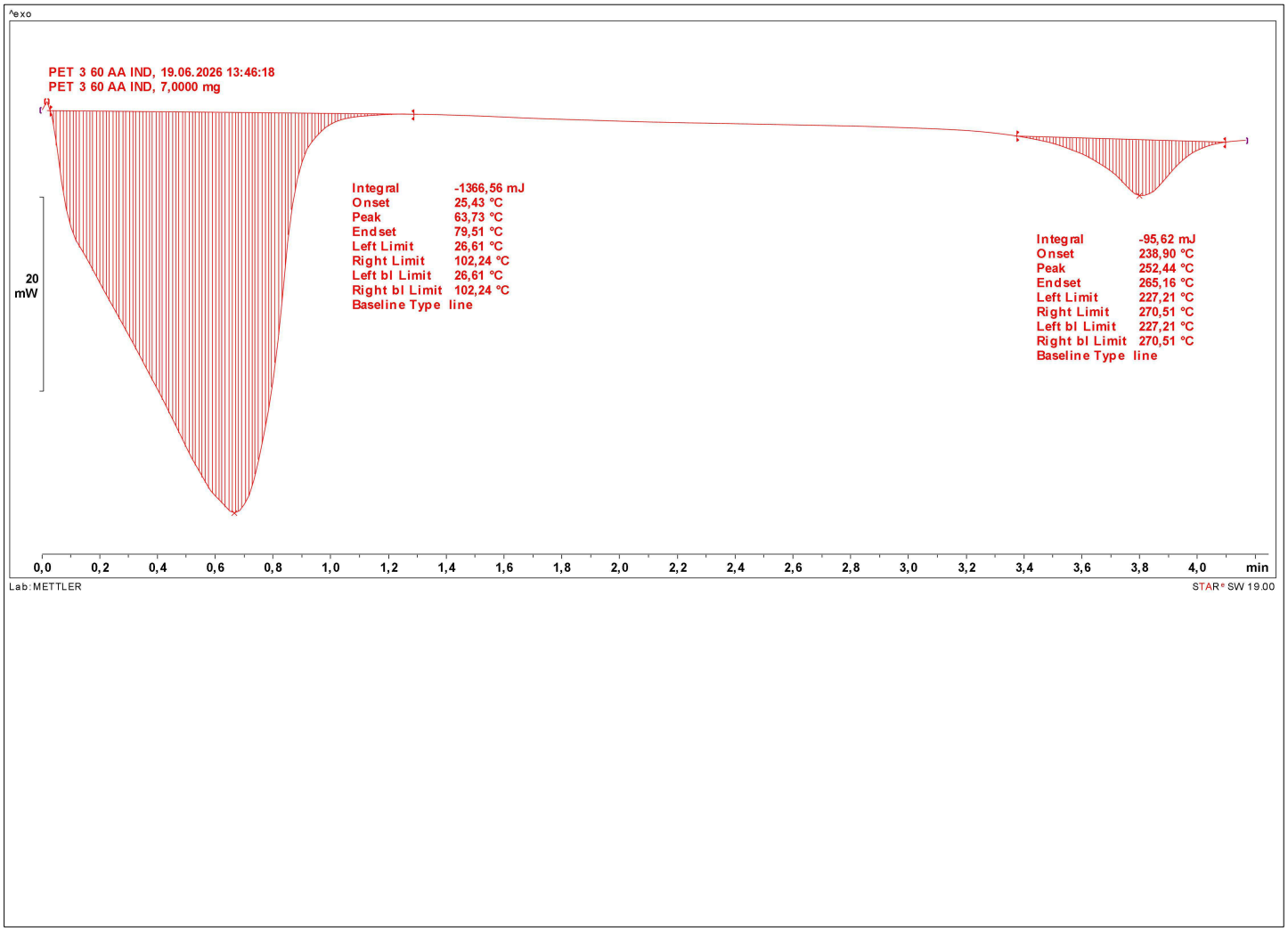
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
93	93,0	-5,0377	118,000
96	96,0	-5,1217	121,000
99	99,0	-5,2089	124,000
102	102,0	-5,2828	127,000
105	105,0	-5,3553	130,000
108	108,0	-5,4313	133,000
111	111,0	-5,4969	136,000
114	114,0	-5,5760	139,000
117	117,0	-5,6455	142,000
120	120,0	-5,7111	145,000
123	123,0	-5,7736	148,000
126	126,0	-5,8234	151,000
129	129,0	-5,8730	154,000
132	132,0	-5,9175	157,000
135	135,0	-5,9370	160,000
138	138,0	-5,9665	163,000
141	141,0	-6,0059	166,000
144	144,0	-6,0478	169,000
147	147,0	-6,0932	172,000
150	150,0	-6,1458	175,000
153	153,0	-6,1962	178,000
156	156,0	-6,2397	181,000
159	159,0	-6,2769	184,000
162	162,0	-6,3228	187,000
165	165,0	-6,3830	190,000
168	168,0	-6,4499	193,000
171	171,0	-6,5143	196,000
174	174,0	-6,5628	199,000
177	177,0	-6,6193	202,000
180	180,0	-6,6878	205,000
183	183,0	-6,7680	208,000
186	186,0	-6,8370	211,000
189	189,0	-6,8978	214,000
192	192,0	-6,9985	217,000
195	195,0	-7,1212	220,000
198	198,0	-7,2744	223,000
201	201,0	-7,4504	226,000
204	204,0	-7,7042	229,000
207	207,0	-8,0093	232,000
210	210,0	-8,3379	235,000
213	213,0	-8,7420	238,000
216	216,0	-9,2413	241,000
219	219,0	-9,8856	244,000
222	222,0	-10,9580	247,000
225	225,0	-12,9508	250,000
228	228,0	-14,1696	253,000
231	231,0	-13,3528	256,000
234	234,0	-12,0404	259,000
237	237,0	-10,7801	262,000
240	240,0	-9,6388	265,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
243	243,0	-8,8154	268,000
246	246,0	-8,3511	271,000
249	249,0	-8,1134	274,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PET 3 60 AA IND, 19.06.2026 13:46:18

Curve: PET 3 60 AA IND, 19.06.2026 13:46:18

Sample:	PET 3 60 AA IND, 7,0000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET 3 60 AA IND
Method:	PET 3 60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PET 3 60 AA IND, 19.06.2026 13:32:52
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 4,17 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-95,62 mJ
Onset	238,90 °C
Peak	252,44 °C
Endset	265,16 °C
Left Limit	227,21 °C
Right Limit	270,51 °C
Left bl Limit	227,21 °C
Right bl Limit	270,51 °C
Baseline Type	line

Integral	-1366,56 mJ
Onset	25,43 °C
Peak	63,73 °C
Endset	79,51 °C
Left Limit	26,61 °C
Right Limit	102,24 °C
Left bl Limit	26,61 °C
Right bl Limit	102,24 °C
Baseline Type	line

Texts:

PET 3 60 AA IND, 19.06.2026 13:46:18
PET 3 60 AA IND, 7,0000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	-1,8351	25,000
3	3,0	-5,3632	28,000
6	6,0	-13,9067	31,000
9	9,0	-16,8728	34,000
12	12,0	-19,6308	37,000
15	15,0	-22,3224	40,000
18	18,0	-25,0097	43,000
21	21,0	-27,7897	46,000
24	24,0	-30,5882	49,000
27	27,0	-33,5334	52,000
30	30,0	-36,5587	55,000
33	33,0	-39,2673	58,000
36	36,0	-41,5289	61,000
39	39,0	-43,0696	64,000
42	42,0	-42,3614	67,000
45	45,0	-37,7576	70,000
48	48,0	-29,5065	73,000
51	51,0	-15,3987	76,000
54	54,0	-7,1825	79,000
57	57,0	-4,5370	82,000
60	60,0	-3,2826	85,000
63	63,0	-2,7253	88,000
66	66,0	-2,4970	91,000

Evaluation: Signed

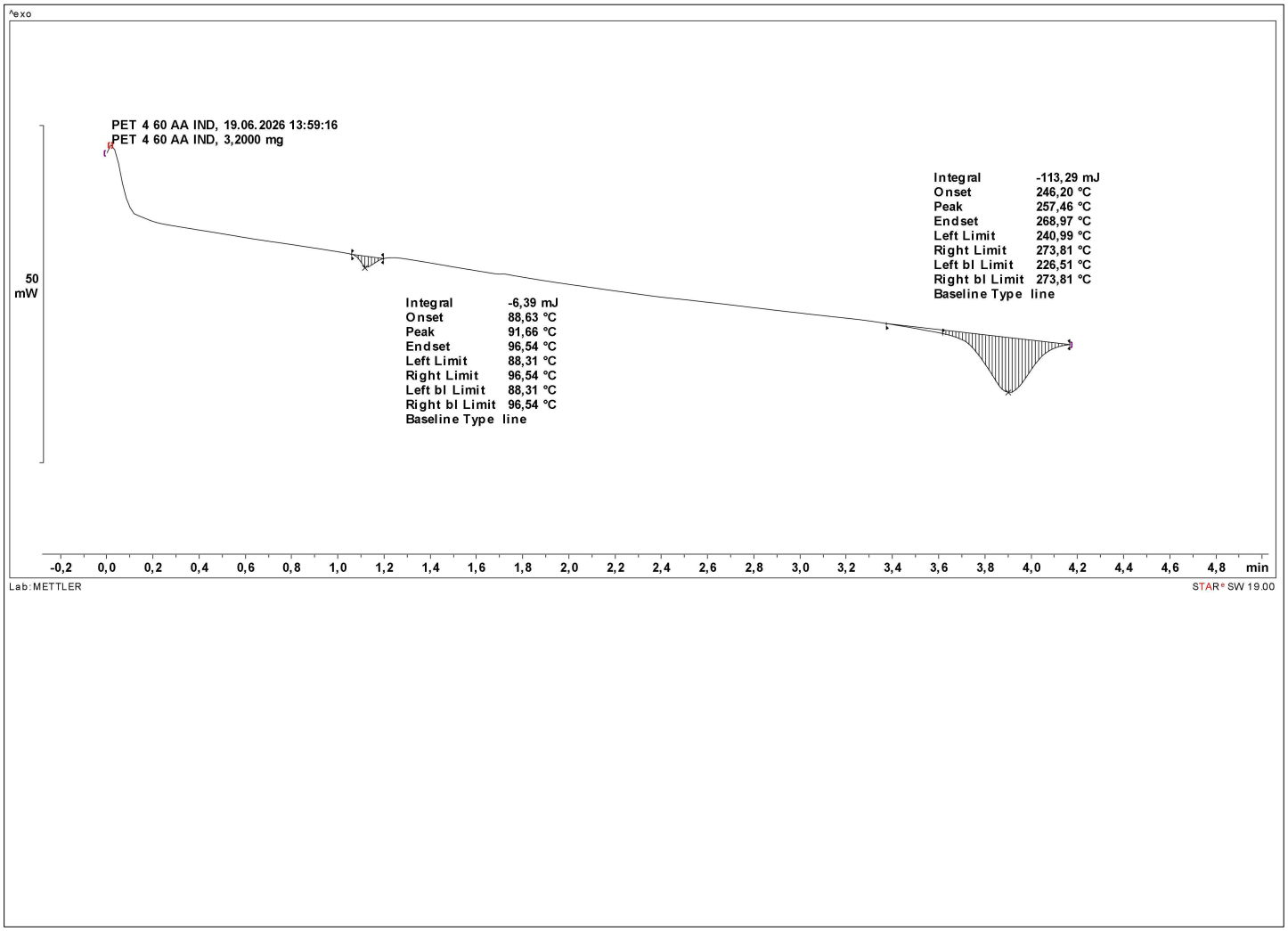
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
69	69,0	-2,3810	94,000
72	72,0	-2,2960	97,000
75	75,0	-2,2608	100,000
78	78,0	-2,2856	103,000
81	81,0	-2,3069	106,000
84	84,0	-2,3511	109,000
87	87,0	-2,3980	112,000
90	90,0	-2,4450	115,000
93	93,0	-2,5071	118,000
96	96,0	-2,5727	121,000
99	99,0	-2,6382	124,000
102	102,0	-2,6995	127,000
105	105,0	-2,7551	130,000
108	108,0	-2,8042	133,000
111	111,0	-2,8505	136,000
114	114,0	-2,8967	139,000
117	117,0	-2,9432	142,000
120	120,0	-2,9898	145,000
123	123,0	-3,0360	148,000
126	126,0	-3,0760	151,000
129	129,0	-3,1077	154,000
132	132,0	-3,1406	157,000
135	135,0	-3,1719	160,000
138	138,0	-3,1979	163,000
141	141,0	-3,2264	166,000
144	144,0	-3,2541	169,000
147	147,0	-3,2817	172,000
150	150,0	-3,3101	175,000
153	153,0	-3,3404	178,000
156	156,0	-3,3708	181,000
159	159,0	-3,4005	184,000
162	162,0	-3,4301	187,000
165	165,0	-3,4608	190,000
168	168,0	-3,4920	193,000
171	171,0	-3,5300	196,000
174	174,0	-3,5760	199,000
177	177,0	-3,6235	202,000
180	180,0	-3,6779	205,000
183	183,0	-3,7358	208,000
186	186,0	-3,7943	211,000
189	189,0	-3,8639	214,000
192	192,0	-3,9528	217,000
195	195,0	-4,0697	220,000
198	198,0	-4,2254	223,000
201	201,0	-4,4129	226,000
204	204,0	-4,6474	229,000
207	207,0	-4,9316	232,000
210	210,0	-5,2783	235,000
213	213,0	-5,7790	238,000
216	216,0	-6,3562	241,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
219	219,0	-7,1600	244,000
222	222,0	-8,1218	247,000
225	225,0	-9,5413	250,000
228	228,0	-10,6264	253,000
231	231,0	-10,1532	256,000
234	234,0	-8,5105	259,000
237	237,0	-6,9614	262,000
240	240,0	-5,9671	265,000
243	243,0	-5,4138	268,000
246	246,0	-5,1328	271,000
249	249,0	-4,9876	274,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PET 4 60 AA IND, 19.06.2026 13:59:16

Curve: PET 4 60 AA IND, 19.06.2026 13:59:16

Sample:	PET 4 60 AA IND, 3,2000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET 4 60 AA IND
Method:	PET 4 60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PET 4 60 AA IND, 19.06.2026 13:54:28
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 4,17 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-113,29 mJ
Onset	246,20 °C
Peak	257,46 °C
Endset	268,97 °C
Left Limit	240,99 °C
Right Limit	273,81 °C
Left bl Limit	226,51 °C
Right bl Limit	273,81 °C
Baseline Type	line

Integral	-6,39 mJ
Onset	88,63 °C
Peak	91,66 °C
Endset	96,54 °C
Left Limit	88,31 °C
Right Limit	96,54 °C
Left bl Limit	88,31 °C
Right bl Limit	96,54 °C
Baseline Type	line

Texts:

PET 4 60 AA IND, 19.06.2026 13:59:16
PET 4 60 AA IND, 3,2000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	6,8711	25,000
3	3,0	5,2857	28,000
6	6,0	-1,2439	31,000
9	9,0	-2,6307	34,000
12	12,0	-3,2984	37,000
15	15,0	-3,7252	40,000
18	18,0	-4,0137	43,000
21	21,0	-4,2945	46,000
24	24,0	-4,5701	49,000
27	27,0	-4,8466	52,000
30	30,0	-5,1256	55,000
33	33,0	-5,4117	58,000
36	36,0	-5,6987	61,000
39	39,0	-5,9747	64,000
42	42,0	-6,2308	67,000
45	45,0	-6,4760	70,000
48	48,0	-6,7298	73,000
51	51,0	-6,9879	76,000
54	54,0	-7,2459	79,000
57	57,0	-7,5185	82,000
60	60,0	-7,7929	85,000
63	63,0	-8,0878	88,000
66	66,0	-9,3465	91,000

Evaluation: Signed

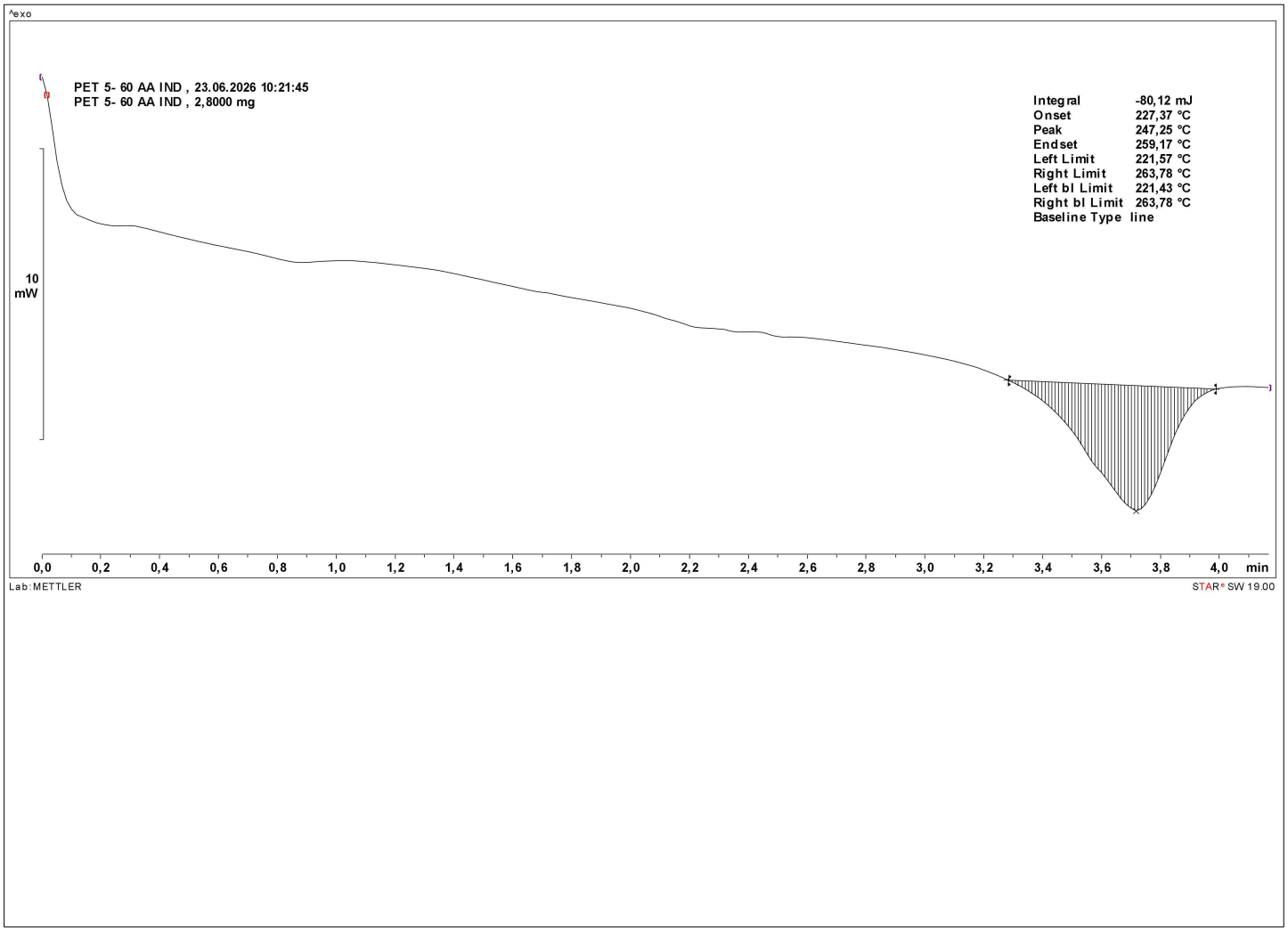
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
69	69,0	-9,6481	94,000
72	72,0	-8,7711	97,000
75	75,0	-8,6732	100,000
78	78,0	-8,8921	103,000
81	81,0	-9,1695	106,000
84	84,0	-9,4503	109,000
87	87,0	-9,7437	112,000
90	90,0	-10,0468	115,000
93	93,0	-10,3287	118,000
96	96,0	-10,6070	121,000
99	99,0	-10,8874	124,000
102	102,0	-11,0941	127,000
105	105,0	-11,2677	130,000
108	108,0	-11,5606	133,000
111	111,0	-11,8445	136,000
114	114,0	-12,1173	139,000
117	117,0	-12,3803	142,000
120	120,0	-12,6284	145,000
123	123,0	-12,8682	148,000
126	126,0	-13,1092	151,000
129	129,0	-13,3590	154,000
132	132,0	-13,6031	157,000
135	135,0	-13,8365	160,000
138	138,0	-14,0752	163,000
141	141,0	-14,3050	166,000
144	144,0	-14,5255	169,000
147	147,0	-14,7115	172,000
150	150,0	-14,8905	175,000
153	153,0	-15,0836	178,000
156	156,0	-15,2835	181,000
159	159,0	-15,4700	184,000
162	162,0	-15,6693	187,000
165	165,0	-15,8754	190,000
168	168,0	-16,0827	193,000
171	171,0	-16,2908	196,000
174	174,0	-16,4928	199,000
177	177,0	-16,6849	202,000
180	180,0	-16,8798	205,000
183	183,0	-17,0756	208,000
186	186,0	-17,2645	211,000
189	189,0	-17,4546	214,000
192	192,0	-17,6422	217,000
195	195,0	-17,8283	220,000
198	198,0	-18,0526	223,000
201	201,0	-18,3103	226,000
204	204,0	-18,5910	229,000
207	207,0	-18,8710	232,000
210	210,0	-19,1675	235,000
213	213,0	-19,4888	238,000
216	216,0	-19,7970	241,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
219	219,0	-20,1970	244,000
222	222,0	-20,8223	247,000
225	225,0	-22,1693	250,000
228	228,0	-24,4496	253,000
231	231,0	-27,1225	256,000
234	234,0	-28,6286	259,000
237	237,0	-27,6781	262,000
240	240,0	-25,2502	265,000
243	243,0	-23,1335	268,000
246	246,0	-22,0845	271,000
249	249,0	-21,6264	274,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PET 5- 60 AA IND , 23.06.2026 10:21:45

Curve: PET 5- 60 AA IND , 23.06.2026 10:21:45

Sample:	PET 5- 60 AA IND , 2,8000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET 5-60 AA IND
Method:	PET 5-60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PET 5- 60 AA IND , 23.06.2026 10:17:00
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 4,17 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-80,12 mJ
Onset	227,37 °C
Peak	247,25 °C
Endset	259,17 °C
Left Limit	221,57 °C
Right Limit	263,78 °C
Left bl Limit	221,43 °C
Right bl Limit	263,78 °C
Baseline Type	line

Texts:

PET 5- 60 AA IND , 23.06.2026 10:21:45
PET 5- 60 AA IND , 2,8000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,6537	25,000
3	3,0	-2,2288	28,000
6	6,0	-3,9103	31,000
9	9,0	-4,2356	34,000
12	12,0	-4,4125	37,000
15	15,0	-4,4858	40,000
18	18,0	-4,4748	43,000
21	21,0	-4,5615	46,000
24	24,0	-4,6912	49,000
27	27,0	-4,8195	52,000
30	30,0	-4,9410	55,000
33	33,0	-5,0567	58,000
36	36,0	-5,1654	61,000
39	39,0	-5,2666	64,000
42	42,0	-5,3679	67,000
45	45,0	-5,4855	70,000
48	48,0	-5,6133	73,000
51	51,0	-5,7205	76,000
54	54,0	-5,7380	79,000
57	57,0	-5,7018	82,000
60	60,0	-5,6815	85,000
63	63,0	-5,6795	88,000
66	66,0	-5,7165	91,000
69	69,0	-5,7650	94,000
72	72,0	-5,8235	97,000
75	75,0	-5,8837	100,000
78	78,0	-5,9479	103,000
81	81,0	-6,0225	106,000
84	84,0	-6,1248	109,000
87	87,0	-6,2354	112,000
90	90,0	-6,3429	115,000

Evaluation: Signed

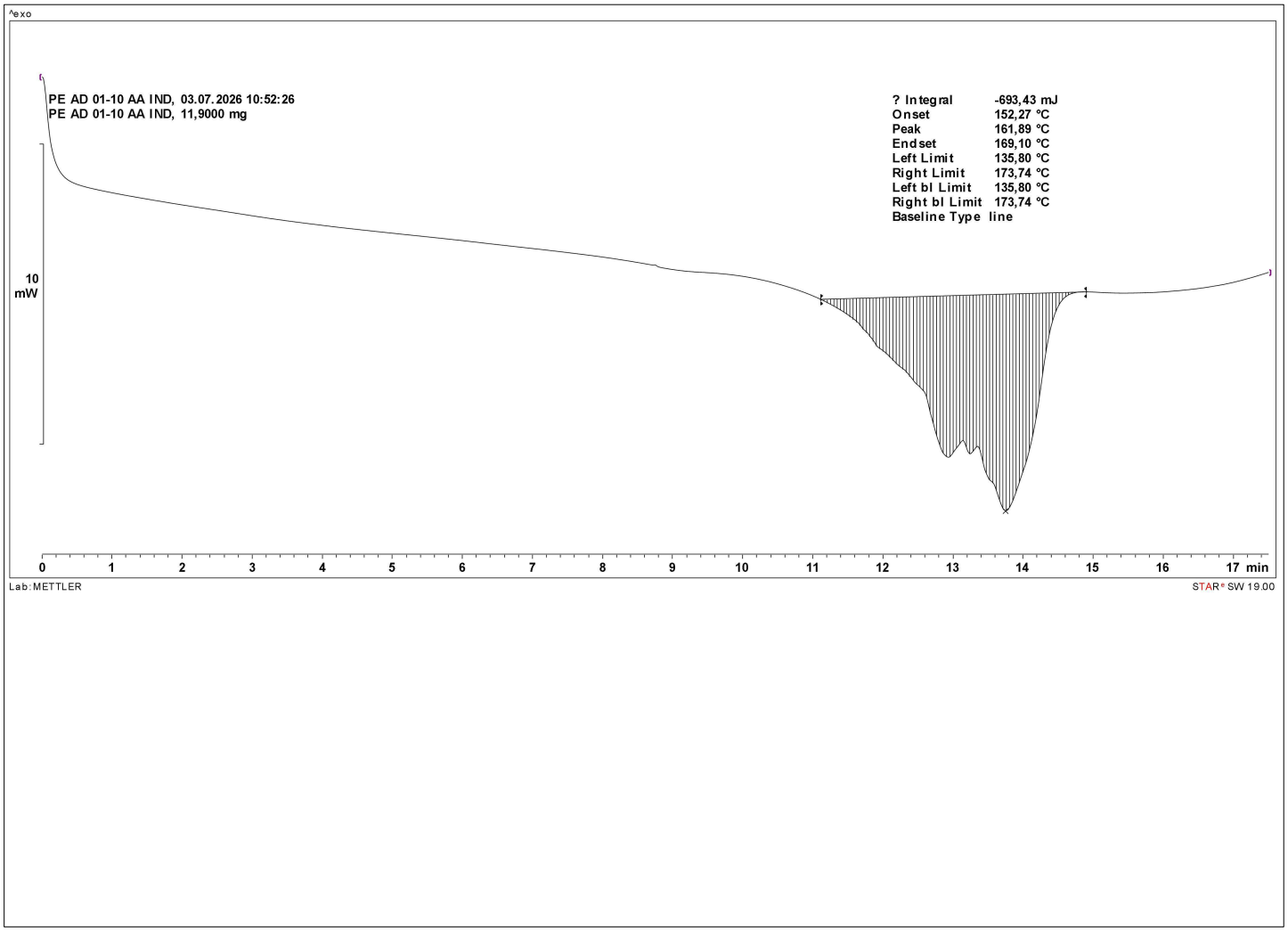
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
93	93,0	-6,4604	118,000
96	96,0	-6,5688	121,000
99	99,0	-6,6811	124,000
102	102,0	-6,7719	127,000
105	105,0	-6,8578	130,000
108	108,0	-6,9531	133,000
111	111,0	-7,0404	136,000
114	114,0	-7,1310	139,000
117	117,0	-7,2247	142,000
120	120,0	-7,3205	145,000
123	123,0	-7,4489	148,000
126	126,0	-7,6028	151,000
129	129,0	-7,7522	154,000
132	132,0	-7,9239	157,000
135	135,0	-7,9971	160,000
138	138,0	-8,0312	163,000
141	141,0	-8,1264	166,000
144	144,0	-8,1314	169,000
147	147,0	-8,1544	172,000
150	150,0	-8,2933	175,000
153	153,0	-8,3064	178,000
156	156,0	-8,3323	181,000
159	159,0	-8,3878	184,000
162	162,0	-8,4548	187,000
165	165,0	-8,5247	190,000
168	168,0	-8,5928	193,000
171	171,0	-8,6590	196,000
174	174,0	-8,7441	199,000
177	177,0	-8,8292	202,000
180	180,0	-8,9243	205,000
183	183,0	-9,0276	208,000
186	186,0	-9,1423	211,000
189	189,0	-9,2809	214,000
192	192,0	-9,4476	217,000
195	195,0	-9,6481	220,000
198	198,0	-9,8802	223,000
201	201,0	-10,1589	226,000
204	204,0	-10,5104	229,000
207	207,0	-10,9641	232,000
210	210,0	-11,5505	235,000
213	213,0	-12,3263	238,000
216	216,0	-12,9832	241,000
219	219,0	-13,6625	244,000
222	222,0	-14,1990	247,000
225	225,0	-14,0518	250,000
228	228,0	-12,9749	253,000
231	231,0	-11,6281	256,000
234	234,0	-10,7194	259,000
237	237,0	-10,2580	262,000
240	240,0	-10,0761	265,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
243	243,0	-10,0216	268,000
246	246,0	-10,0149	271,000
249	249,0	-10,0384	274,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PE AD 01-10 AA IND, 03.07.2026 10:52:26

Curve: PE AD 01-10 AA IND, 03.07.2026 10:52:26

Sample:	PE AD 01-10 AA IND, 11,9000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PE AD 01-10 AA IND
Method:	PE AD 01-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PE AD 01-10 AA IND, 03.07.2026 10:33:32
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-693,43 mJ
Onset	152,27 °C
Peak	161,89 °C
Endset	169,10 °C
Left Limit	135,80 °C
Right Limit	173,74 °C
Left bl Limit	135,80 °C
Right bl Limit	173,74 °C
Baseline Type	line

Texts:

PE AD 01-10 AA IND, 03.07.2026 10:52:26
PE AD 01-10 AA IND, 11,9000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	95,5012e-03	25,000
11	11,0	-2,7100	26,833
22	22,0	-3,3394	28,667
33	33,0	-3,5291	30,500
44	44,0	-3,6408	32,333
55	55,0	-3,7326	34,167
66	66,0	-3,8158	36,000
77	77,0	-3,8941	37,833
88	88,0	-3,9687	39,667
99	99,0	-4,0419	41,500
110	110,0	-4,1143	43,333
121	121,0	-4,1822	45,167
132	132,0	-4,2491	47,000
143	143,0	-4,3144	48,833
154	154,0	-4,3801	50,667
165	165,0	-4,4471	52,500
176	176,0	-4,5139	54,333
187	187,0	-4,5805	56,167
198	198,0	-4,6433	58,000
209	209,0	-4,7027	59,833
220	220,0	-4,7597	61,667
231	231,0	-4,8139	63,500
242	242,0	-4,8669	65,333
253	253,0	-4,9190	67,167
264	264,0	-4,9678	69,000
275	275,0	-5,0150	70,833
286	286,0	-5,0615	72,667
297	297,0	-5,1071	74,500
308	308,0	-5,1520	76,333
319	319,0	-5,1967	78,167
330	330,0	-5,2412	80,000

Evaluation: Signed

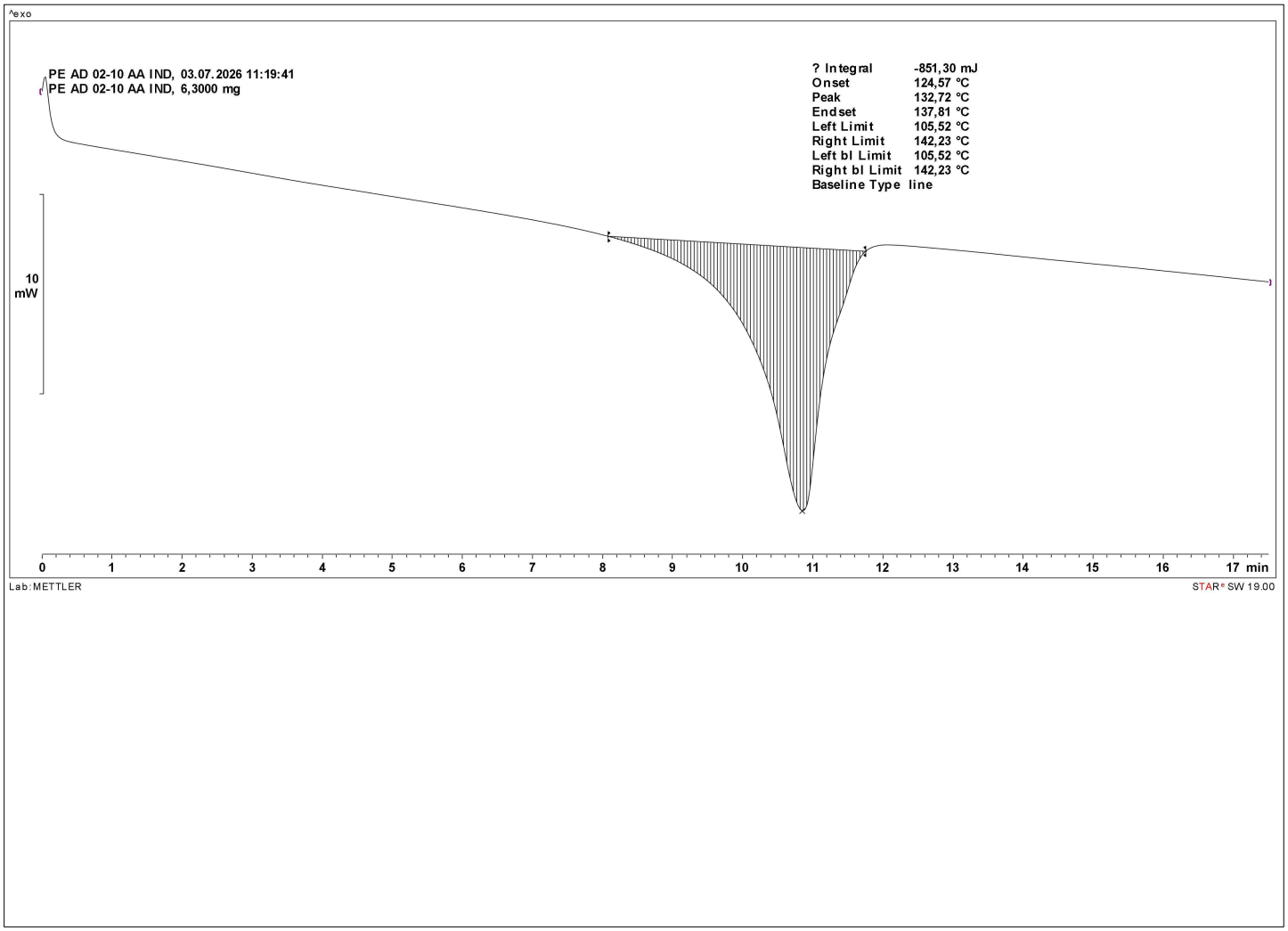
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
341	341,0	-5,2869	81,833
352	352,0	-5,3327	83,667
363	363,0	-5,3793	85,500
374	374,0	-5,4287	87,333
385	385,0	-5,4785	89,167
396	396,0	-5,5266	91,000
407	407,0	-5,5745	92,833
418	418,0	-5,6215	94,667
429	429,0	-5,6692	96,500
440	440,0	-5,7189	98,333
451	451,0	-5,7700	100,167
462	462,0	-5,8231	102,000
473	473,0	-5,8780	103,833
484	484,0	-5,9365	105,667
495	495,0	-6,0015	107,500
506	506,0	-6,0701	109,333
517	517,0	-6,1430	111,167
528	528,0	-6,2451	113,000
539	539,0	-6,3252	114,833
550	550,0	-6,3801	116,667
561	561,0	-6,4152	118,500
572	572,0	-6,4407	120,333
583	583,0	-6,4753	122,167
594	594,0	-6,5240	124,000
605	605,0	-6,5900	125,833
616	616,0	-6,6751	127,667
627	627,0	-6,7788	129,500
638	638,0	-6,9022	131,333
649	649,0	-7,0440	133,167
660	660,0	-7,2102	135,000
671	671,0	-7,4066	136,833
682	682,0	-7,6418	138,667
693	693,0	-7,9237	140,500
704	704,0	-8,3514	142,333
715	715,0	-8,8946	144,167
726	726,0	-9,2459	146,000
737	737,0	-9,6354	147,833
748	748,0	-10,1234	149,667
759	759,0	-10,8673	151,500
770	770,0	-12,3343	153,333
781	781,0	-12,3746	155,167
792	792,0	-12,3395	157,000
803	803,0	-12,3562	158,833
814	814,0	-13,4367	160,667
825	825,0	-14,3728	162,500
836	836,0	-13,5020	164,333
847	847,0	-12,0612	166,167
858	858,0	-9,4406	168,000
869	869,0	-7,6301	169,833
880	880,0	-7,1524	171,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
891	891,0	-7,0730	173,500
902	902,0	-7,0854	175,333
913	913,0	-7,1072	177,167
924	924,0	-7,1172	179,000
935	935,0	-7,1137	180,833
946	946,0	-7,1025	182,667
957	957,0	-7,0829	184,500
968	968,0	-7,0506	186,333
979	979,0	-7,0118	188,167
990	990,0	-6,9629	190,000
1001	1001,0	-6,8994	191,833
1012	1012,0	-6,8247	193,667
1023	1023,0	-6,7288	195,500
1034	1034,0	-6,6148	197,333
1045	1045,0	-6,4869	199,167

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PE AD 02-10 AA IND, 03.07.2026 11:19:41

Curve: PE AD 02-10 AA IND, 03.07.2026 11:19:41

Sample:	PE AD 02-10 AA IND, 6,3000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PE AD 02-10 AA IND
Method:	PE AD 02-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PE AD 02-10 AA IND, 03.07.2026 11:01:16
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-851,30 mJ
Onset	124,57 °C
Peak	132,72 °C
Endset	137,81 °C
Left Limit	105,52 °C
Right Limit	142,23 °C
Left bl Limit	105,52 °C
Right bl Limit	142,23 °C
Baseline Type	line

Texts:

PE AD 02-10 AA IND, 03.07.2026 11:19:41
PE AD 02-10 AA IND, 6,3000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,9098	25,000
11	11,0	-1,1289	26,833
22	22,0	-1,5961	28,667
33	33,0	-1,7307	30,500
44	44,0	-1,8446	32,333
55	55,0	-1,9542	34,167
66	66,0	-2,0620	36,000
77	77,0	-2,1686	37,833
88	88,0	-2,2750	39,667
99	99,0	-2,3829	41,500
110	110,0	-2,4904	43,333
121	121,0	-2,5985	45,167
132	132,0	-2,7080	47,000
143	143,0	-2,8174	48,833
154	154,0	-2,9292	50,667
165	165,0	-3,0432	52,500
176	176,0	-3,1563	54,333
187	187,0	-3,2712	56,167
198	198,0	-3,3856	58,000
209	209,0	-3,4979	59,833
220	220,0	-3,6090	61,667
231	231,0	-3,7160	63,500
242	242,0	-3,8217	65,333
253	253,0	-3,9243	67,167
264	264,0	-4,0275	69,000
275	275,0	-4,1304	70,833
286	286,0	-4,2381	72,667
297	297,0	-4,3417	74,500
308	308,0	-4,4439	76,333
319	319,0	-4,5492	78,167
330	330,0	-4,6526	80,000

Evaluation: Signed

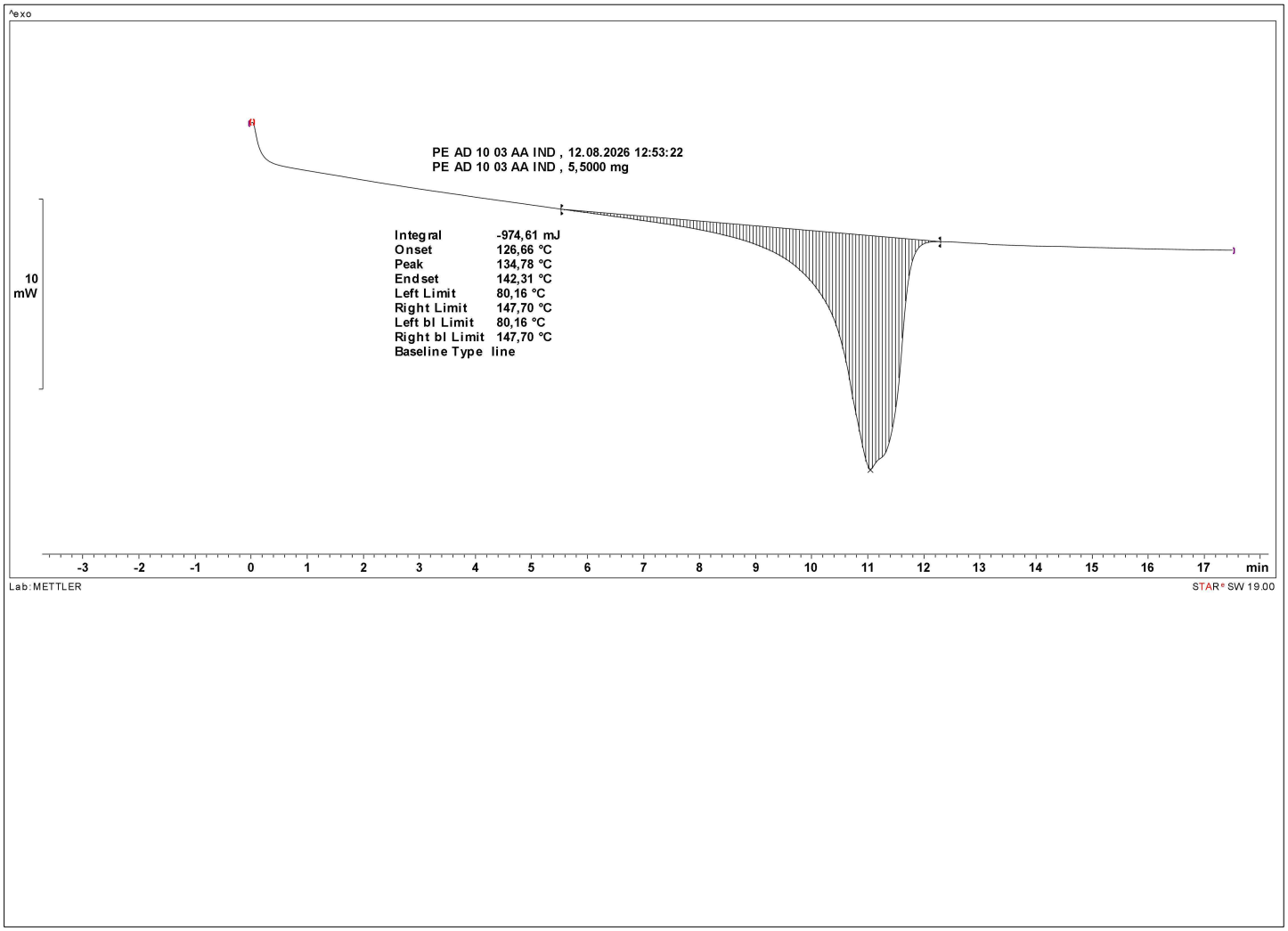
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
341	341,0	-4,7559	81,833
352	352,0	-4,8575	83,667
363	363,0	-4,9650	85,500
374	374,0	-5,0709	87,333
385	385,0	-5,1787	89,167
396	396,0	-5,2878	91,000
407	407,0	-5,4029	92,833
418	418,0	-5,5190	94,667
429	429,0	-5,6401	96,500
440	440,0	-5,7649	98,333
451	451,0	-5,8971	100,167
462	462,0	-6,0388	102,000
473	473,0	-6,1894	103,833
484	484,0	-6,3516	105,667
495	495,0	-6,5291	107,500
506	506,0	-6,7242	109,333
517	517,0	-6,9400	111,167
528	528,0	-7,1840	113,000
539	539,0	-7,4654	114,833
550	550,0	-7,8034	116,667
561	561,0	-8,2134	118,500
572	572,0	-8,7156	120,333
583	583,0	-9,3684	122,167
594	594,0	-10,2055	124,000
605	605,0	-11,3173	125,833
616	616,0	-12,7765	127,667
627	627,0	-14,8100	129,500
638	638,0	-17,8324	131,333
649	649,0	-20,0372	133,167
660	660,0	-17,6765	135,000
671	671,0	-12,7136	136,833
682	682,0	-10,4136	138,667
693	693,0	-8,4446	140,500
704	704,0	-7,1739	142,333
715	715,0	-6,8372	144,167
726	726,0	-6,7961	146,000
737	737,0	-6,8276	147,833
748	748,0	-6,8768	149,667
759	759,0	-6,9320	151,500
770	770,0	-6,9901	153,333
781	781,0	-7,0496	155,167
792	792,0	-7,1103	157,000
803	803,0	-7,1730	158,833
814	814,0	-7,2378	160,667
825	825,0	-7,3037	162,500
836	836,0	-7,3707	164,333
847	847,0	-7,4374	166,167
858	858,0	-7,5031	168,000
869	869,0	-7,5662	169,833
880	880,0	-7,6272	171,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
891	891,0	-7,6893	173,500
902	902,0	-7,7542	175,333
913	913,0	-7,8162	177,167
924	924,0	-7,8809	179,000
935	935,0	-7,9436	180,833
946	946,0	-8,0092	182,667
957	957,0	-8,0760	184,500
968	968,0	-8,1426	186,333
979	979,0	-8,2092	188,167
990	990,0	-8,2772	190,000
1001	1001,0	-8,3445	191,833
1012	1012,0	-8,4133	193,667
1023	1023,0	-8,4820	195,500
1034	1034,0	-8,5499	197,333
1045	1045,0	-8,6178	199,167

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PE AD 10 03 AA IND , 12.08.2026 12:53:22

Curve: PE AD 10 03 AA IND , 12.08.2026 12:53:22

Sample: PE AD 10 03 AA IND , 5,5000 mg

Sample Holder: Aluminum Standard 40ul
Material: Aluminum

Method Name: PE AD 03 10 AA IND

Method: PE AD 03 10 AA IND
Released
dt 1,00 s
[1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min
Synchronization enabled

Released

Experiment: PE AD 10 03 AA IND , 12.08.2026 12:34:02

Comments: -

Gas: Air

Module: DSC3, 30.01.2026 16:30:33

TA Technique: DSC

Categories:

User: METTLER

Adjustment:

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-974,61 mJ
Onset	126,66 °C
Peak	134,78 °C
Endset	142,31 °C
Left Limit	80,16 °C
Right Limit	147,70 °C
Left bl Limit	80,16 °C
Right bl Limit	147,70 °C
Baseline Type	line

Texts:

PE AD 10 03 AA IND , 12.08.2026 12:53:22
PE AD 10 03 AA IND , 5,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	-79,5674e-03	25,000
11	11,0	-1,6670	26,833
22	22,0	-2,1629	28,667
33	33,0	-2,3319	30,500
44	44,0	-2,4405	32,333
55	55,0	-2,5364	34,167
66	66,0	-2,6268	36,000
77	77,0	-2,7165	37,833
88	88,0	-2,8051	39,667
99	99,0	-2,8958	41,500
110	110,0	-2,9893	43,333
121	121,0	-3,0804	45,167
132	132,0	-3,1699	47,000
143	143,0	-3,2576	48,833
154	154,0	-3,3401	50,667
165	165,0	-3,4250	52,500
176	176,0	-3,5076	54,333
187	187,0	-3,5887	56,167
198	198,0	-3,6673	58,000
209	209,0	-3,7450	59,833
220	220,0	-3,8221	61,667
231	231,0	-3,9019	63,500
242	242,0	-3,9820	65,333
253	253,0	-4,0569	67,167
264	264,0	-4,1324	69,000
275	275,0	-4,2065	70,833
286	286,0	-4,2815	72,667
297	297,0	-4,3573	74,500
308	308,0	-4,4323	76,333
319	319,0	-4,5094	78,167
330	330,0	-4,5867	80,000

Evaluation: Signed

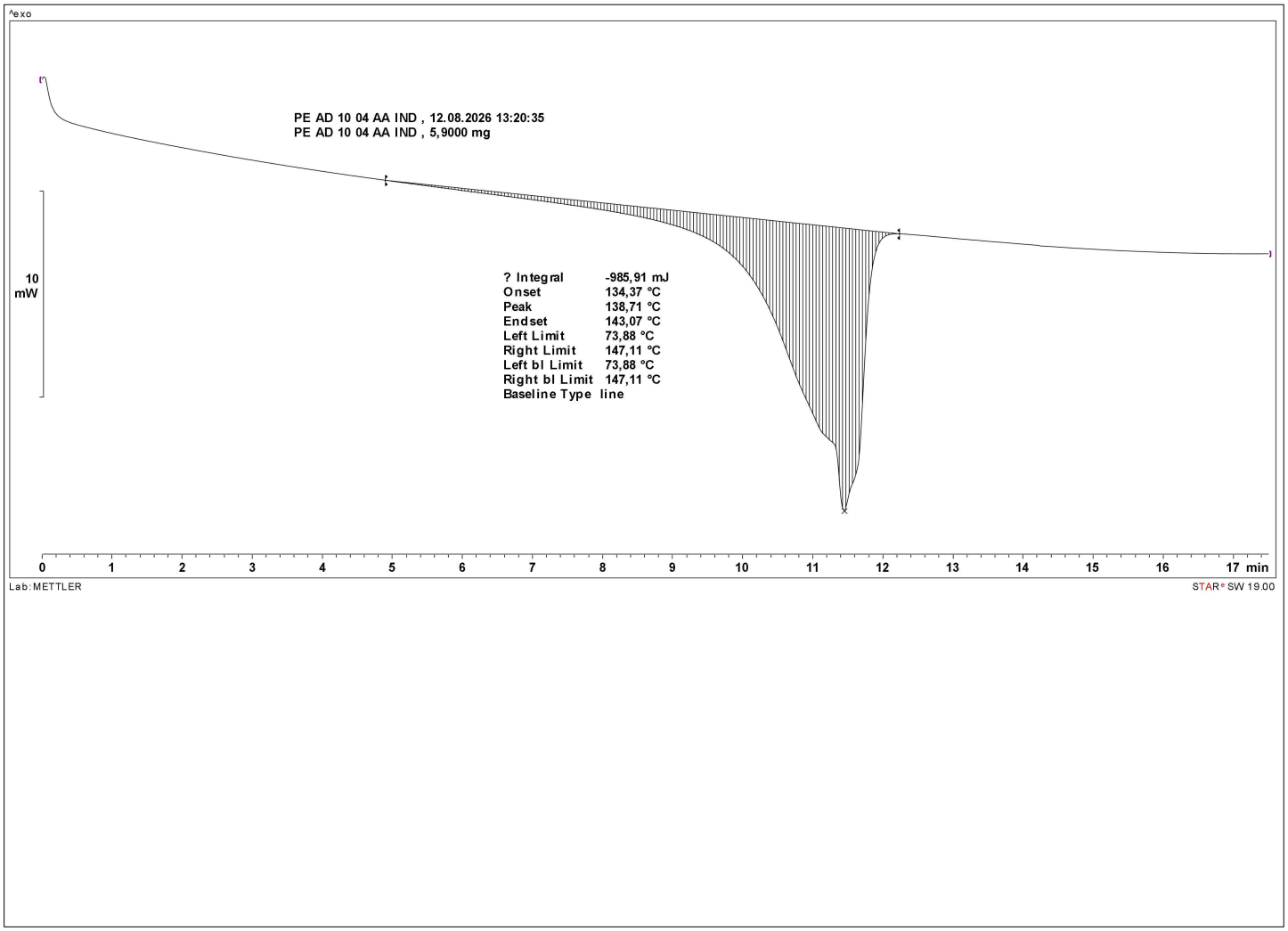
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
341	341,0	-4,6597	81,833
352	352,0	-4,7328	83,667
363	363,0	-4,8026	85,500
374	374,0	-4,8777	87,333
385	385,0	-4,9552	89,167
396	396,0	-5,0292	91,000
407	407,0	-5,1041	92,833
418	418,0	-5,1871	94,667
429	429,0	-5,2630	96,500
440	440,0	-5,3429	98,333
451	451,0	-5,4240	100,167
462	462,0	-5,5146	102,000
473	473,0	-5,6110	103,833
484	484,0	-5,7170	105,667
495	495,0	-5,8292	107,500
506	506,0	-5,9547	109,333
517	517,0	-6,0924	111,167
528	528,0	-6,2466	113,000
539	539,0	-6,4328	114,833
550	550,0	-6,6467	116,667
561	561,0	-6,9017	118,500
572	572,0	-7,2138	120,333
583	583,0	-7,6129	122,167
594	594,0	-8,1125	124,000
605	605,0	-8,7541	125,833
616	616,0	-9,5879	127,667
627	627,0	-10,8378	129,500
638	638,0	-12,9400	131,333
649	649,0	-15,7789	133,167
660	660,0	-18,0914	135,000
671	671,0	-17,7547	136,833
682	682,0	-16,9444	138,667
693	693,0	-13,7030	140,500
704	704,0	-8,1081	142,333
715	715,0	-6,5796	144,167
726	726,0	-6,3288	146,000
737	737,0	-6,3020	147,833
748	748,0	-6,3155	149,667
759	759,0	-6,3451	151,500
770	770,0	-6,3802	153,333
781	781,0	-6,4010	155,167
792	792,0	-6,4542	157,000
803	803,0	-6,4746	158,833
814	814,0	-6,4941	160,667
825	825,0	-6,5109	162,500
836	836,0	-6,5296	164,333
847	847,0	-6,5427	166,167
858	858,0	-6,5499	168,000
869	869,0	-6,5593	169,833
880	880,0	-6,5770	171,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
891	891,0	-6,5988	173,500
902	902,0	-6,6123	175,333
913	913,0	-6,6212	177,167
924	924,0	-6,6341	179,000
935	935,0	-6,6481	180,833
946	946,0	-6,6648	182,667
957	957,0	-6,6789	184,500
968	968,0	-6,6906	186,333
979	979,0	-6,7018	188,167
990	990,0	-6,7125	190,000
1001	1001,0	-6,7224	191,833
1012	1012,0	-6,7309	193,667
1023	1023,0	-6,7362	195,500
1034	1034,0	-6,7415	197,333
1045	1045,0	-6,7473	199,167

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PE AD 10 04 AA IND , 12.08.2026 13:20:35

Curve: PE AD 10 04 AA IND , 12.08.2026 13:20:35

Sample:	PE AD 10 04 AA IND , 5,9000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PE AD 04 10 AA IND
Method:	PE AD 04 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PE AD 10 04 AA IND , 12.08.2026 13:02:33
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-985,91 mJ
Onset	134,37 °C
Peak	138,71 °C
Endset	143,07 °C
Left Limit	73,88 °C
Right Limit	147,11 °C
Left bl Limit	73,88 °C
Right bl Limit	147,11 °C
Baseline Type	line

Texts:

PE AD 10 04 AA IND , 12.08.2026 13:20:35
PE AD 10 04 AA IND , 5,9000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	1,0278	25,000
11	11,0	-0,5674	26,833
22	22,0	-1,0243	28,667
33	33,0	-1,2214	30,500
44	44,0	-1,3804	32,333
55	55,0	-1,5293	34,167
66	66,0	-1,6709	36,000
77	77,0	-1,8048	37,833
88	88,0	-1,9346	39,667
99	99,0	-2,0592	41,500
110	110,0	-2,1813	43,333
121	121,0	-2,2989	45,167
132	132,0	-2,4163	47,000
143	143,0	-2,5314	48,833
154	154,0	-2,6430	50,667
165	165,0	-2,7533	52,500
176	176,0	-2,8601	54,333
187	187,0	-2,9644	56,167
198	198,0	-3,0659	58,000
209	209,0	-3,1658	59,833
220	220,0	-3,2647	61,667
231	231,0	-3,3603	63,500
242	242,0	-3,4547	65,333
253	253,0	-3,5464	67,167
264	264,0	-3,6369	69,000
275	275,0	-3,7255	70,833
286	286,0	-3,8125	72,667
297	297,0	-3,8974	74,500
308	308,0	-3,9820	76,333
319	319,0	-4,0659	78,167
330	330,0	-4,1477	80,000

Evaluation: Signed

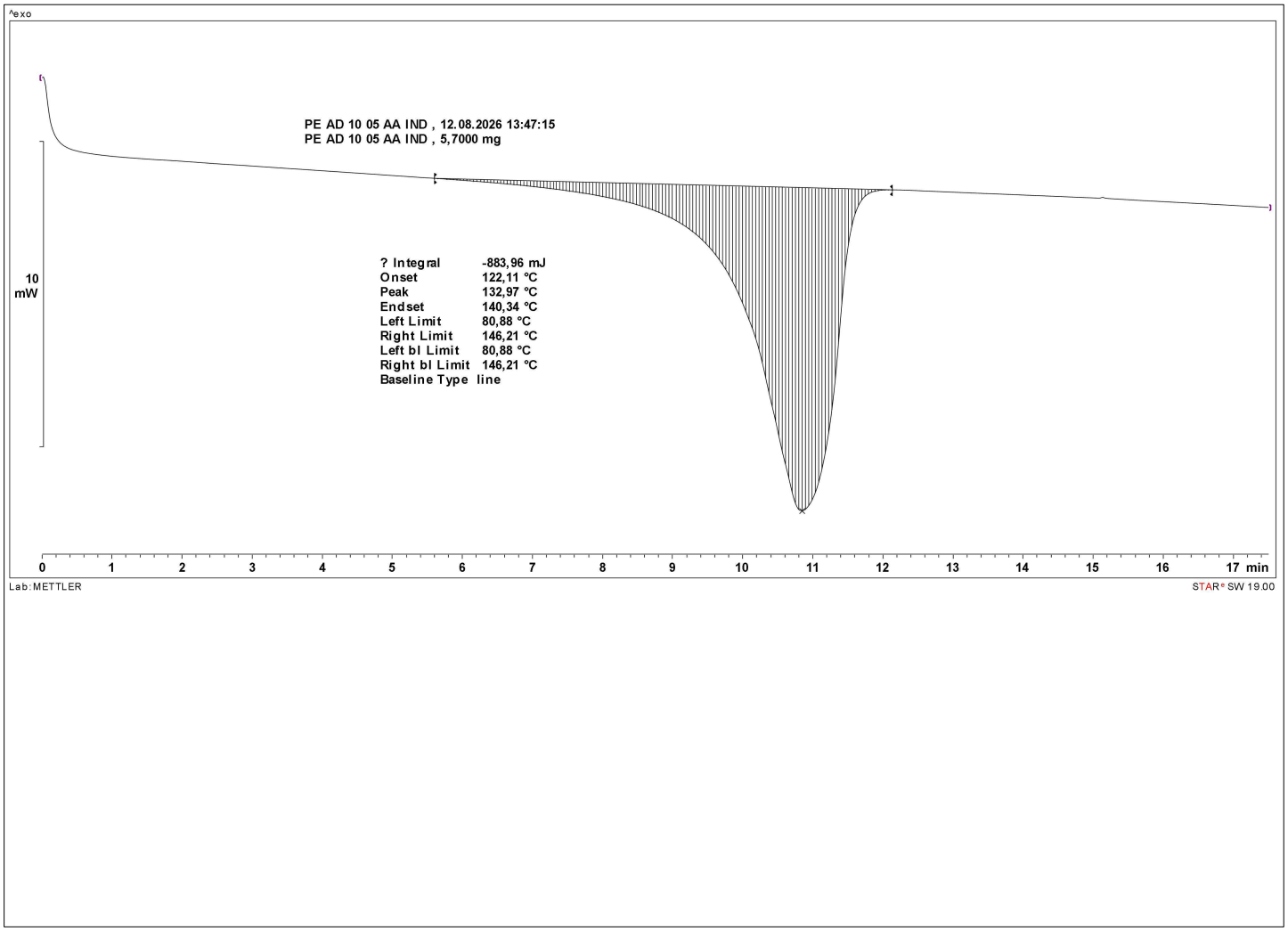
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
341	341,0	-4,2298	81,833
352	352,0	-4,3120	83,667
363	363,0	-4,3967	85,500
374	374,0	-4,4789	87,333
385	385,0	-4,5601	89,167
396	396,0	-4,6416	91,000
407	407,0	-4,7218	92,833
418	418,0	-4,8043	94,667
429	429,0	-4,8883	96,500
440	440,0	-4,9741	98,333
451	451,0	-5,0621	100,167
462	462,0	-5,1536	102,000
473	473,0	-5,2507	103,833
484	484,0	-5,3531	105,667
495	495,0	-5,4613	107,500
506	506,0	-5,5806	109,333
517	517,0	-5,7107	111,167
528	528,0	-5,8595	113,000
539	539,0	-6,0288	114,833
550	550,0	-6,2281	116,667
561	561,0	-6,4717	118,500
572	572,0	-6,7766	120,333
583	583,0	-7,1736	122,167
594	594,0	-7,7078	124,000
605	605,0	-8,4292	125,833
616	616,0	-9,3953	127,667
627	627,0	-10,6679	129,500
638	638,0	-12,2553	131,333
649	649,0	-13,8764	133,167
660	660,0	-15,2440	135,000
671	671,0	-16,3224	136,833
682	682,0	-18,0444	138,667
693	693,0	-18,7305	140,500
704	704,0	-12,8971	142,333
715	715,0	-7,1239	144,167
726	726,0	-6,5081	146,000
737	737,0	-6,4855	147,833
748	748,0	-6,5328	149,667
759	759,0	-6,5864	151,500
770	770,0	-6,6426	153,333
781	781,0	-6,6995	155,167
792	792,0	-6,7529	157,000
803	803,0	-6,8071	158,833
814	814,0	-6,8603	160,667
825	825,0	-6,9113	162,500
836	836,0	-6,9632	164,333
847	847,0	-7,0143	166,167
858	858,0	-7,0776	168,000
869	869,0	-7,1174	169,833
880	880,0	-7,1588	171,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
891	891,0	-7,1970	173,500
902	902,0	-7,2345	175,333
913	913,0	-7,2689	177,167
924	924,0	-7,2997	179,000
935	935,0	-7,3270	180,833
946	946,0	-7,3524	182,667
957	957,0	-7,3748	184,500
968	968,0	-7,3940	186,333
979	979,0	-7,4112	188,167
990	990,0	-7,4253	190,000
1001	1001,0	-7,4371	191,833
1012	1012,0	-7,4473	193,667
1023	1023,0	-7,4494	195,500
1034	1034,0	-7,4505	197,333
1045	1045,0	-7,4496	199,167

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PE AD 10 05 AA IND , 12.08.2026 13:47:15

Curve: PE AD 10 05 AA IND , 12.08.2026 13:47:15

Sample:	PE AD 10 05 AA IND , 5,7000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PE AD 10 05 AA IND
Method:	PE AD 10 05 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PE AD 10 05 AA IND , 12.08.2026 13:29:16
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-883,96 mJ
Onset	122,11 °C
Peak	132,97 °C
Endset	140,34 °C
Left Limit	80,88 °C
Right Limit	146,21 °C
Left bl Limit	80,88 °C
Right bl Limit	146,21 °C
Baseline Type	line

Texts:

PE AD 10 05 AA IND , 12.08.2026 13:47:15
PE AD 10 05 AA IND , 5,7000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,4942	25,000
11	11,0	-1,3942	26,833
22	22,0	-1,8006	28,667
33	33,0	-1,9296	30,500
44	44,0	-2,0014	32,333
55	55,0	-2,0538	34,167
66	66,0	-2,0936	36,000
77	77,0	-2,1283	37,833
88	88,0	-2,1585	39,667
99	99,0	-2,1871	41,500
110	110,0	-2,2110	43,333
121	121,0	-2,2388	45,167
132	132,0	-2,2688	47,000
143	143,0	-2,2993	48,833
154	154,0	-2,3278	50,667
165	165,0	-2,3538	52,500
176	176,0	-2,3805	54,333
187	187,0	-2,4100	56,167
198	198,0	-2,4390	58,000
209	209,0	-2,4668	59,833
220	220,0	-2,4946	61,667
231	231,0	-2,5228	63,500
242	242,0	-2,5507	65,333
253	253,0	-2,5793	67,167
264	264,0	-2,6074	69,000
275	275,0	-2,6357	70,833
286	286,0	-2,6644	72,667
297	297,0	-2,6937	74,500
308	308,0	-2,7228	76,333
319	319,0	-2,7516	78,167
330	330,0	-2,7801	80,000

Evaluation: Signed

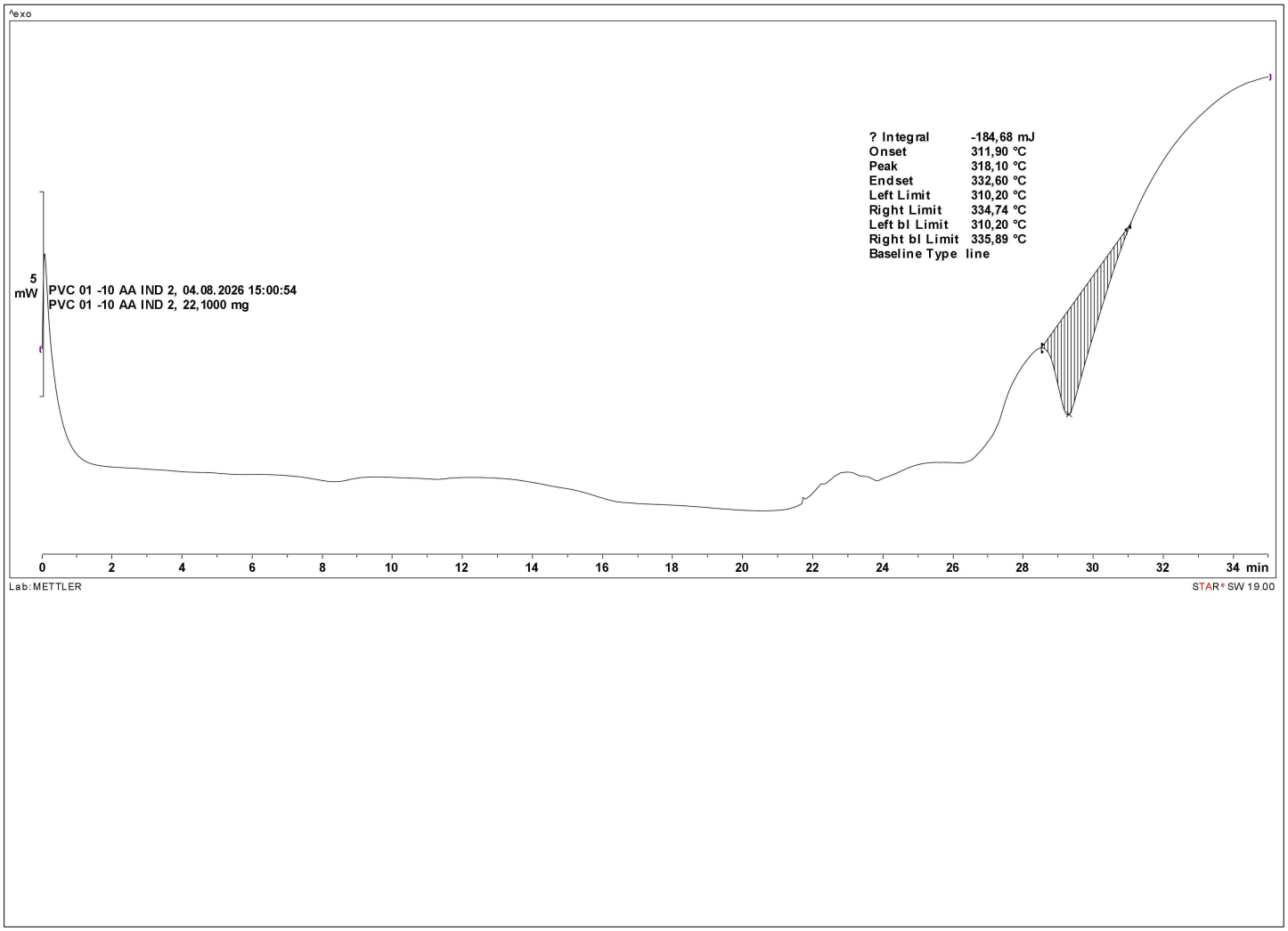
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
341	341,0	-2,8057	81,833
352	352,0	-2,8349	83,667
363	363,0	-2,8662	85,500
374	374,0	-2,8989	87,333
385	385,0	-2,9326	89,167
396	396,0	-2,9697	91,000
407	407,0	-3,0082	92,833
418	418,0	-3,0516	94,667
429	429,0	-3,0983	96,500
440	440,0	-3,1490	98,333
451	451,0	-3,2050	100,167
462	462,0	-3,2672	102,000
473	473,0	-3,3372	103,833
484	484,0	-3,4172	105,667
495	495,0	-3,5099	107,500
506	506,0	-3,6179	109,333
517	517,0	-3,7465	111,167
528	528,0	-3,9028	113,000
539	539,0	-4,0964	114,833
550	550,0	-4,3434	116,667
561	561,0	-4,6602	118,500
572	572,0	-5,0787	120,333
583	583,0	-5,6317	122,167
594	594,0	-6,3882	124,000
605	605,0	-7,3889	125,833
616	616,0	-8,7272	127,667
627	627,0	-10,5617	129,500
638	638,0	-12,3793	131,333
649	649,0	-13,6476	133,167
660	660,0	-13,2446	135,000
671	671,0	-11,6648	136,833
682	682,0	-8,1075	138,667
693	693,0	-4,3956	140,500
704	704,0	-3,3985	142,333
715	715,0	-3,1955	144,167
726	726,0	-3,1686	146,000
737	737,0	-3,1767	147,833
748	748,0	-3,1929	149,667
759	759,0	-3,2118	151,500
770	770,0	-3,2301	153,333
781	781,0	-3,2486	155,167
792	792,0	-3,2656	157,000
803	803,0	-3,2825	158,833
814	814,0	-3,2993	160,667
825	825,0	-3,3156	162,500
836	836,0	-3,3333	164,333
847	847,0	-3,3507	166,167
858	858,0	-3,3669	168,000
869	869,0	-3,3843	169,833
880	880,0	-3,4021	171,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
891	891,0	-3,4192	173,500
902	902,0	-3,4348	175,333
913	913,0	-3,4529	177,167
924	924,0	-3,4793	179,000
935	935,0	-3,5032	180,833
946	946,0	-3,5275	182,667
957	957,0	-3,5503	184,500
968	968,0	-3,5724	186,333
979	979,0	-3,5943	188,167
990	990,0	-3,6166	190,000
1001	1001,0	-3,6388	191,833
1012	1012,0	-3,6614	193,667
1023	1023,0	-3,6855	195,500
1034	1034,0	-3,7107	197,333
1045	1045,0	-3,7349	199,167

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PVC 01 -10 AA IND 2, 04.08.2026 15:00:54

Curve: PVC 01 -10 AA IND 2, 04.08.2026 15:00:54

Sample:	PVC 01 -10 AA IND 2, 22,1000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC01 10 AA IND
Method:	PVC01 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..375,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled
Released	
Experiment:	PVC 01 -10 AA IND 2, 04.08.2026 14:24:42
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 35,00 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-184,68 mJ
Onset	311,90 °C
Peak	318,10 °C
Endset	332,60 °C
Left Limit	310,20 °C
Right Limit	334,74 °C
Left bl Limit	310,20 °C
Right bl Limit	335,89 °C
Baseline Type	line

Texts:

PVC 01 -10 AA IND 2, 04.08.2026 15:00:54
PVC 01 -10 AA IND 2, 22,1000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,5393	25,000
22	22,0	-0,2581	28,667
44	44,0	-1,6505	32,333
66	66,0	-2,1206	36,000
88	88,0	-2,2740	39,667
110	110,0	-2,3261	43,333
132	132,0	-2,3494	47,000
154	154,0	-2,3677	50,667
176	176,0	-2,3863	54,333
198	198,0	-2,4068	58,000
220	220,0	-2,4297	61,667
242	242,0	-2,4566	65,333
264	264,0	-2,4686	69,000
286	286,0	-2,4770	72,667
308	308,0	-2,4994	76,333
330	330,0	-2,5191	80,000
352	352,0	-2,5221	83,667
374	374,0	-2,5208	87,333
396	396,0	-2,5293	91,000
418	418,0	-2,5485	94,667
440	440,0	-2,5777	98,333
462	462,0	-2,6249	102,000
484	484,0	-2,6787	105,667
506	506,0	-2,6966	109,333
528	528,0	-2,6420	113,000
550	550,0	-2,5932	116,667
572	572,0	-2,5819	120,333
594	594,0	-2,5887	124,000
616	616,0	-2,6033	127,667
638	638,0	-2,6123	131,333
660	660,0	-2,6289	135,000

Evaluation: Signed

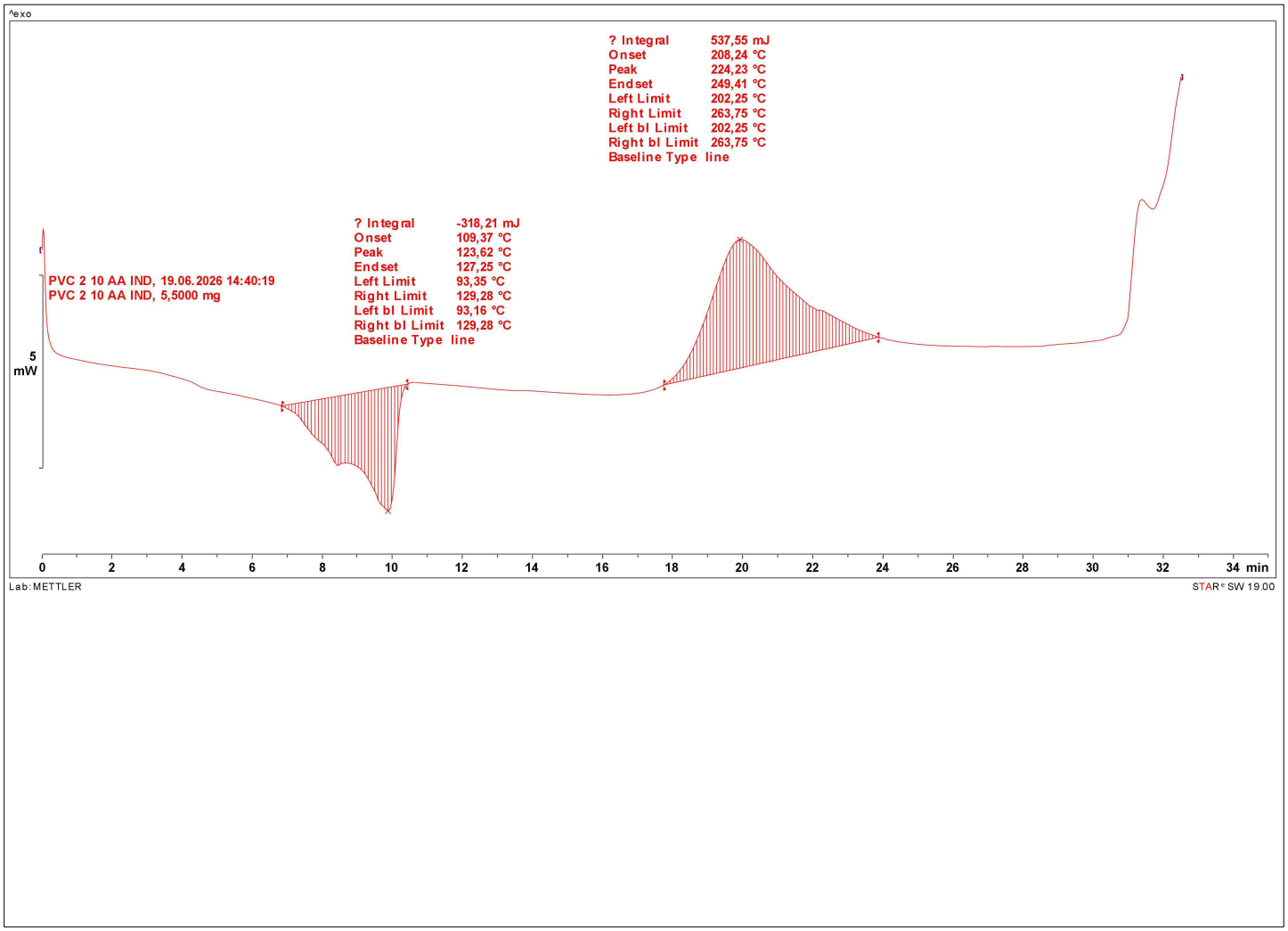
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
682	682,0	-2,6375	138,667
704	704,0	-2,6067	142,333
726	726,0	-2,5958	146,000
748	748,0	-2,5957	149,667
770	770,0	-2,6062	153,333
792	792,0	-2,6253	157,000
814	814,0	-2,6583	160,667
836	836,0	-2,7069	164,333
858	858,0	-2,7644	168,000
880	880,0	-2,8265	171,667
902	902,0	-2,8760	175,333
924	924,0	-2,9471	179,000
946	946,0	-3,0391	182,667
968	968,0	-3,1335	186,333
990	990,0	-3,1997	190,000
1012	1012,0	-3,2237	193,667
1034	1034,0	-3,2436	197,333
1056	1056,0	-3,2554	201,000
1078	1078,0	-3,2715	204,667
1100	1100,0	-3,2886	208,333
1122	1122,0	-3,3112	212,000
1144	1144,0	-3,3378	215,667
1166	1166,0	-3,3644	219,333
1188	1188,0	-3,3867	223,000
1210	1210,0	-3,4030	226,667
1232	1232,0	-3,4085	230,333
1254	1254,0	-3,4030	234,000
1276	1276,0	-3,3690	237,667
1298	1298,0	-3,2610	241,333
1320	1320,0	-2,9723	245,000
1342	1342,0	-2,7396	248,667
1364	1364,0	-2,5066	252,333
1386	1386,0	-2,4728	256,000
1408	1408,0	-2,5654	259,667
1430	1430,0	-2,6747	263,333
1452	1452,0	-2,5537	267,000
1474	1474,0	-2,4176	270,667
1496	1496,0	-2,2969	274,333
1518	1518,0	-2,2364	278,000
1540	1540,0	-2,2278	281,667
1562	1562,0	-2,2321	285,333
1584	1584,0	-2,2081	289,000
1606	1606,0	-1,9618	292,667
1628	1628,0	-1,5474	296,333
1650	1650,0	-0,7074	300,000
1672	1672,0	-20,9743e-03	303,667
1694	1694,0	0,4082	307,333
1716	1716,0	0,5590	311,000
1738	1738,0	-0,2418	314,667
1760	1760,0	-1,0275	318,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1782	1782,0	2,0760e-03	322,000
1804	1804,0	1,0716	325,667
1826	1826,0	2,0890	329,333
1848	1848,0	3,0196	333,000
1870	1870,0	3,8203	336,667
1892	1892,0	4,4800	340,333
1914	1914,0	5,0269	344,000
1936	1936,0	5,4929	347,667
1958	1958,0	5,8829	351,333
1980	1980,0	6,2127	355,000
2002	2002,0	6,4999	358,667
2024	2024,0	6,7442	362,333
2046	2046,0	6,9367	366,000
2068	2068,0	7,0747	369,667
2090	2090,0	7,1713	373,333

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PVC 2 10 AA IND, 19.06.2026 14:40:19

Curve: PVC 2 10 AA IND, 19.06.2026 14:40:19

Sample:	PVC 2 10 AA IND, 5,5000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC 2 10 AA IND
Method:	PVC 2 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..350,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PVC 2 10 AA IND, 19.06.2026 14:05:36
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 32,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	537,55 mJ
Onset	208,24 °C
Peak	224,23 °C
Endset	249,41 °C
Left Limit	202,25 °C
Right Limit	263,75 °C
Left bl Limit	202,25 °C
Right bl Limit	263,75 °C
Baseline Type	line

? Integral	-318,21 mJ
Onset	109,37 °C
Peak	123,62 °C
Endset	127,25 °C
Left Limit	93,35 °C
Right Limit	129,28 °C
Left bl Limit	93,16 °C
Right bl Limit	129,28 °C
Baseline Type	line

Texts:

PVC 2 10 AA IND, 19.06.2026 14:40:19
PVC 2 10 AA IND, 5,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	1,0741	25,000
20	20,0	-1,5504	28,333
40	40,0	-1,7146	31,667
60	60,0	-1,7844	35,000
80	80,0	-1,8474	38,333
100	100,0	-1,9006	41,667
120	120,0	-1,9443	45,000
140	140,0	-1,9864	48,333
160	160,0	-2,0208	51,667
180	180,0	-2,0609	55,000
200	200,0	-2,1199	58,333
220	220,0	-2,1987	61,667
240	240,0	-2,2835	65,000
260	260,0	-2,3974	68,333
280	280,0	-2,5407	71,667
300	300,0	-2,6078	75,000
320	320,0	-2,6612	78,333
340	340,0	-2,7223	81,667
360	360,0	-2,7920	85,000
380	380,0	-2,8601	88,333
400	400,0	-2,9397	91,667
420	420,0	-3,0576	95,000
440	440,0	-3,2770	98,333

Evaluation: Signed

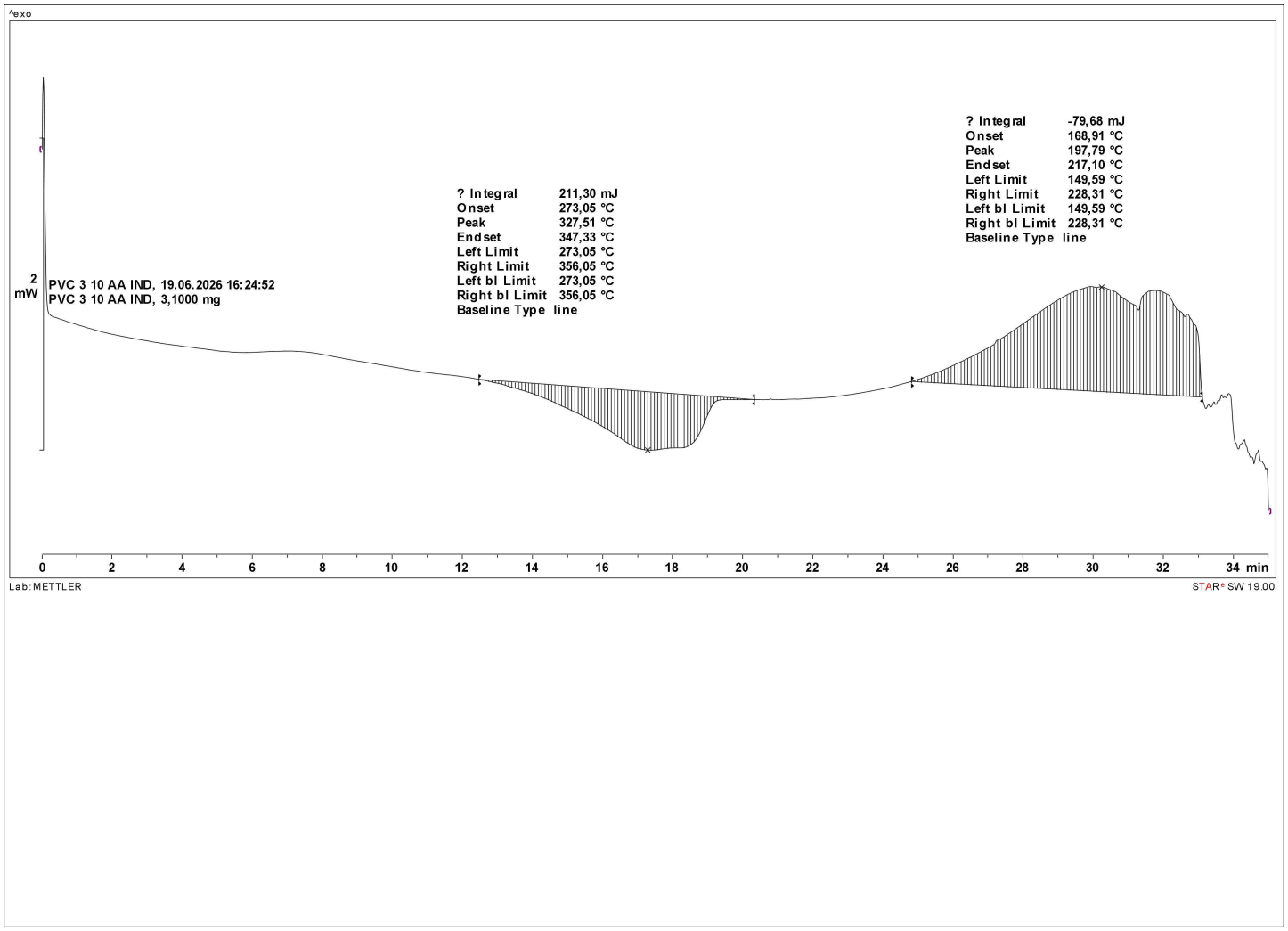
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
460	460,0	-3,6719	101,667
480	480,0	-3,9642	105,000
500	500,0	-4,4288	108,333
520	520,0	-4,4672	111,667
540	540,0	-4,5658	115,000
560	560,0	-4,9256	118,333
580	580,0	-5,5358	121,667
600	600,0	-5,3403	125,000
620	620,0	-2,5400	128,333
640	640,0	-2,3789	131,667
660	660,0	-2,4015	135,000
680	680,0	-2,4245	138,333
700	700,0	-2,4476	141,667
720	720,0	-2,4741	145,000
740	740,0	-2,5011	148,333
760	760,0	-2,5314	151,667
780	780,0	-2,5598	155,000
800	800,0	-2,5809	158,333
820	820,0	-2,5855	161,667
840	840,0	-2,5975	165,000
860	860,0	-2,6180	168,333
880	880,0	-2,6390	171,667
900	900,0	-2,6571	175,000
920	920,0	-2,6747	178,333
940	940,0	-2,6893	181,667
960	960,0	-2,6979	185,000
980	980,0	-2,6988	188,333
1000	1000,0	-2,6863	191,667
1020	1020,0	-2,6546	195,000
1040	1040,0	-2,5931	198,333
1060	1060,0	-2,4774	201,667
1080	1080,0	-2,2641	205,000
1100	1100,0	-1,8949	208,333
1120	1120,0	-1,3095	211,667
1140	1140,0	-0,5168	215,000
1160	1160,0	0,3739	218,333
1180	1180,0	1,1099	221,667
1200	1200,0	1,3329	225,000
1220	1220,0	1,1147	228,333
1240	1240,0	0,7478	231,667
1260	1260,0	0,3558	235,000
1280	1280,0	57,5841e-03	238,333
1300	1300,0	-0,2024	241,667
1320	1320,0	-0,4350	245,000
1340	1340,0	-0,5409	248,333
1360	1360,0	-0,7098	251,667
1380	1380,0	-0,8689	255,000
1400	1400,0	-1,0180	258,333
1420	1420,0	-1,1358	261,667
1440	1440,0	-1,2324	265,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1460	1460,0	-1,3036	268,333
1480	1480,0	-1,3492	271,667
1500	1500,0	-1,3843	275,000
1520	1520,0	-1,4090	278,333
1540	1540,0	-1,4235	281,667
1560	1560,0	-1,4317	285,000
1580	1580,0	-1,4369	288,333
1600	1600,0	-1,4436	291,667
1620	1620,0	-1,4480	295,000
1640	1640,0	-1,4415	298,333
1660	1660,0	-1,4449	301,667
1680	1680,0	-1,4438	305,000
1700	1700,0	-1,4403	308,333
1720	1720,0	-1,4189	311,667
1740	1740,0	-1,3881	315,000
1760	1760,0	-1,3664	318,333
1780	1780,0	-1,3392	321,667
1800	1800,0	-1,3045	325,000
1820	1820,0	-1,2483	328,333
1840	1840,0	-1,1590	331,667
1860	1860,0	-0,6004	335,000
1880	1880,0	2,3361	338,333
1900	1900,0	2,1315	341,667
1920	1920,0	2,7563	345,000
1940	1940,0	4,6595	348,333

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PVC 3 10 AA IND, 19.06.2026 16:24:52

Curve: PVC 3 10 AA IND, 19.06.2026 16:24:52

Sample:	PVC 3 10 AA IND, 3,1000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC 3 10 AA IND
Method:	PVC 3 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..375,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PVC 3 10 AA IND, 19.06.2026 15:42:07
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 35,00 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	211,30 mJ
Onset	273,05 °C
Peak	327,51 °C
Endset	347,33 °C
Left Limit	273,05 °C
Right Limit	356,05 °C
Left bl Limit	273,05 °C
Right bl Limit	356,05 °C
Baseline Type	line

? Integral	-79,68 mJ
Onset	168,91 °C
Peak	197,79 °C
Endset	217,10 °C
Left Limit	149,59 °C
Right Limit	228,31 °C
Left bl Limit	149,59 °C
Right bl Limit	228,31 °C
Baseline Type	line

Texts:

PVC 3 10 AA IND, 19.06.2026 16:24:52
PVC 3 10 AA IND, 3,1000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,9836	25,000
22	22,0	-91,6549e-03	28,667
44	44,0	-0,1199	32,333
66	66,0	-0,1449	36,000
88	88,0	-0,1695	39,667
110	110,0	-0,1913	43,333
132	132,0	-0,2092	47,000
154	154,0	-0,2250	50,667
176	176,0	-0,2393	54,333
198	198,0	-0,2536	58,000
220	220,0	-0,2659	61,667
242	242,0	-0,2770	65,333
264	264,0	-0,2878	69,000
286	286,0	-0,2979	72,667
308	308,0	-0,3085	76,333
330	330,0	-0,3149	80,000
352	352,0	-0,3162	83,667
374	374,0	-0,3131	87,333
396	396,0	-0,3091	91,000
418	418,0	-0,3072	94,667
440	440,0	-0,3096	98,333
462	462,0	-0,3176	102,000
484	484,0	-0,3311	105,667

Evaluation: Signed

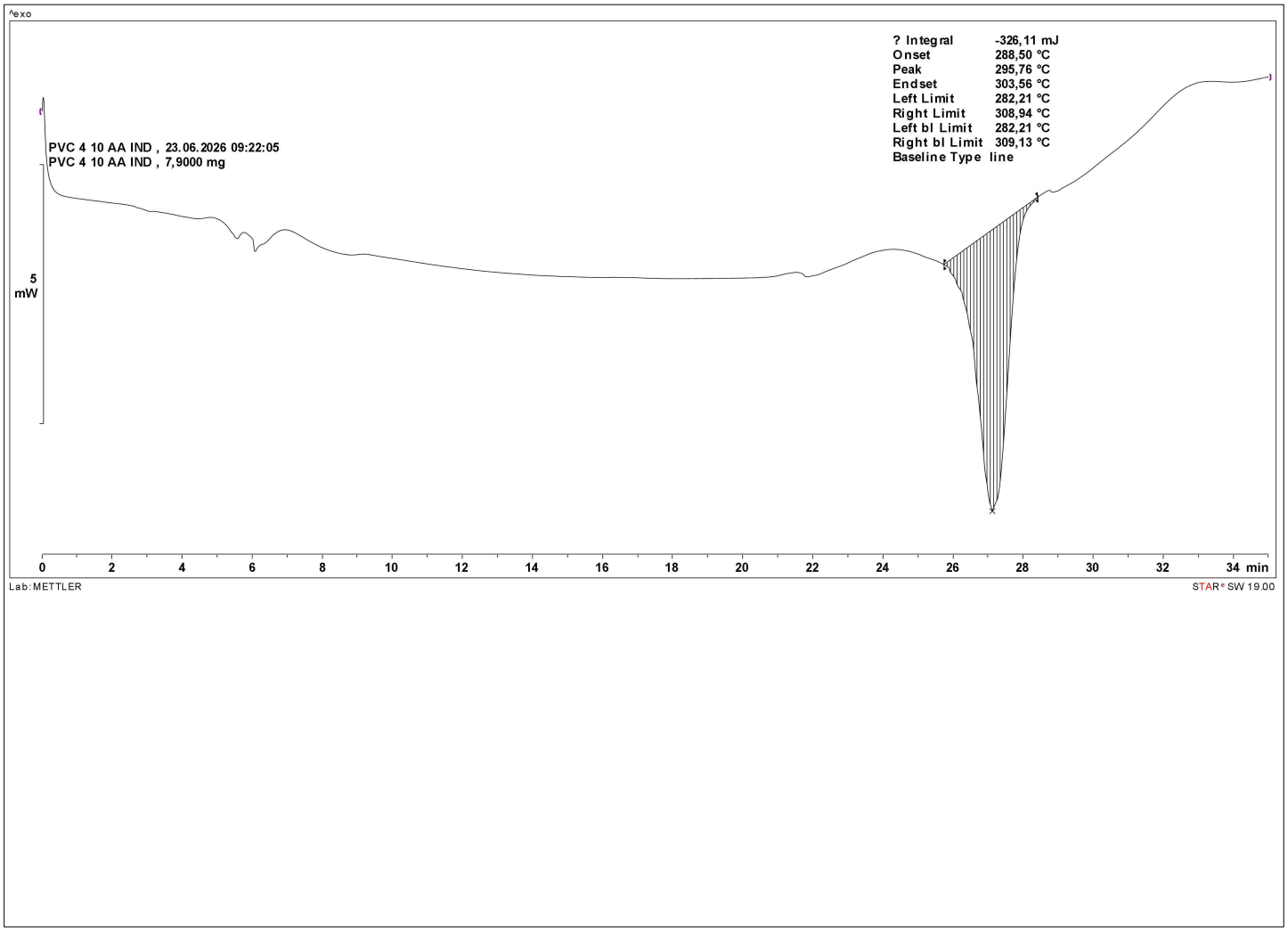
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
506	506,0	-0,3472	109,333
528	528,0	-0,3624	113,000
550	550,0	-0,3764	116,667
572	572,0	-0,3901	120,333
594	594,0	-0,4040	124,000
616	616,0	-0,4186	127,667
638	638,0	-0,4321	131,333
660	660,0	-0,4447	135,000
682	682,0	-0,4541	138,667
704	704,0	-0,4631	142,333
726	726,0	-0,4739	146,000
748	748,0	-0,4879	149,667
770	770,0	-0,5051	153,333
792	792,0	-0,5242	157,000
814	814,0	-0,5487	160,667
836	836,0	-0,5744	164,333
858	858,0	-0,6051	168,000
880	880,0	-0,6403	171,667
902	902,0	-0,6790	175,333
924	924,0	-0,7176	179,000
946	946,0	-0,7600	182,667
968	968,0	-0,8082	186,333
990	990,0	-0,8630	190,000
1012	1012,0	-0,9157	193,667
1034	1034,0	-0,9396	197,333
1056	1056,0	-0,9367	201,000
1078	1078,0	-0,9272	204,667
1100	1100,0	-0,9234	208,333
1122	1122,0	-0,8568	212,000
1144	1144,0	-0,6786	215,667
1166	1166,0	-0,6182	219,333
1188	1188,0	-0,6180	223,000
1210	1210,0	-0,6172	226,667
1232	1232,0	-0,6173	230,333
1254	1254,0	-0,6181	234,000
1276	1276,0	-0,6155	237,667
1298	1298,0	-0,6139	241,333
1320	1320,0	-0,6084	245,000
1342	1342,0	-0,6041	248,667
1364	1364,0	-0,5947	252,333
1386	1386,0	-0,5837	256,000
1408	1408,0	-0,5704	259,667
1430	1430,0	-0,5553	263,333
1452	1452,0	-0,5381	267,000
1474	1474,0	-0,5165	270,667
1496	1496,0	-0,4927	274,333
1518	1518,0	-0,4647	278,000
1540	1540,0	-0,4327	281,667
1562	1562,0	-0,3955	285,333
1584	1584,0	-0,3558	289,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1606	1606,0	-0,3143	292,667
1628	1628,0	-0,2694	296,333
1650	1650,0	-0,2084	300,000
1672	1672,0	-0,1528	303,667
1694	1694,0	-94,6714e-03	307,333
1716	1716,0	-37,0955e-03	311,000
1738	1738,0	16,4665e-03	314,667
1760	1760,0	61,5089e-03	318,333
1782	1782,0	92,5417e-03	322,000
1804	1804,0	0,1003	325,667
1826	1826,0	88,9516e-03	329,333
1848	1848,0	41,3302e-03	333,000
1870	1870,0	-10,9493e-03	336,667
1892	1892,0	67,9871e-03	340,333
1914	1914,0	77,7289e-03	344,000
1936	1936,0	5,9409e-03	347,667
1958	1958,0	-82,7629e-03	351,333
1980	1980,0	-0,2195	355,000
2002	2002,0	-0,6636	358,667
2024	2024,0	-0,6000	362,333
2046	2046,0	-0,9151	366,000
2068	2068,0	-0,9797	369,667
2090	2090,0	-1,0194	373,333

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PVC 4 10 AA IND , 23.06.2026 09:22:05

Curve: PVC 4 10 AA IND , 23.06.2026 09:22:05

Sample:	PVC 4 10 AA IND , 7,9000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC 4 10 AA IND
Method:	PVC 4 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..375,0 °C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PVC 4 10 AA IND , 23.06.2026 08:46:40
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 35,00 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-326,11 mJ
Onset	288,50 °C
Peak	295,76 °C
Endset	303,56 °C
Left Limit	282,21 °C
Right Limit	308,94 °C
Left bl Limit	282,21 °C
Right bl Limit	309,13 °C
Baseline Type	line

Texts:

PVC 4 10 AA IND , 23.06.2026 09:22:05
PVC 4 10 AA IND , 7,9000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,5380	25,000
22	22,0	-0,9965	28,667
44	44,0	-1,1097	32,333
66	66,0	-1,1478	36,000
88	88,0	-1,1784	39,667
110	110,0	-1,2111	43,333
132	132,0	-1,2411	47,000
154	154,0	-1,2796	50,667
176	176,0	-1,3597	54,333
198	198,0	-1,3945	58,000
220	220,0	-1,4371	61,667
242	242,0	-1,4886	65,333
264	264,0	-1,5268	69,000
286	286,0	-1,5041	72,667
308	308,0	-1,5799	76,333
330	330,0	-1,8765	80,000
352	352,0	-1,8280	83,667
374	374,0	-2,0340	87,333
396	396,0	-1,8401	91,000
418	418,0	-1,7418	94,667
440	440,0	-1,8414	98,333
462	462,0	-1,9870	102,000
484	484,0	-2,1062	105,667
506	506,0	-2,1867	109,333
528	528,0	-2,2259	113,000
550	550,0	-2,2093	116,667
572	572,0	-2,2426	120,333
594	594,0	-2,2828	124,000
616	616,0	-2,3200	127,667
638	638,0	-2,3607	131,333
660	660,0	-2,3992	135,000

Evaluation: Signed

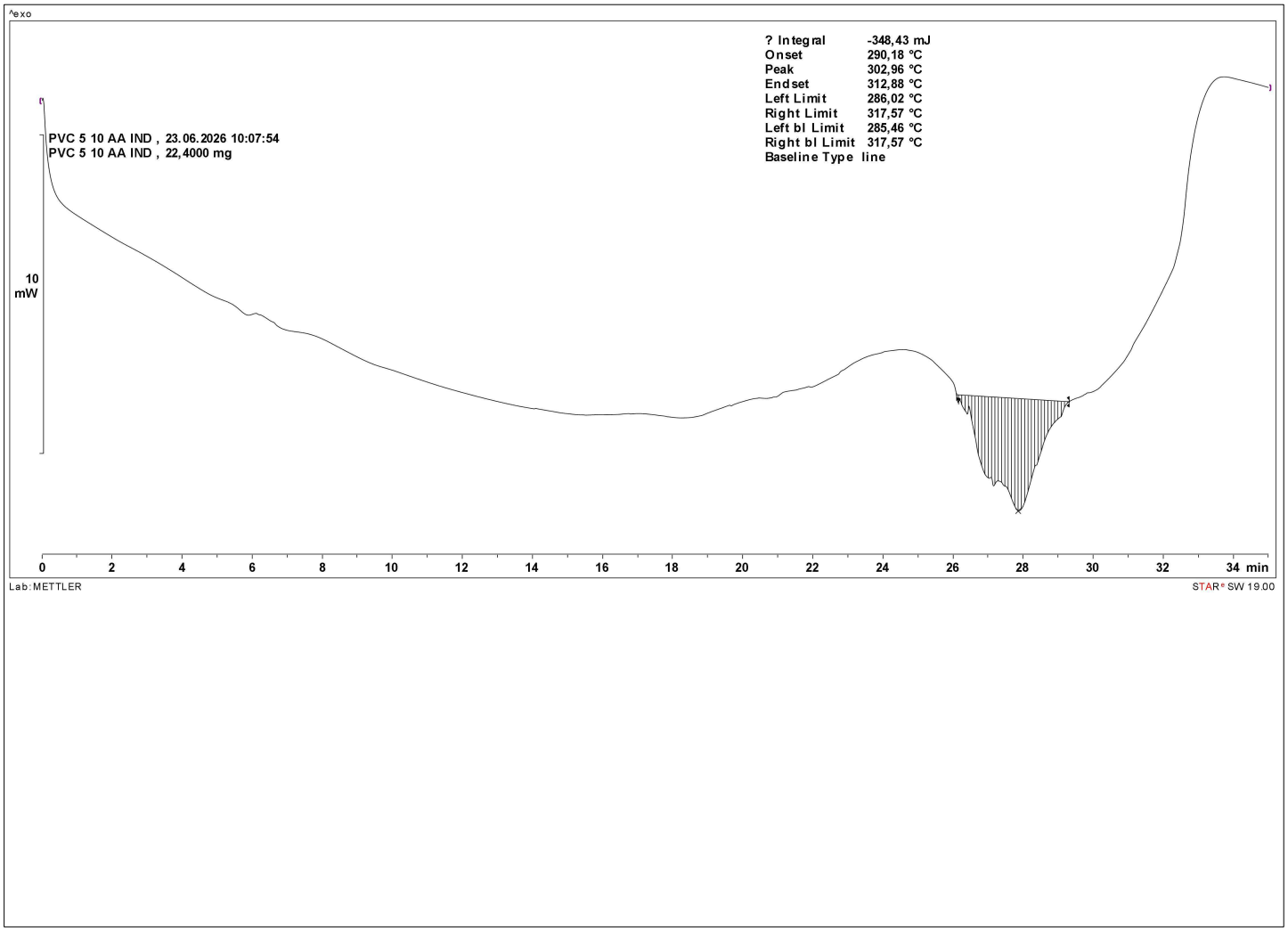
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
682	682,0	-2,4351	138,667
704	704,0	-2,4682	142,333
726	726,0	-2,4991	146,000
748	748,0	-2,5279	149,667
770	770,0	-2,5527	153,333
792	792,0	-2,5747	157,000
814	814,0	-2,5922	160,667
836	836,0	-2,6104	164,333
858	858,0	-2,6258	168,000
880	880,0	-2,6356	171,667
902	902,0	-2,6437	175,333
924	924,0	-2,6531	179,000
946	946,0	-2,6594	182,667
968	968,0	-2,6584	186,333
990	990,0	-2,6588	190,000
1012	1012,0	-2,6626	193,667
1034	1034,0	-2,6719	197,333
1056	1056,0	-2,6798	201,000
1078	1078,0	-2,6831	204,667
1100	1100,0	-2,6830	208,333
1122	1122,0	-2,6820	212,000
1144	1144,0	-2,6793	215,667
1166	1166,0	-2,6771	219,333
1188	1188,0	-2,6734	223,000
1210	1210,0	-2,6684	226,667
1232	1232,0	-2,6607	230,333
1254	1254,0	-2,6392	234,000
1276	1276,0	-2,5838	237,667
1298	1298,0	-2,5703	241,333
1320	1320,0	-2,6267	245,000
1342	1342,0	-2,5450	248,667
1364	1364,0	-2,4521	252,333
1386	1386,0	-2,3473	256,000
1408	1408,0	-2,2438	259,667
1430	1430,0	-2,1601	263,333
1452	1452,0	-2,1196	267,000
1474	1474,0	-2,1327	270,667
1496	1496,0	-2,1953	274,333
1518	1518,0	-2,2885	278,000
1540	1540,0	-2,3857	281,667
1562	1562,0	-2,6579	285,333
1584	1584,0	-3,3481	289,000
1606	1606,0	-5,2896	292,667
1628	1628,0	-7,1294	296,333
1650	1650,0	-5,2166	300,000
1672	1672,0	-2,0069	303,667
1694	1694,0	-1,2478	307,333
1716	1716,0	-1,0277	311,000
1738	1738,0	-0,9959	314,667
1760	1760,0	-0,8586	318,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1782	1782,0	-0,7005	322,000
1804	1804,0	-0,5090	325,667
1826	1826,0	-0,3119	329,333
1848	1848,0	-0,1195	333,000
1870	1870,0	88,2127e-03	336,667
1892	1892,0	0,3237	340,333
1914	1914,0	0,5791	344,000
1936	1936,0	0,8169	347,667
1958	1958,0	0,9950	351,333
1980	1980,0	1,0939	355,000
2002	2002,0	1,1194	358,667
2024	2024,0	1,1083	362,333
2046	2046,0	1,1057	366,000
2068	2068,0	1,1327	369,667
2090	2090,0	1,1827	373,333

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PVC 5 10 AA IND , 23.06.2026 10:07:54

Curve: PVC 5 10 AA IND , 23.06.2026 10:07:54

Sample:	PVC 5 10 AA IND , 22,4000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC 5 10 AA IND
Method:	PVC 5 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..375,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PVC 5 10 AA IND , 23.06.2026 09:32:17
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 35,00 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-348,43 mJ
Onset	290,18 °C
Peak	302,96 °C
Endset	312,88 °C
Left Limit	286,02 °C
Right Limit	317,57 °C
Left bl Limit	285,46 °C
Right bl Limit	317,57 °C
Baseline Type	line

Texts:

PVC 5 10 AA IND , 23.06.2026 10:07:54
PVC 5 10 AA IND , 22,4000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,7628	25,000
22	22,0	-2,1209	28,667
44	44,0	-2,6363	32,333
66	66,0	-2,9135	36,000
88	88,0	-3,1655	39,667
110	110,0	-3,4132	43,333
132	132,0	-3,6516	47,000
154	154,0	-3,8684	50,667
176	176,0	-4,0881	54,333
198	198,0	-4,3187	58,000
220	220,0	-4,5623	61,667
242	242,0	-4,8186	65,333
264	264,0	-5,0752	69,000
286	286,0	-5,3135	72,667
308	308,0	-5,4901	76,333
330	330,0	-5,6822	80,000
352	352,0	-5,9704	83,667
374	374,0	-5,9647	87,333
396	396,0	-6,1922	91,000
418	418,0	-6,4386	94,667
440	440,0	-6,5061	98,333
462	462,0	-6,5915	102,000
484	484,0	-6,7536	105,667
506	506,0	-6,9627	109,333
528	528,0	-7,1744	113,000
550	550,0	-7,3774	116,667
572	572,0	-7,5442	120,333
594	594,0	-7,6663	124,000
616	616,0	-7,8006	127,667
638	638,0	-7,9400	131,333
660	660,0	-8,0753	135,000

Evaluation: Signed

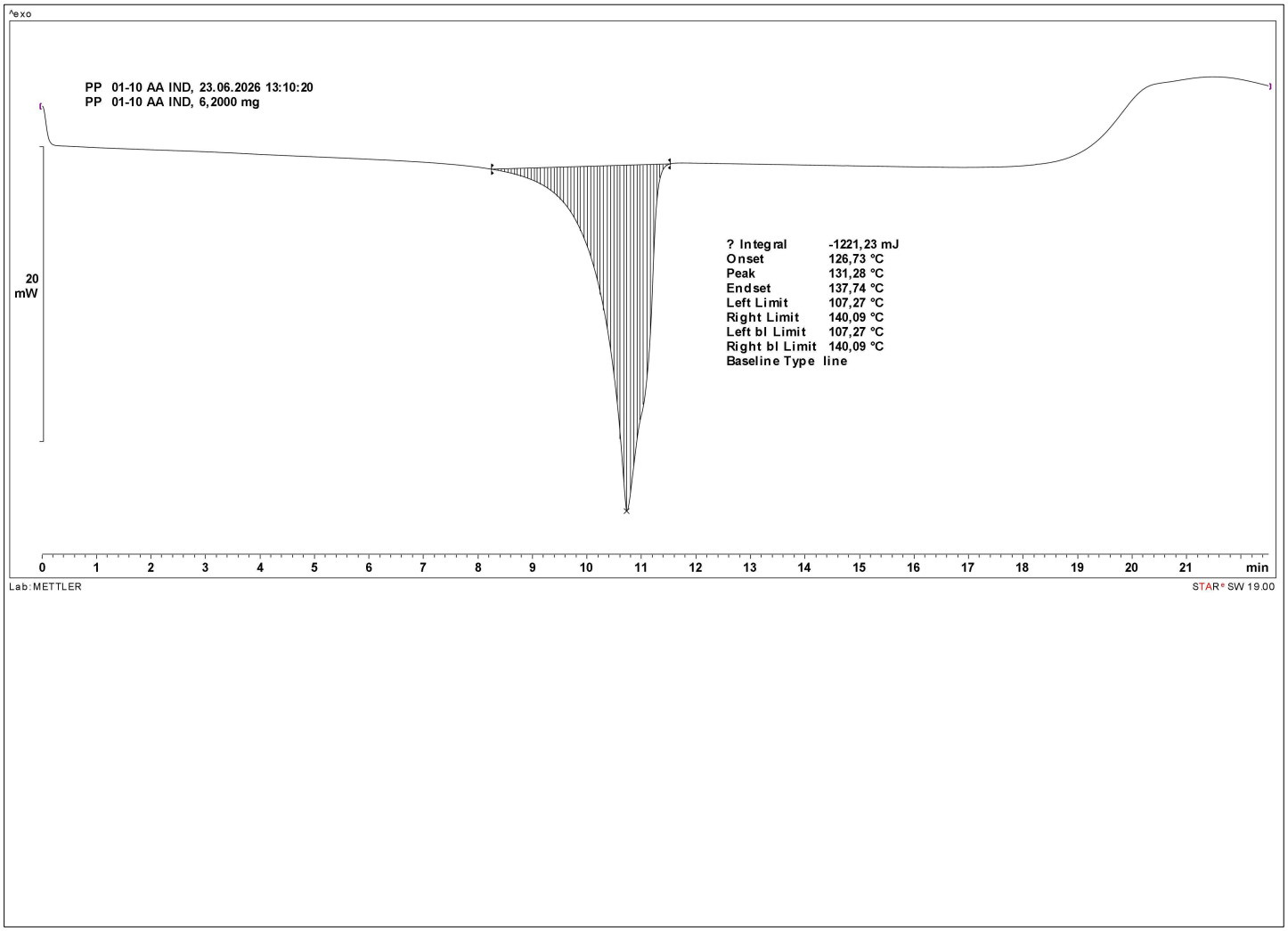
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
682	682,0	-8,2040	138,667
704	704,0	-8,3214	142,333
726	726,0	-8,4318	146,000
748	748,0	-8,5389	149,667
770	770,0	-8,6390	153,333
792	792,0	-8,7343	157,000
814	814,0	-8,8208	160,667
836	836,0	-8,8930	164,333
858	858,0	-8,9428	168,000
880	880,0	-9,0140	171,667
902	902,0	-9,0698	175,333
924	924,0	-9,1035	179,000
946	946,0	-9,1013	182,667
968	968,0	-9,0970	186,333
990	990,0	-9,0837	190,000
1012	1012,0	-9,0686	193,667
1034	1034,0	-9,0728	197,333
1056	1056,0	-9,1192	201,000
1078	1078,0	-9,1742	204,667
1100	1100,0	-9,1959	208,333
1122	1122,0	-9,1510	212,000
1144	1144,0	-9,0159	215,667
1166	1166,0	-8,8724	219,333
1188	1188,0	-8,7534	223,000
1210	1210,0	-8,6315	226,667
1232	1232,0	-8,5769	230,333
1254	1254,0	-8,5409	234,000
1276	1276,0	-8,3630	237,667
1298	1298,0	-8,2833	241,333
1320	1320,0	-8,2191	245,000
1342	1342,0	-8,0249	248,667
1364	1364,0	-7,8184	252,333
1386	1386,0	-7,5193	256,000
1408	1408,0	-7,3089	259,667
1430	1430,0	-7,1858	263,333
1452	1452,0	-7,0904	267,000
1474	1474,0	-7,0521	270,667
1496	1496,0	-7,1176	274,333
1518	1518,0	-7,3166	278,000
1540	1540,0	-7,6738	281,667
1562	1562,0	-8,1726	285,333
1584	1584,0	-9,0835	289,000
1606	1606,0	-10,5284	292,667
1628	1628,0	-11,2851	296,333
1650	1650,0	-11,3460	300,000
1672	1672,0	-12,1120	303,667
1694	1694,0	-11,1099	307,333
1716	1716,0	-9,9296	311,000
1738	1738,0	-9,2533	314,667
1760	1760,0	-8,6707	318,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1782	1782,0	-8,5006	322,000
1804	1804,0	-8,3324	325,667
1826	1826,0	-7,9685	329,333
1848	1848,0	-7,5245	333,000
1870	1870,0	-6,8442	336,667
1892	1892,0	-6,1528	340,333
1914	1914,0	-5,3775	344,000
1936	1936,0	-4,5384	347,667
1958	1958,0	-2,3360	351,333
1980	1980,0	0,2891	355,000
2002	2002,0	1,2861	358,667
2024	2024,0	1,5136	362,333
2046	2046,0	1,4381	366,000
2068	2068,0	1,3389	369,667
2090	2090,0	1,2306	373,333

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PP 01-10 AA IND, 23.06.2026 13:10:20

Curve: PP 01-10 AA IND, 23.06.2026 13:10:20

Sample: PP 01-10 AA IND, 6,2000 mg
Sample Holder: Aluminum Standard 40ul
Material: Aluminum
Method Name: PP 01-10 AA IND
Method: PP 01-10 AA IND
Released
dt 1,00 s
[1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min
Synchronization enabled

Released

Experiment: PP 01-10 AA IND, 23.06.2026 12:46:40
Comments: -
Gas: Air
Module: DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique: DSC
Categories:
User: METTLER
Adjustment:
From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-1221,23 mJ
Onset	126,73 ° C
Peak	131,28 ° C
Endset	137,74 ° C
Left Limit	107,27 ° C
Right Limit	140,09 ° C
Left bl Limit	107,27 ° C
Right bl Limit	140,09 ° C
Baseline Type	line

Texts:

PP 01-10 AA IND, 23.06.2026 13:10:20
PP 01-10 AA IND, 6,2000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
0	0,0	0,2364	25,000
14	14,0	-2,4278	27,333
28	28,0	-2,4863	29,667
42	42,0	-2,5295	32,000
56	56,0	-2,5728	34,333
70	70,0	-2,6108	36,667
84	84,0	-2,6462	39,000
98	98,0	-2,6783	41,333
112	112,0	-2,7102	43,667
126	126,0	-2,7413	46,000
140	140,0	-2,7716	48,333
154	154,0	-2,8023	50,667
168	168,0	-2,8363	53,000
182	182,0	-2,8710	55,333
196	196,0	-2,9076	57,667
210	210,0	-2,9500	60,000
224	224,0	-2,9943	62,333
238	238,0	-3,0398	64,667
252	252,0	-3,0811	67,000
266	266,0	-3,1185	69,333
280	280,0	-3,1559	71,667
294	294,0	-3,1920	74,000
308	308,0	-3,2285	76,333
322	322,0	-3,2664	78,667
336	336,0	-3,3038	81,000
350	350,0	-3,3433	83,333
364	364,0	-3,3847	85,667
378	378,0	-3,4277	88,000
392	392,0	-3,4731	90,333
406	406,0	-3,5219	92,667
420	420,0	-3,5758	95,000

Evaluation: Signed

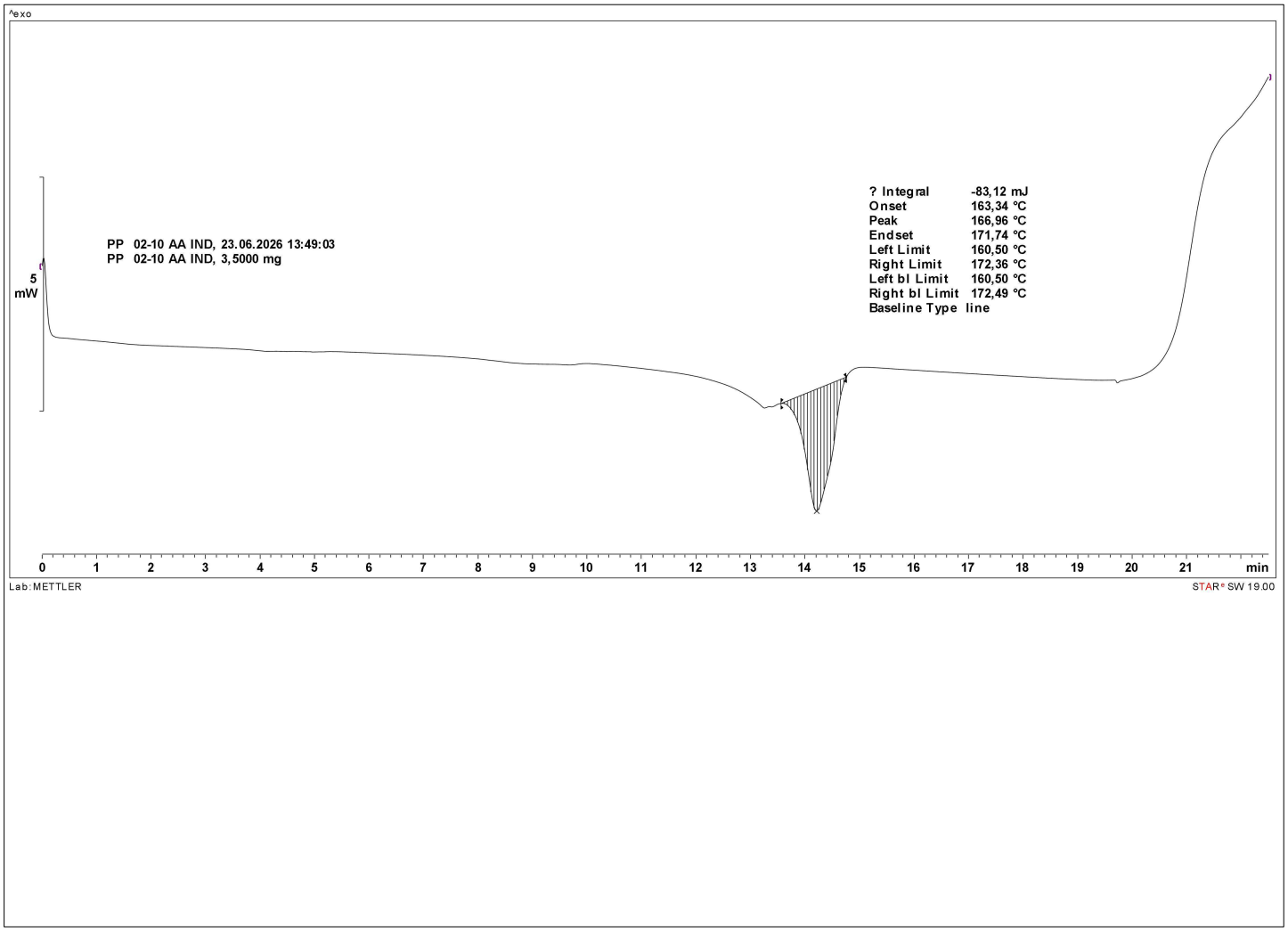
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
434	434,0	-3,6361	97,333
448	448,0	-3,7069	99,667
462	462,0	-3,7869	102,000
476	476,0	-3,8826	104,333
490	490,0	-4,0007	106,667
504	504,0	-4,1497	109,000
518	518,0	-4,3415	111,333
532	532,0	-4,5983	113,667
546	546,0	-4,9558	116,000
560	560,0	-5,4817	118,333
574	574,0	-6,2900	120,667
588	588,0	-7,5871	123,000
602	602,0	-9,6039	125,333
616	616,0	-12,8457	127,667
630	630,0	-18,2467	130,000
644	644,0	-27,2270	132,333
658	658,0	-21,1730	134,667
672	672,0	-11,8208	137,000
686	686,0	-3,8663	139,333
700	700,0	-3,6313	141,667
714	714,0	-3,6341	144,000
728	728,0	-3,6482	146,333
742	742,0	-3,6613	148,667
756	756,0	-3,6751	151,000
770	770,0	-3,6899	153,333
784	784,0	-3,7045	155,667
798	798,0	-3,7197	158,000
812	812,0	-3,7346	160,333
826	826,0	-3,7497	162,667
840	840,0	-3,7662	165,000
854	854,0	-3,7820	167,333
868	868,0	-3,7984	169,667
882	882,0	-3,8138	172,000
896	896,0	-3,8242	174,333
910	910,0	-3,8396	176,667
924	924,0	-3,8538	179,000
938	938,0	-3,8684	181,333
952	952,0	-3,8836	183,667
966	966,0	-3,8975	186,000
980	980,0	-3,9105	188,333
994	994,0	-3,9205	190,667
1008	1008,0	-3,9275	193,000
1022	1022,0	-3,9267	195,333
1036	1036,0	-3,9187	197,667
1050	1050,0	-3,9029	200,000
1064	1064,0	-3,8732	202,333
1078	1078,0	-3,8239	204,667
1092	1092,0	-3,7489	207,000
1106	1106,0	-3,6347	209,333
1120	1120,0	-3,4580	211,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1134	1134,0	-3,1712	214,000
1148	1148,0	-2,7355	216,333
1162	1162,0	-2,0941	218,667
1176	1176,0	-1,2060	221,000
1190	1190,0	-0,1223	223,333
1204	1204,0	0,9265	225,667
1218	1218,0	1,5814	228,000
1232	1232,0	1,8030	230,333
1246	1246,0	1,9257	232,667
1260	1260,0	2,0641	235,000
1274	1274,0	2,1759	237,333
1288	1288,0	2,2222	239,667
1302	1302,0	2,1921	242,000
1316	1316,0	2,0794	244,333
1330	1330,0	1,9079	246,667
1344	1344,0	1,7024	249,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PP 02-10 AA IND, 23.06.2026 13:49:03

Curve: PP 02-10 AA IND, 23.06.2026 13:49:03

Sample:	PP 02-10 AA IND, 3,5000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PP 02-10 AA IND
Method:	PP 02-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PP 02-10 AA IND, 23.06.2026 13:18:28
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-83,12 mJ
Onset	163,34 °C
Peak	166,96 °C
Endset	171,74 °C
Left Limit	160,50 °C
Right Limit	172,36 °C
Left bl Limit	160,50 °C
Right bl Limit	172,49 °C
Baseline Type	line

Texts:

PP 02-10 AA IND, 23.06.2026 13:49:03
PP 02-10 AA IND, 3,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,4688	25,000
14	14,0	-1,0428	27,333
28	28,0	-1,0768	29,667
42	42,0	-1,1029	32,000
56	56,0	-1,1273	34,333
70	70,0	-1,1502	36,667
84	84,0	-1,1775	39,000
98	98,0	-1,2044	41,333
112	112,0	-1,2217	43,667
126	126,0	-1,2322	46,000
140	140,0	-1,2426	48,333
154	154,0	-1,2528	50,667
168	168,0	-1,2636	53,000
182	182,0	-1,2748	55,333
196	196,0	-1,2855	57,667
210	210,0	-1,2984	60,000
224	224,0	-1,3138	62,333
238	238,0	-1,3377	64,667
252	252,0	-1,3523	67,000
266	266,0	-1,3552	69,333
280	280,0	-1,3548	71,667
294	294,0	-1,3613	74,000
308	308,0	-1,3646	76,333
322	322,0	-1,3592	78,667
336	336,0	-1,3676	81,000
350	350,0	-1,3776	83,333
364	364,0	-1,3879	85,667
378	378,0	-1,3989	88,000
392	392,0	-1,4106	90,333
406	406,0	-1,4232	92,667
420	420,0	-1,4367	95,000

Evaluation: Signed

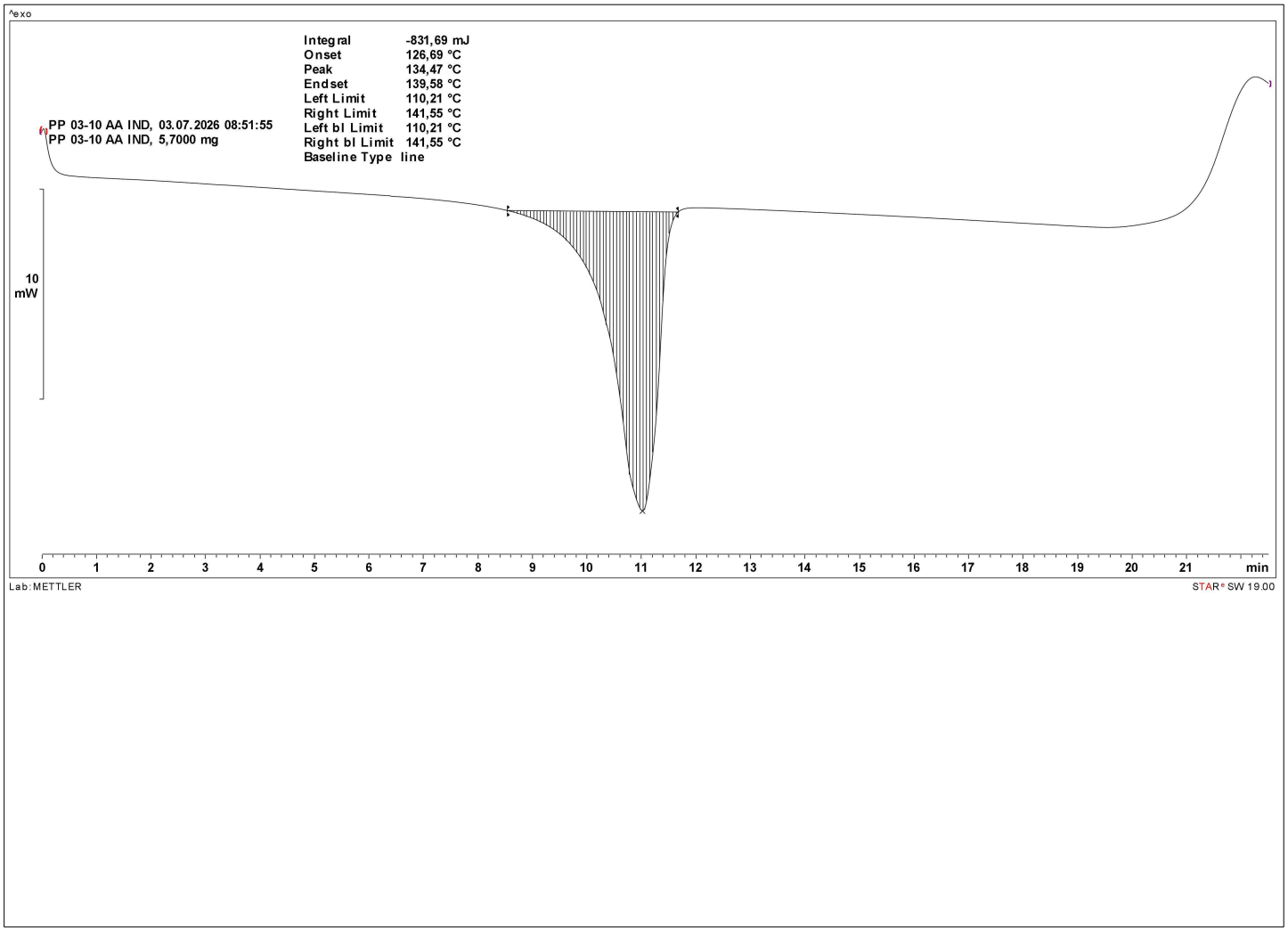
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
434	434,0	-1,4518	97,333
448	448,0	-1,4680	99,667
462	462,0	-1,4864	102,000
476	476,0	-1,5083	104,333
490	490,0	-1,5370	106,667
504	504,0	-1,5680	109,000
518	518,0	-1,5992	111,333
532	532,0	-1,6181	113,667
546	546,0	-1,6263	116,000
560	560,0	-1,6305	118,333
574	574,0	-1,6387	120,667
588	588,0	-1,6325	123,000
602	602,0	-1,6144	125,333
616	616,0	-1,6332	127,667
630	630,0	-1,6576	130,000
644	644,0	-1,6854	132,333
658	658,0	-1,7140	134,667
672	672,0	-1,7464	137,000
686	686,0	-1,7818	139,333
700	700,0	-1,8189	141,667
714	714,0	-1,8651	144,000
728	728,0	-1,9249	146,333
742	742,0	-2,0006	148,667
756	756,0	-2,0939	151,000
770	770,0	-2,2234	153,333
784	784,0	-2,3955	155,667
798	798,0	-2,5472	158,000
812	812,0	-2,4691	160,333
826	826,0	-2,6281	162,667
840	840,0	-3,5271	165,000
854	854,0	-4,7371	167,333
868	868,0	-3,7414	169,667
882	882,0	-2,0731	172,000
896	896,0	-1,7120	174,333
910	910,0	-1,6952	176,667
924	924,0	-1,7104	179,000
938	938,0	-1,7285	181,333
952	952,0	-1,7453	183,667
966	966,0	-1,7622	186,000
980	980,0	-1,7793	188,333
994	994,0	-1,7964	190,667
1008	1008,0	-1,8132	193,000
1022	1022,0	-1,8290	195,333
1036	1036,0	-1,8461	197,667
1050	1050,0	-1,8621	200,000
1064	1064,0	-1,8771	202,333
1078	1078,0	-1,8925	204,667
1092	1092,0	-1,9083	207,000
1106	1106,0	-1,9231	209,333
1120	1120,0	-1,9368	211,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1134	1134,0	-1,9494	214,000
1148	1148,0	-1,9609	216,333
1162	1162,0	-1,9699	218,667
1176	1176,0	-1,9682	221,000
1190	1190,0	-1,9737	223,333
1204	1204,0	-1,9124	225,667
1218	1218,0	-1,8002	228,000
1232	1232,0	-1,5563	230,333
1246	1246,0	-1,0044	232,667
1260	1260,0	0,2595	235,000
1274	1274,0	1,9172	237,333
1288	1288,0	2,8735	239,667
1302	1302,0	3,2979	242,000
1316	1316,0	3,5695	244,333
1330	1330,0	3,8990	246,667
1344	1344,0	4,2995	249,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PP 03-10 AA IND, 03.07.2026 08:51:55

Curve: PP 03-10 AA IND, 03.07.2026 08:51:55

Sample:	PP 03-10 AA IND, 5,7000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PP 03-10 AA IND
Method:	PP 03-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PP 03-10 AA IND, 03.07.2026 08:27:45
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-831,69 mJ
Onset	126,69 °C
Peak	134,47 °C
Endset	139,58 °C
Left Limit	110,21 °C
Right Limit	141,55 °C
Left bl Limit	110,21 °C
Right bl Limit	141,55 °C
Baseline Type	line

Texts:

PP 03-10 AA IND, 03.07.2026 08:51:55
PP 03-10 AA IND, 5,7000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,3514	25,000
14	14,0	-1,4688	27,333
28	28,0	-1,7580	29,667
42	42,0	-1,8206	32,000
56	56,0	-1,8597	34,333
70	70,0	-1,8911	36,667
84	84,0	-1,9211	39,000
98	98,0	-1,9485	41,333
112	112,0	-1,9784	43,667
126	126,0	-2,0131	46,000
140	140,0	-2,0485	48,333
154	154,0	-2,0858	50,667
168	168,0	-2,1252	53,000
182	182,0	-2,1659	55,333
196	196,0	-2,2042	57,667
210	210,0	-2,2400	60,000
224	224,0	-2,2786	62,333
238	238,0	-2,3189	64,667
252	252,0	-2,3581	67,000
266	266,0	-2,3990	69,333
280	280,0	-2,4374	71,667
294	294,0	-2,4763	74,000
308	308,0	-2,5150	76,333
322	322,0	-2,5547	78,667
336	336,0	-2,5946	81,000
350	350,0	-2,6326	83,333
364	364,0	-2,6727	85,667
378	378,0	-2,7116	88,000
392	392,0	-2,7696	90,333
406	406,0	-2,8080	92,667
420	420,0	-2,8595	95,000

Evaluation: Signed

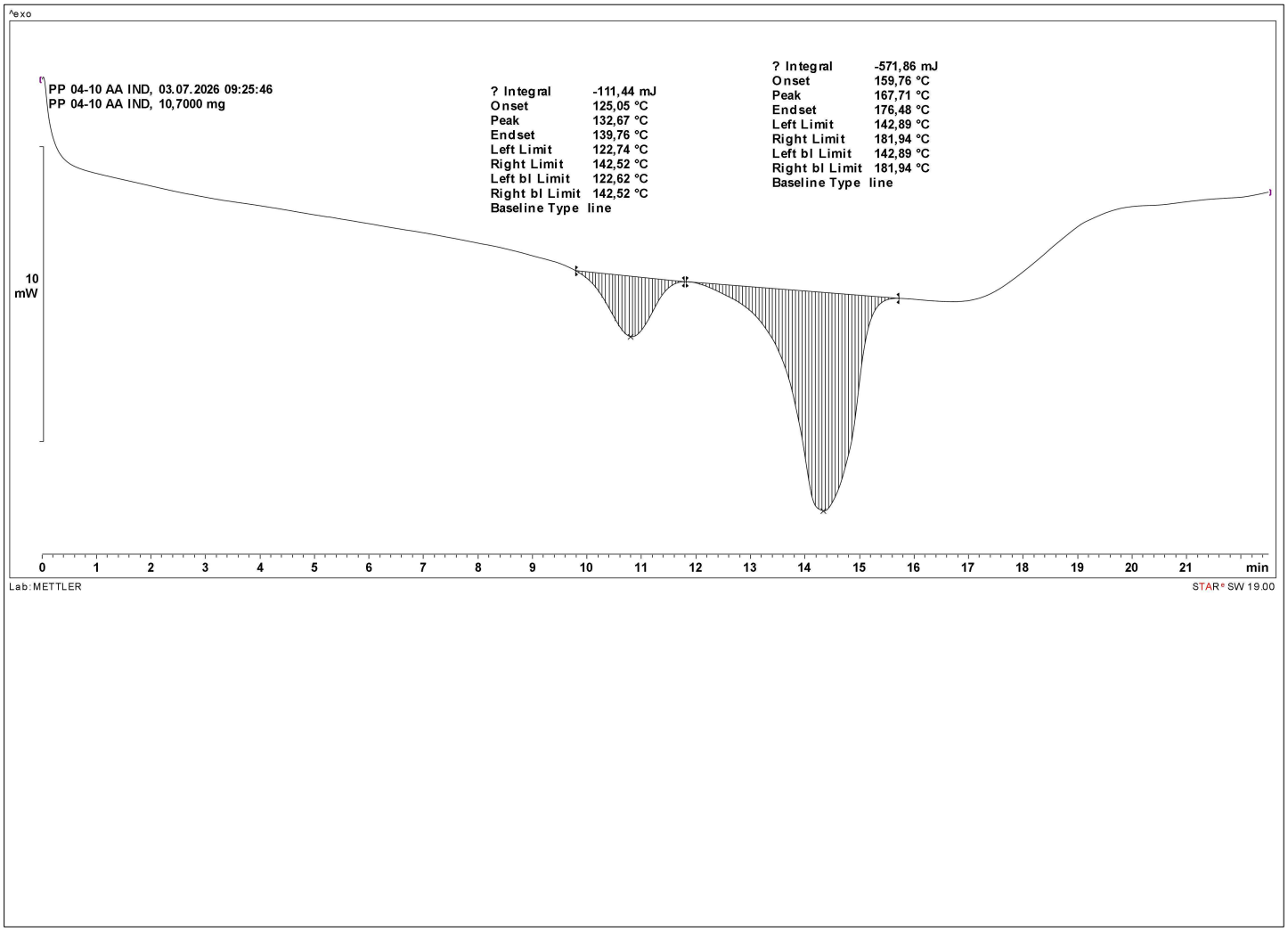
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
434	434,0	-2,9178	97,333
448	448,0	-2,9816	99,667
462	462,0	-3,0538	102,000
476	476,0	-3,1369	104,333
490	490,0	-3,2315	106,667
504	504,0	-3,3464	109,000
518	518,0	-3,4871	111,333
532	532,0	-3,6699	113,667
546	546,0	-3,9066	116,000
560	560,0	-4,2306	118,333
574	574,0	-4,6905	120,667
588	588,0	-5,3645	123,000
602	602,0	-6,3553	125,333
616	616,0	-7,9527	127,667
630	630,0	-10,5960	130,000
644	644,0	-15,0610	132,333
658	658,0	-17,5601	134,667
672	672,0	-15,0662	137,000
686	686,0	-6,1049	139,333
700	700,0	-3,5014	141,667
714	714,0	-3,3016	144,000
728	728,0	-3,2957	146,333
742	742,0	-3,3119	148,667
756	756,0	-3,3354	151,000
770	770,0	-3,3551	153,333
784	784,0	-3,3793	155,667
798	798,0	-3,4056	158,000
812	812,0	-3,4310	160,333
826	826,0	-3,4582	162,667
840	840,0	-3,4852	165,000
854	854,0	-3,5133	167,333
868	868,0	-3,5421	169,667
882	882,0	-3,5707	172,000
896	896,0	-3,6010	174,333
910	910,0	-3,6304	176,667
924	924,0	-3,6604	179,000
938	938,0	-3,6914	181,333
952	952,0	-3,7223	183,667
966	966,0	-3,7541	186,000
980	980,0	-3,7867	188,333
994	994,0	-3,8191	190,667
1008	1008,0	-3,8521	193,000
1022	1022,0	-3,8856	195,333
1036	1036,0	-3,9191	197,667
1050	1050,0	-3,9531	200,000
1064	1064,0	-3,9877	202,333
1078	1078,0	-4,0222	204,667
1092	1092,0	-4,0571	207,000
1106	1106,0	-4,0912	209,333
1120	1120,0	-4,1267	211,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1134	1134,0	-4,1619	214,000
1148	1148,0	-4,1931	216,333
1162	1162,0	-4,2197	218,667
1176	1176,0	-4,2265	221,000
1190	1190,0	-4,1970	223,333
1204	1204,0	-4,1246	225,667
1218	1218,0	-4,0237	228,000
1232	1232,0	-3,8882	230,333
1246	1246,0	-3,6821	232,667
1260	1260,0	-3,3050	235,000
1274	1274,0	-2,6130	237,333
1288	1288,0	-1,4242	239,667
1302	1302,0	0,3277	242,000
1316	1316,0	1,9558	244,333
1330	1330,0	2,8468	246,667
1344	1344,0	2,7998	249,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PP 04-10 AA IND, 03.07.2026 09:25:46

Curve: PP 04-10 AA IND, 03.07.2026 09:25:46

Sample: PP 04-10 AA IND, 10,7000 mg

Sample Holder: Aluminum Standard 40ul
Material: Aluminum

Method Name: PP 04-10 AA IND

Method: PP 04-10 AA IND
Released
dt 1,00 s
[1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min
Synchronization enabled

Released

Experiment: PP 04-10 AA IND, 03.07.2026 09:02:39

Comments: -

Gas: Air

Module: DSC3, 30.01.2026 16:30:33

TA Technique: DSC

Categories:

User: METTLER

Adjustment:

From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-571,86 mJ
Onset	159,76 °C
Peak	167,71 °C
Endset	176,48 °C
Left Limit	142,89 °C
Right Limit	181,94 °C
Left bl Limit	142,89 °C
Right bl Limit	181,94 °C
Baseline Type	line

? Integral	-111,44 mJ
Onset	125,05 °C
Peak	132,67 °C
Endset	139,76 °C
Left Limit	122,74 °C
Right Limit	142,52 °C
Left bl Limit	122,62 °C
Right bl Limit	142,52 °C
Baseline Type	line

Texts:

PP 04-10 AA IND, 03.07.2026 09:25:46
PP 04-10 AA IND, 10,7000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,2607	25,000
14	14,0	-1,9017	27,333
28	28,0	-2,5445	29,667
42	42,0	-2,7662	32,000
56	56,0	-2,8958	34,333
70	70,0	-3,0013	36,667
84	84,0	-3,1007	39,000
98	98,0	-3,1980	41,333
112	112,0	-3,2956	43,667
126	126,0	-3,3948	46,000
140	140,0	-3,4918	48,333
154	154,0	-3,5842	50,667
168	168,0	-3,6637	53,000
182	182,0	-3,7444	55,333
196	196,0	-3,8221	57,667
210	210,0	-3,8867	60,000
224	224,0	-3,9490	62,333
238	238,0	-4,0122	64,667
252	252,0	-4,0808	67,000
266	266,0	-4,1516	69,333
280	280,0	-4,2274	71,667
294	294,0	-4,3006	74,000
308	308,0	-4,3699	76,333

Evaluation: Signed

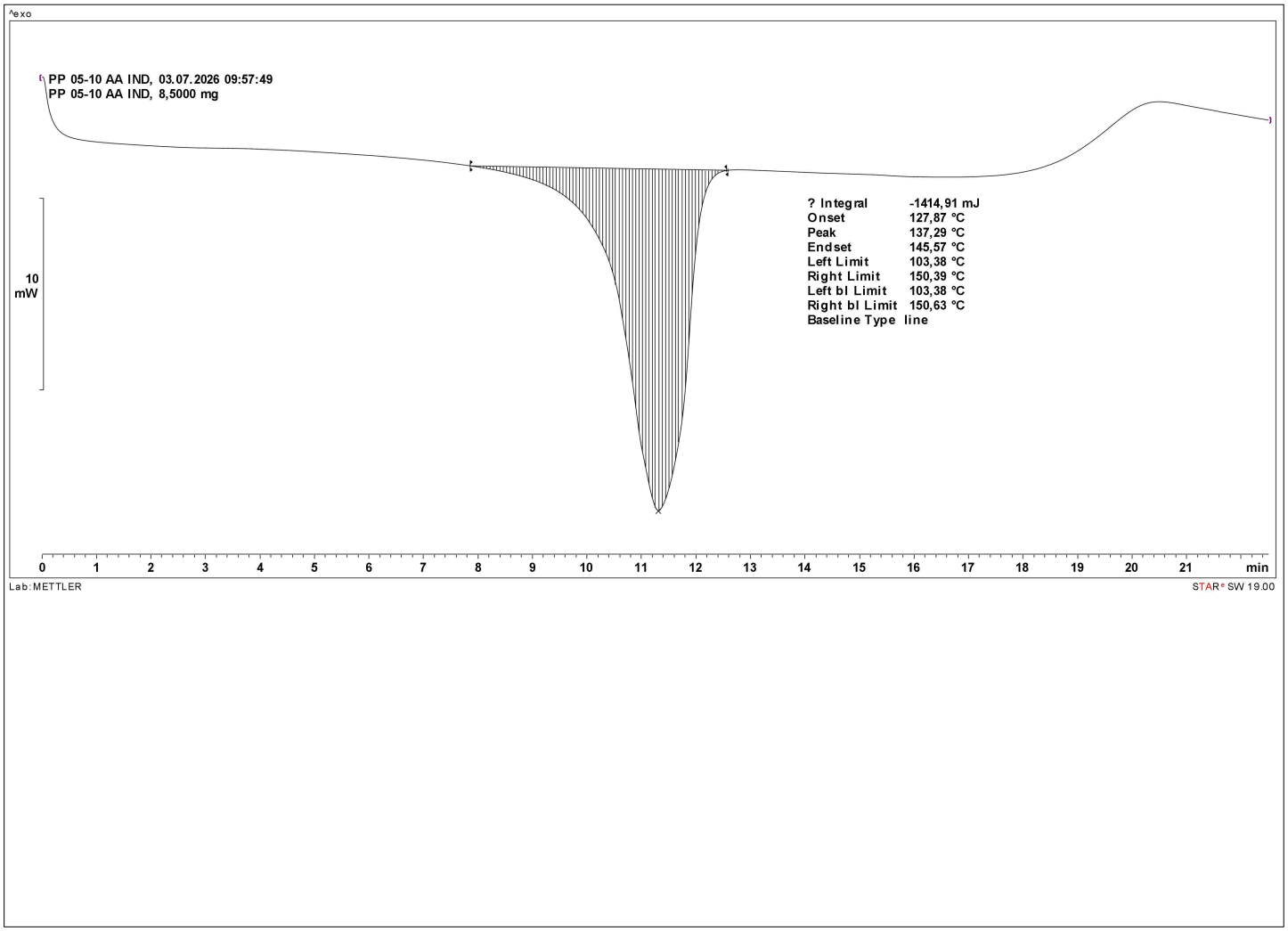
Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
322	322,0	-4,4352	78,667
336	336,0	-4,5075	81,000
350	350,0	-4,5806	83,333
364	364,0	-4,6516	85,667
378	378,0	-4,7303	88,000
392	392,0	-4,8019	90,333
406	406,0	-4,8694	92,667
420	420,0	-4,9405	95,000
434	434,0	-5,0179	97,333
448	448,0	-5,0995	99,667
462	462,0	-5,1811	102,000
476	476,0	-5,2668	104,333
490	490,0	-5,3486	106,667
504	504,0	-5,4365	109,000
518	518,0	-5,5405	111,333
532	532,0	-5,6521	113,667
546	546,0	-5,7706	116,000
560	560,0	-5,8862	118,333
574	574,0	-6,0292	120,667
588	588,0	-6,2364	123,000
602	602,0	-6,5444	125,333
616	616,0	-7,0721	127,667
630	630,0	-7,8235	130,000
644	644,0	-8,4070	132,333
658	658,0	-8,3073	134,667
672	672,0	-7,6177	137,000
686	686,0	-6,9173	139,333
700	700,0	-6,6299	141,667
714	714,0	-6,6082	144,000
728	728,0	-6,7174	146,333
742	742,0	-6,8975	148,667
756	756,0	-7,1106	151,000
770	770,0	-7,3574	153,333
784	784,0	-7,7144	155,667
798	798,0	-8,2564	158,000
812	812,0	-9,0448	160,333
826	826,0	-10,3589	162,667
840	840,0	-12,5662	165,000
854	854,0	-14,2884	167,333
868	868,0	-14,1808	169,667
882	882,0	-13,1269	172,000
896	896,0	-10,9794	174,333
910	910,0	-8,1083	176,667
924	924,0	-7,3089	179,000
938	938,0	-7,1667	181,333
952	952,0	-7,1757	183,667
966	966,0	-7,2124	186,000
980	980,0	-7,2481	188,333
994	994,0	-7,2715	190,667
1008	1008,0	-7,2745	193,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1022	1022,0	-7,2287	195,333
1036	1036,0	-7,1115	197,667
1050	1050,0	-6,9103	200,000
1064	1064,0	-6,6313	202,333
1078	1078,0	-6,3075	204,667
1092	1092,0	-5,9587	207,000
1106	1106,0	-5,5907	209,333
1120	1120,0	-5,2217	211,667
1134	1134,0	-4,8708	214,000
1148	1148,0	-4,5744	216,333
1162	1162,0	-4,3760	218,667
1176	1176,0	-4,2081	221,000
1190	1190,0	-4,0949	223,333
1204	1204,0	-4,0373	225,667
1218	1218,0	-4,0139	228,000
1232	1232,0	-3,9908	230,333
1246	1246,0	-3,9414	232,667
1260	1260,0	-3,8869	235,000
1274	1274,0	-3,8367	237,333
1288	1288,0	-3,7956	239,667
1302	1302,0	-3,7667	242,000
1316	1316,0	-3,7415	244,333
1330	1330,0	-3,6864	246,667
1344	1344,0	-3,6002	249,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PP 05-10 AA IND, 03.07.2026 09:57:49

Curve: PP 05-10 AA IND, 03.07.2026 09:57:49

Sample:	PP 05-10 AA IND, 8,5000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PP 05-10 AA IND
Method:	PP 05-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PP 05-10 AA IND, 03.07.2026 09:34:47
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-1414,91 mJ
Onset	127,87 °C
Peak	137,29 °C
Endset	145,57 °C
Left Limit	103,38 °C
Right Limit	150,39 °C
Left bl Limit	103,38 °C
Right bl Limit	150,63 °C
Baseline Type	line

Texts:

PP 05-10 AA IND, 03.07.2026 09:57:49
PP 05-10 AA IND, 8,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,5967	25,000
14	14,0	-1,8982	27,333
28	28,0	-2,4856	29,667
42	42,0	-2,6675	32,000
56	56,0	-2,7599	34,333
70	70,0	-2,8243	36,667
84	84,0	-2,8749	39,000
98	98,0	-2,9203	41,333
112	112,0	-2,9613	43,667
126	126,0	-3,0009	46,000
140	140,0	-3,0352	48,333
154	154,0	-3,0651	50,667
168	168,0	-3,0869	53,000
182	182,0	-3,0978	55,333
196	196,0	-3,1070	57,667
210	210,0	-3,1185	60,000
224	224,0	-3,1324	62,333
238	238,0	-3,1561	64,667
252	252,0	-3,1832	67,000
266	266,0	-3,2105	69,333
280	280,0	-3,2453	71,667
294	294,0	-3,2826	74,000
308	308,0	-3,3228	76,333
322	322,0	-3,3664	78,667
336	336,0	-3,4078	81,000
350	350,0	-3,4538	83,333
364	364,0	-3,5004	85,667
378	378,0	-3,5526	88,000
392	392,0	-3,6078	90,333
406	406,0	-3,6685	92,667
420	420,0	-3,7334	95,000

Evaluation: Signed

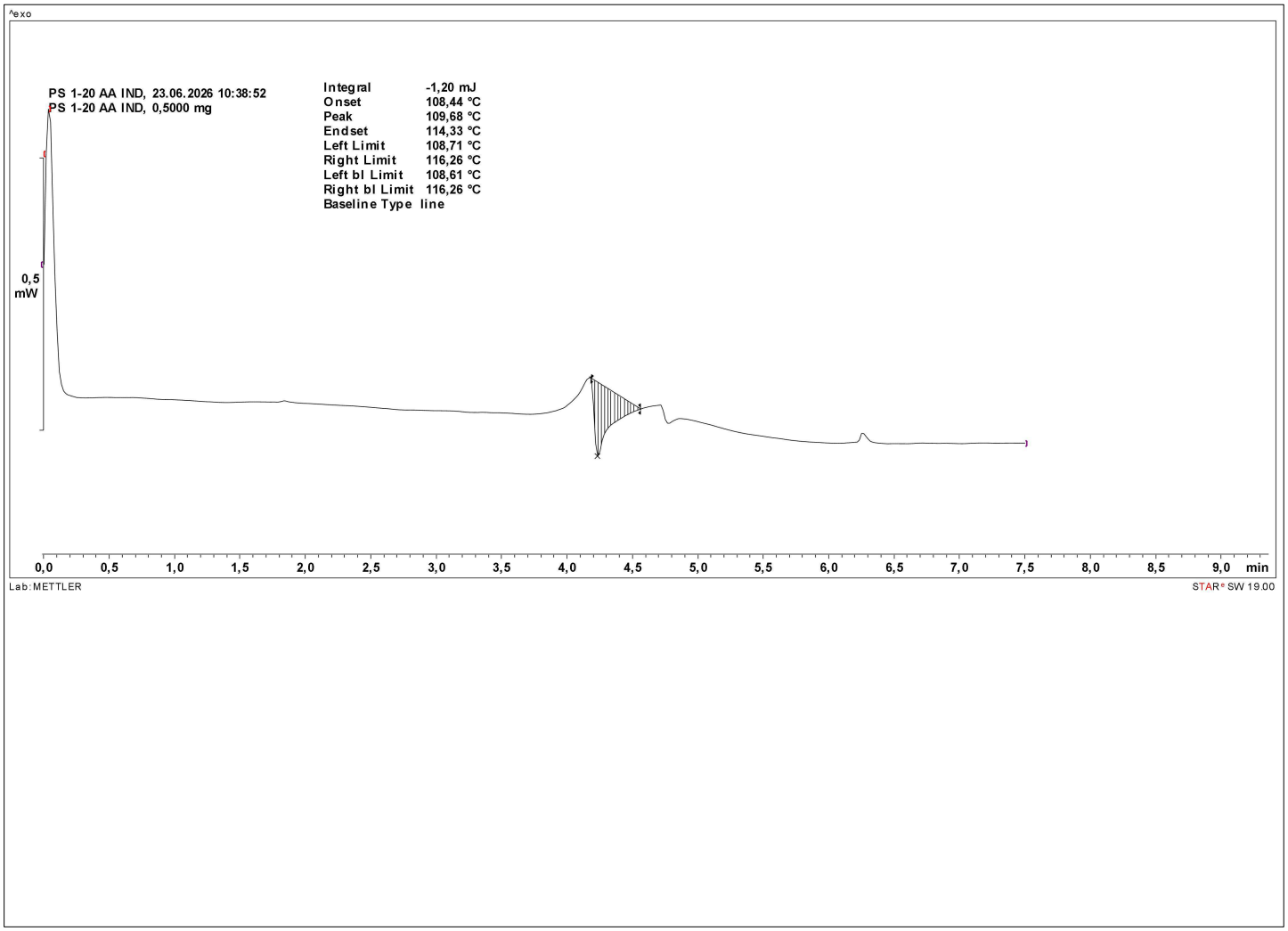
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
434	434,0	-3,8035	97,333
448	448,0	-3,8845	99,667
462	462,0	-3,9712	102,000
476	476,0	-4,0661	104,333
490	490,0	-4,1750	106,667
504	504,0	-4,3029	109,000
518	518,0	-4,4541	111,333
532	532,0	-4,6367	113,667
546	546,0	-4,8640	116,000
560	560,0	-5,1609	118,333
574	574,0	-5,5685	120,667
588	588,0	-6,1346	123,000
602	602,0	-6,9546	125,333
616	616,0	-8,1142	127,667
630	630,0	-9,9344	130,000
644	644,0	-13,4944	132,333
658	658,0	-18,2556	134,667
672	672,0	-21,4818	137,000
686	686,0	-21,5162	139,333
700	700,0	-18,7260	141,667
714	714,0	-11,7828	144,000
728	728,0	-5,8255	146,333
742	742,0	-4,4926	148,667
756	756,0	-4,2594	151,000
770	770,0	-4,2415	153,333
784	784,0	-4,2612	155,667
798	798,0	-4,2884	158,000
812	812,0	-4,3170	160,333
826	826,0	-4,3462	162,667
840	840,0	-4,3751	165,000
854	854,0	-4,4009	167,333
868	868,0	-4,4256	169,667
882	882,0	-4,4468	172,000
896	896,0	-4,4699	174,333
910	910,0	-4,4903	176,667
924	924,0	-4,5193	179,000
938	938,0	-4,5625	181,333
952	952,0	-4,5947	183,667
966	966,0	-4,6101	186,000
980	980,0	-4,6200	188,333
994	994,0	-4,6233	190,667
1008	1008,0	-4,6213	193,000
1022	1022,0	-4,6089	195,333
1036	1036,0	-4,5826	197,667
1050	1050,0	-4,5423	200,000
1064	1064,0	-4,4758	202,333
1078	1078,0	-4,3749	204,667
1092	1092,0	-4,2312	207,000
1106	1106,0	-4,0303	209,333
1120	1120,0	-3,7681	211,667

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
1134	1134,0	-3,4259	214,000
1148	1148,0	-3,0061	216,333
1162	1162,0	-2,5179	218,667
1176	1176,0	-1,9824	221,000
1190	1190,0	-1,4477	223,333
1204	1204,0	-1,0041	225,667
1218	1218,0	-0,7369	228,000
1232	1232,0	-0,6748	230,333
1246	1246,0	-0,7493	232,667
1260	1260,0	-0,8750	235,000
1274	1274,0	-1,0001	237,333
1288	1288,0	-1,1201	239,667
1302	1302,0	-1,2476	242,000
1316	1316,0	-1,3630	244,333
1330	1330,0	-1,4797	246,667
1344	1344,0	-1,5902	249,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PS 1-20 AA IND, 23.06.2026 10:38:52

Curve: PS 1-20 AA IND, 23.06.2026 10:38:52

Sample:	PS 1-20 AA IND, 0,5000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PS 1-20 AA IND
Method:	PS 1-20 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PS 1-20 AA IND, 23.06.2026 10:30:47
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-1,20 mJ
Onset	108,44 °C
Peak	109,68 °C
Endset	114,33 °C
Left Limit	108,71 °C
Right Limit	116,26 °C
Left bl Limit	108,61 °C
Right bl Limit	116,26 °C
Baseline Type	line

Texts:

PS 1-20 AA IND, 23.06.2026 10:38:52
PS 1-20 AA IND, 0,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,6657	25,000
5	5,0	0,6432	26,667
10	10,0	0,4289	28,333
15	15,0	0,4216	30,000
20	20,0	0,4209	31,667
25	25,0	0,4214	33,333
30	30,0	0,4217	35,000
35	35,0	0,4213	36,667
40	40,0	0,4214	38,333
45	45,0	0,4206	40,000
50	50,0	0,4191	41,667
55	55,0	0,4178	43,333
60	60,0	0,4174	45,000
65	65,0	0,4164	46,667
70	70,0	0,4151	48,333
75	75,0	0,4138	50,000
80	80,0	0,4127	51,667
85	85,0	0,4124	53,333
90	90,0	0,4132	55,000
95	95,0	0,4136	56,667
100	100,0	0,4135	58,333
105	105,0	0,4133	60,000
110	110,0	0,4156	61,667
115	115,0	0,4121	63,333
120	120,0	0,4108	65,000
125	125,0	0,4097	66,667
130	130,0	0,4084	68,333
135	135,0	0,4073	70,000
140	140,0	0,4065	71,667
145	145,0	0,4051	73,333
150	150,0	0,4035	75,000

Evaluation: Signed

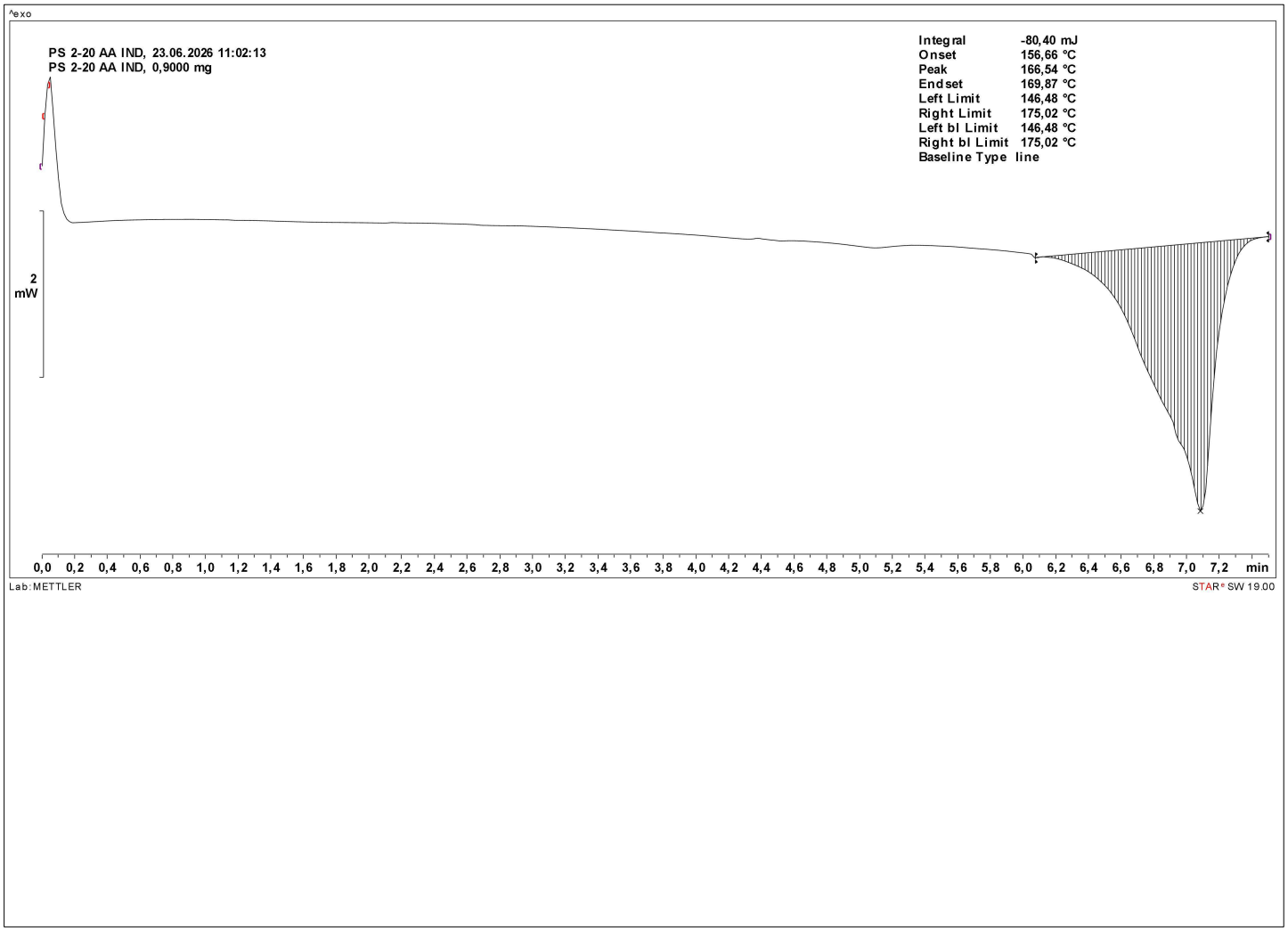
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
155	155,0	0,4018	76,667
160	160,0	0,4001	78,333
165	165,0	0,3987	80,000
170	170,0	0,3986	81,667
175	175,0	0,3979	83,333
180	180,0	0,3974	85,000
185	185,0	0,3972	86,667
190	190,0	0,3962	88,333
195	195,0	0,3943	90,000
200	200,0	0,3943	91,667
205	205,0	0,3938	93,333
210	210,0	0,3934	95,000
215	215,0	0,3924	96,667
220	220,0	0,3910	98,333
225	225,0	0,3910	100,000
230	230,0	0,3931	101,667
235	235,0	0,3976	103,333
240	240,0	0,4073	105,000
245	245,0	0,4264	106,667
250	250,0	0,4576	108,333
255	255,0	0,3223	110,000
260	260,0	0,3709	111,667
265	265,0	0,3842	113,333
270	270,0	0,3947	115,000
275	275,0	0,4022	116,667
280	280,0	0,4063	118,333
285	285,0	0,3813	120,000
290	290,0	0,3813	121,667
295	295,0	0,3818	123,333
300	300,0	0,3771	125,000
305	305,0	0,3722	126,667
310	310,0	0,3664	128,333
315	315,0	0,3610	130,000
320	320,0	0,3565	131,667
325	325,0	0,3532	133,333
330	330,0	0,3502	135,000
335	335,0	0,3473	136,667
340	340,0	0,3446	138,333
345	345,0	0,3420	140,000
350	350,0	0,3403	141,667
355	355,0	0,3391	143,333
360	360,0	0,3380	145,000
365	365,0	0,3375	146,667
370	370,0	0,3388	148,333
375	375,0	0,3558	150,000
380	380,0	0,3397	151,667
385	385,0	0,3370	153,333
390	390,0	0,3369	155,000
395	395,0	0,3368	156,667
400	400,0	0,3376	158,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
405	405,0	0,3377	160,000
410	410,0	0,3373	161,667
415	415,0	0,3374	163,333
420	420,0	0,3368	165,000
425	425,0	0,3374	166,667
430	430,0	0,3380	168,333
435	435,0	0,3378	170,000
440	440,0	0,3378	171,667
445	445,0	0,3379	173,333
450	450,0	0,3378	175,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PS 2-20 AA IND, 23.06.2026 11:02:13

Curve: PS 2-20 AA IND, 23.06.2026 11:02:13

Sample:	PS 2-20 AA IND, 0,9000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PS 2-20 AA IND
Method:	PS 2-20 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PS 2-20 AA IND, 23.06.2026 10:54:09
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-80,40 mJ
Onset	156,66 °C
Peak	166,54 °C
Endset	169,87 °C
Left Limit	146,48 °C
Right Limit	175,02 °C
Left bl Limit	146,48 °C
Right bl Limit	175,02 °C
Baseline Type	line

Texts:

PS 2-20 AA IND, 23.06.2026 11:02:13
PS 2-20 AA IND, 0,9000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	1,2348	25,000
5	5,0	1,4591	26,667
10	10,0	0,5693	28,333
15	15,0	0,5600	30,000
20	20,0	0,5692	31,667
25	25,0	0,5786	33,333
30	30,0	0,5850	35,000
35	35,0	0,5890	36,667
40	40,0	0,5927	38,333
45	45,0	0,5949	40,000
50	50,0	0,5950	41,667
55	55,0	0,5953	43,333
60	60,0	0,5935	45,000
65	65,0	0,5905	46,667
70	70,0	0,5854	48,333
75	75,0	0,5834	50,000
80	80,0	0,5800	51,667
85	85,0	0,5751	53,333
90	90,0	0,5701	55,000
95	95,0	0,5653	56,667
100	100,0	0,5619	58,333
105	105,0	0,5594	60,000
110	110,0	0,5574	61,667
115	115,0	0,5559	63,333
120	120,0	0,5541	65,000
125	125,0	0,5516	66,667
130	130,0	0,5550	68,333
135	135,0	0,5519	70,000
140	140,0	0,5500	71,667
145	145,0	0,5463	73,333
150	150,0	0,5423	75,000

Evaluation: Signed

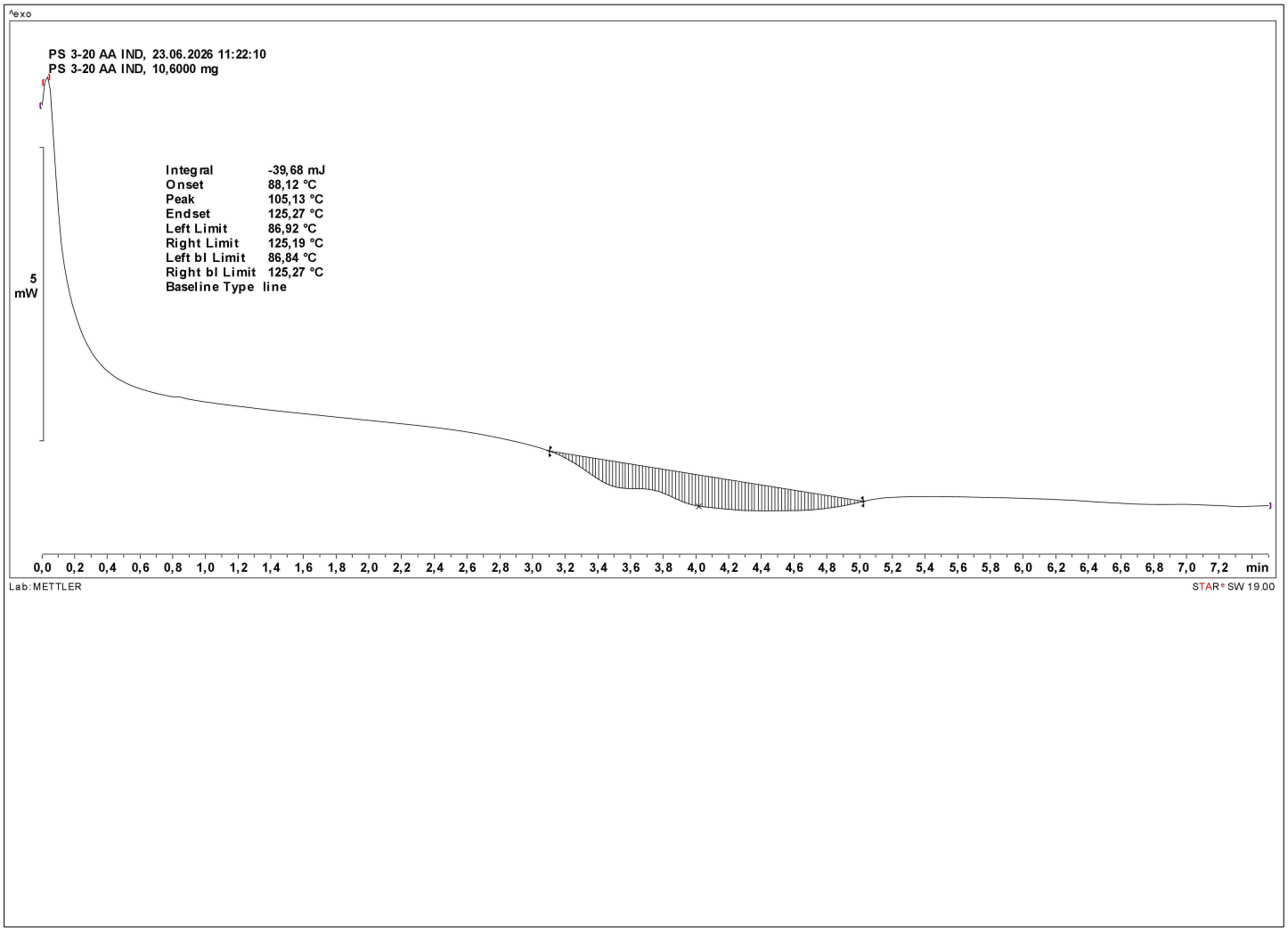
Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
155	155,0	0,5377	76,667
160	160,0	0,5273	78,333
165	165,0	0,5215	80,000
170	170,0	0,5195	81,667
175	175,0	0,5173	83,333
180	180,0	0,5119	85,000
185	185,0	0,5060	86,667
190	190,0	0,4992	88,333
195	195,0	0,4916	90,000
200	200,0	0,4837	91,667
205	205,0	0,4755	93,333
210	210,0	0,4663	95,000
215	215,0	0,4572	96,667
220	220,0	0,4477	98,333
225	225,0	0,4369	100,000
230	230,0	0,4275	101,667
235	235,0	0,4175	103,333
240	240,0	0,4059	105,000
245	245,0	0,3930	106,667
250	250,0	0,3795	108,333
255	255,0	0,3657	110,000
260	260,0	0,3584	111,667
265	265,0	0,3571	113,333
270	270,0	0,3390	115,000
275	275,0	0,3394	116,667
280	280,0	0,3337	118,333
285	285,0	0,3224	120,000
290	290,0	0,3087	121,667
295	295,0	0,2912	123,333
300	300,0	0,2707	125,000
305	305,0	0,2538	126,667
310	310,0	0,2625	128,333
315	315,0	0,2773	130,000
320	320,0	0,2842	131,667
325	325,0	0,2813	133,333
330	330,0	0,2747	135,000
335	335,0	0,2663	136,667
340	340,0	0,2526	138,333
345	345,0	0,2401	140,000
350	350,0	0,2269	141,667
355	355,0	0,2107	143,333
360	360,0	0,1922	145,000
365	365,0	0,1338	146,667
370	370,0	0,1375	148,333
375	375,0	98,2969e-03	150,000
380	380,0	33,1994e-03	151,667
385	385,0	-56,8657e-03	153,333
390	390,0	-0,2007	155,000
395	395,0	-0,4194	156,667
400	400,0	-0,7672	158,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
405	405,0	-1,1769	160,000
410	410,0	-1,5268	161,667
415	415,0	-1,8390	163,333
420	420,0	-2,2523	165,000
425	425,0	-2,9050	166,667
430	430,0	-1,3297	168,333
435	435,0	-0,1983	170,000
440	440,0	0,2310	171,667
445	445,0	0,3605	173,333
450	450,0	0,3880	175,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PS 3-20 AA IND, 23.06.2026 11:22:10

Curve: PS 3-20 AA IND, 23.06.2026 11:22:10

Sample:	PS 3-20 AA IND, 10,6000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PS 3-20 AA IND
Method:	PS 3-20 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PS 3-20 AA IND, 23.06.2026 11:13:01
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-39,68 mJ
Onset	88,12 °C
Peak	105,13 °C
Endset	125,27 °C
Left Limit	86,92 °C
Right Limit	125,19 °C
Left bl Limit	86,84 °C
Right bl Limit	125,27 °C
Baseline Type	line

Texts:

PS 3-20 AA IND, 23.06.2026 11:22:10
PS 3-20 AA IND, 10,6000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	1,0774	25,000
5	5,0	-97,5523e-03	26,667
10	10,0	-2,1034	28,333
15	15,0	-2,8454	30,000
20	20,0	-3,2494	31,667
25	25,0	-3,4850	33,333
30	30,0	-3,6308	35,000
35	35,0	-3,7301	36,667
40	40,0	-3,7999	38,333
45	45,0	-3,8557	40,000
50	50,0	-3,8815	41,667
55	55,0	-3,9321	43,333
60	60,0	-3,9691	45,000
65	65,0	-4,0020	46,667
70	70,0	-4,0318	48,333
75	75,0	-4,0595	50,000
80	80,0	-4,0876	51,667
85	85,0	-4,1150	53,333
90	90,0	-4,1402	55,000
95	95,0	-4,1645	56,667
100	100,0	-4,1887	58,333
105	105,0	-4,2129	60,000
110	110,0	-4,2370	61,667
115	115,0	-4,2600	63,333
120	120,0	-4,2837	65,000
125	125,0	-4,3078	66,667
130	130,0	-4,3320	68,333
135	135,0	-4,3562	70,000
140	140,0	-4,3818	71,667
145	145,0	-4,4095	73,333
150	150,0	-4,4398	75,000

Evaluation: Signed

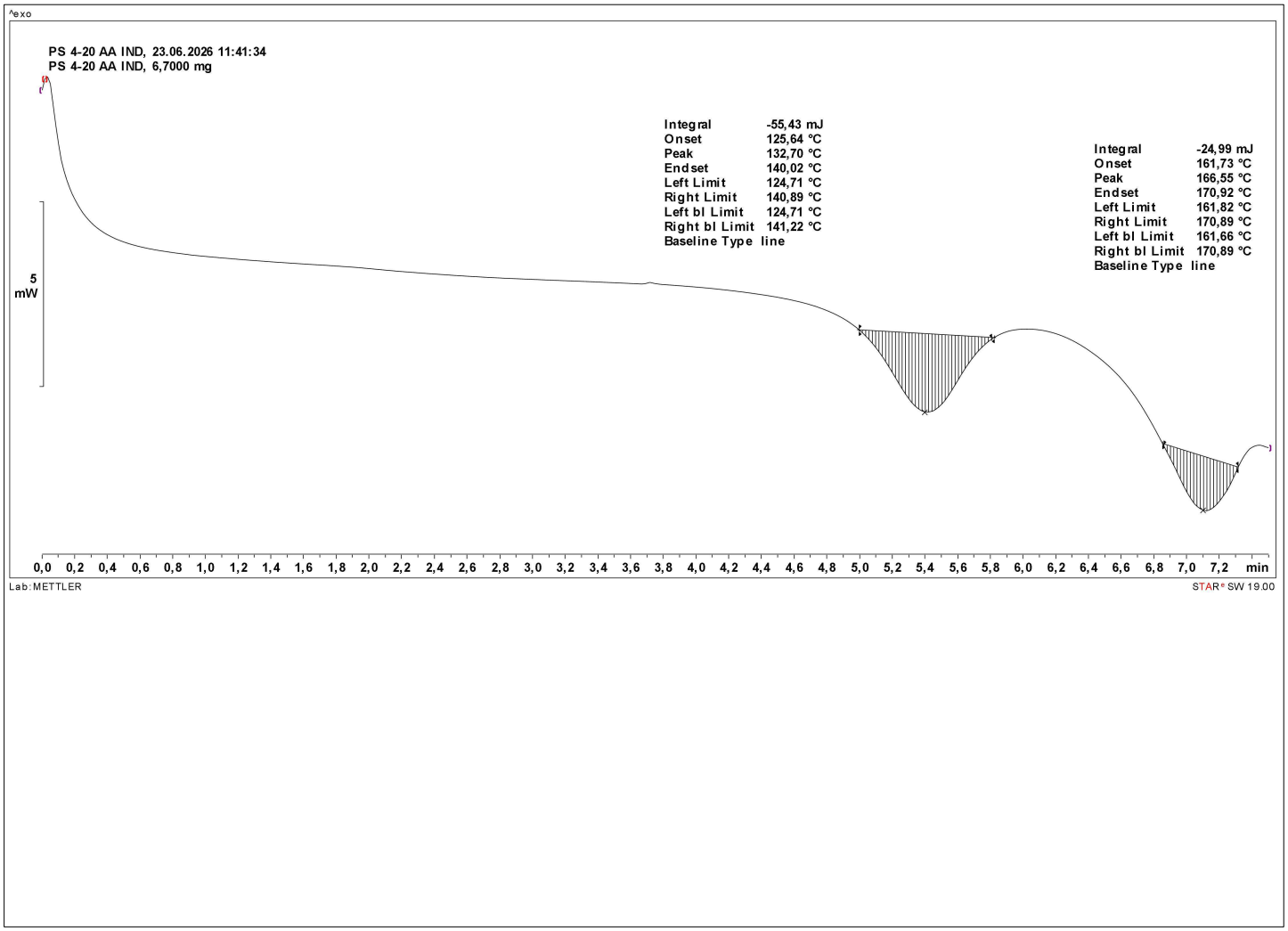
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
155	155,0	-4,4733	76,667
160	160,0	-4,5131	78,333
165	165,0	-4,5569	80,000
170	170,0	-4,6051	81,667
175	175,0	-4,6576	83,333
180	180,0	-4,7166	85,000
185	185,0	-4,7875	86,667
190	190,0	-4,8783	88,333
195	195,0	-5,0010	90,000
200	200,0	-5,1557	91,667
205	205,0	-5,3087	93,333
210	210,0	-5,4107	95,000
215	215,0	-5,4437	96,667
220	220,0	-5,4464	98,333
225	225,0	-5,4780	100,000
230	230,0	-5,5625	101,667
235	235,0	-5,6656	103,333
240	240,0	-5,7355	105,000
245	245,0	-5,7651	106,667
250	250,0	-5,7873	108,333
255	255,0	-5,8078	110,000
260	260,0	-5,8185	111,667
265	265,0	-5,8216	113,333
270	270,0	-5,8204	115,000
275	275,0	-5,8182	116,667
280	280,0	-5,8135	118,333
285	285,0	-5,7949	120,000
290	290,0	-5,7664	121,667
295	295,0	-5,7282	123,333
300	300,0	-5,6767	125,000
305	305,0	-5,6276	126,667
310	310,0	-5,5990	128,333
315	315,0	-5,5871	130,000
320	320,0	-5,5811	131,667
325	325,0	-5,5799	133,333
330	330,0	-5,5806	135,000
335	335,0	-5,5834	136,667
340	340,0	-5,5883	138,333
345	345,0	-5,5937	140,000
350	350,0	-5,5983	141,667
355	355,0	-5,6035	143,333
360	360,0	-5,6103	145,000
365	365,0	-5,6179	146,667
370	370,0	-5,6262	148,333
375	375,0	-5,6368	150,000
380	380,0	-5,6495	151,667
385	385,0	-5,6651	153,333
390	390,0	-5,6791	155,000
395	395,0	-5,6921	156,667
400	400,0	-5,7048	158,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
405	405,0	-5,7119	160,000
410	410,0	-5,7142	161,667
415	415,0	-5,7135	163,333
420	420,0	-5,7129	165,000
425	425,0	-5,7206	166,667
430	430,0	-5,7304	168,333
435	435,0	-5,7405	170,000
440	440,0	-5,7529	171,667
445	445,0	-5,7421	173,333
450	450,0	-5,7332	175,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PS 4-20 AA IND, 23.06.2026 11:41:34

Curve: PS 4-20 AA IND, 23.06.2026 11:41:34

Sample: PS 4-20 AA IND, 6,7000 mg

Sample Holder: Aluminum Standard 40ul
Material: Aluminum

Method Name: PS 4-20 AA IND

Method: PS 4-20 AA IND
Released
dt 1,00 s
[1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min
Synchronization enabled

Released

Experiment: PS 4-20 AA IND, 23.06.2026 11:32:14

Comments: -

Gas: Air

Module: DSC3, 30.01.2026 16:30:33

TA Technique: DSC

Categories:

User: METTLER

Adjustment:

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-24,99 mJ
Onset	161,73 °C
Peak	166,55 °C
Endset	170,92 °C
Left Limit	161,82 °C
Right Limit	170,89 °C
Left bl Limit	161,66 °C
Right bl Limit	170,89 °C
Baseline Type	line

Integral	-55,43 mJ
Onset	125,64 °C
Peak	132,70 °C
Endset	140,02 °C
Left Limit	124,71 °C
Right Limit	140,89 °C
Left bl Limit	124,71 °C
Right bl Limit	141,22 °C
Baseline Type	line

Texts:

PS 4-20 AA IND, 23.06.2026 11:41:34
PS 4-20 AA IND, 6,7000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,9192	25,000
5	5,0	-29,6617e-03	26,667
10	10,0	-1,7119	28,333
15	15,0	-2,4140	30,000
20	20,0	-2,8047	31,667
25	25,0	-3,0406	33,333
30	30,0	-3,1969	35,000
35	35,0	-3,3072	36,667
40	40,0	-3,3884	38,333
45	45,0	-3,4510	40,000
50	50,0	-3,5044	41,667
55	55,0	-3,5514	43,333
60	60,0	-3,5880	45,000
65	65,0	-3,6209	46,667
70	70,0	-3,6536	48,333
75	75,0	-3,6838	50,000
80	80,0	-3,7113	51,667
85	85,0	-3,7384	53,333
90	90,0	-3,7634	55,000
95	95,0	-3,7873	56,667
100	100,0	-3,8105	58,333
105	105,0	-3,8336	60,000
110	110,0	-3,8582	61,667

Evaluation: Signed

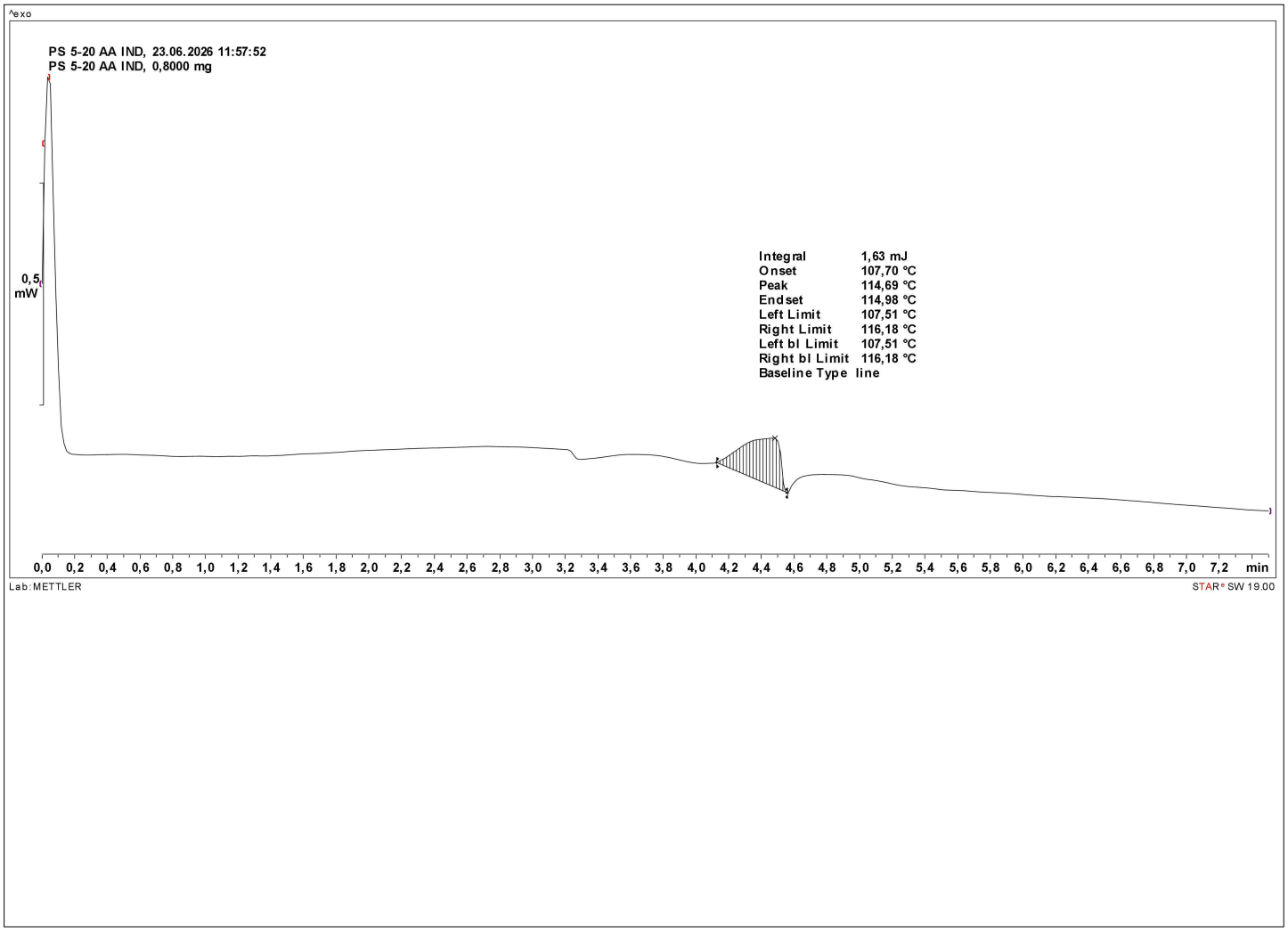
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
115	115,0	-3,8849	63,333
120	120,0	-3,9177	65,000
125	125,0	-3,9525	66,667
130	130,0	-3,9854	68,333
135	135,0	-4,0154	70,000
140	140,0	-4,0434	71,667
145	145,0	-4,0708	73,333
150	150,0	-4,0958	75,000
155	155,0	-4,1197	76,667
160	160,0	-4,1413	78,333
165	165,0	-4,1613	80,000
170	170,0	-4,1793	81,667
175	175,0	-4,1953	83,333
180	180,0	-4,2104	85,000
185	185,0	-4,2256	86,667
190	190,0	-4,2405	88,333
195	195,0	-4,2552	90,000
200	200,0	-4,2694	91,667
205	205,0	-4,2847	93,333
210	210,0	-4,3009	95,000
215	215,0	-4,3183	96,667
220	220,0	-4,3356	98,333
225	225,0	-4,3251	100,000
230	230,0	-4,3611	101,667
235	235,0	-4,3888	103,333
240	240,0	-4,4185	105,000
245	245,0	-4,4519	106,667
250	250,0	-4,4909	108,333
255	255,0	-4,5339	110,000
260	260,0	-4,5824	111,667
265	265,0	-4,6360	113,333
270	270,0	-4,6970	115,000
275	275,0	-4,7698	116,667
280	280,0	-4,8585	118,333
285	285,0	-4,9730	120,000
290	290,0	-5,1208	121,667
295	295,0	-5,3177	123,333
300	300,0	-5,5921	125,000
305	305,0	-5,9759	126,667
310	310,0	-6,4971	128,333
315	315,0	-7,1093	130,000
320	320,0	-7,6203	131,667
325	325,0	-7,8053	133,333
330	330,0	-7,5984	135,000
335	335,0	-7,0692	136,667
340	340,0	-6,4837	138,333
345	345,0	-6,0406	140,000
350	350,0	-5,7570	141,667
355	355,0	-5,6054	143,333
360	360,0	-5,5580	145,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
365	365,0	-5,5719	146,667
370	370,0	-5,6396	148,333
375	375,0	-5,7639	150,000
380	380,0	-5,9468	151,667
385	385,0	-6,1831	153,333
390	390,0	-6,4717	155,000
395	395,0	-6,8242	156,667
400	400,0	-7,2740	158,333
405	405,0	-7,8403	160,000
410	410,0	-8,5034	161,667
415	415,0	-9,2159	163,333
420	420,0	-9,9712	165,000
425	425,0	-10,4288	166,667
430	430,0	-10,3788	168,333
435	435,0	-9,9031	170,000
440	440,0	-9,1338	171,667
445	445,0	-8,7277	173,333
450	450,0	-8,7737	175,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: PS 5-20 AA IND, 23.06.2026 11:57:52

Curve: PS 5-20 AA IND, 23.06.2026 11:57:52

Sample:	PS 5-20 AA IND, 0,8000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PS 5-20 AA IND
Method:	PS 5-20 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PS 5-20 AA IND, 23.06.2026 11:48:38
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	1,63 mJ
Onset	107,70 °C
Peak	114,69 °C
Endset	114,98 °C
Left Limit	107,51 °C
Right Limit	116,18 °C
Left bl Limit	107,51 °C
Right bl Limit	116,18 °C
Baseline Type	line

Texts:

PS 5-20 AA IND, 23.06.2026 11:57:52
PS 5-20 AA IND, 0,8000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	°C
0	0,0	0,8959	25,000
5	5,0	0,8772	26,667
10	10,0	0,5129	28,333
15	15,0	0,5090	30,000
20	20,0	0,5095	31,667
25	25,0	0,5102	33,333
30	30,0	0,5107	35,000
35	35,0	0,5096	36,667
40	40,0	0,5086	38,333
45	45,0	0,5071	40,000
50	50,0	0,5057	41,667
55	55,0	0,5061	43,333
60	60,0	0,5061	45,000
65	65,0	0,5056	46,667
70	70,0	0,5062	48,333
75	75,0	0,5067	50,000
80	80,0	0,5069	51,667
85	85,0	0,5077	53,333
90	90,0	0,5091	55,000
95	95,0	0,5114	56,667
100	100,0	0,5124	58,333
105	105,0	0,5140	60,000
110	110,0	0,5158	61,667
115	115,0	0,5183	63,333
120	120,0	0,5196	65,000
125	125,0	0,5208	66,667
130	130,0	0,5220	68,333
135	135,0	0,5234	70,000
140	140,0	0,5245	71,667
145	145,0	0,5250	73,333
150	150,0	0,5261	75,000

Evaluation: Signed

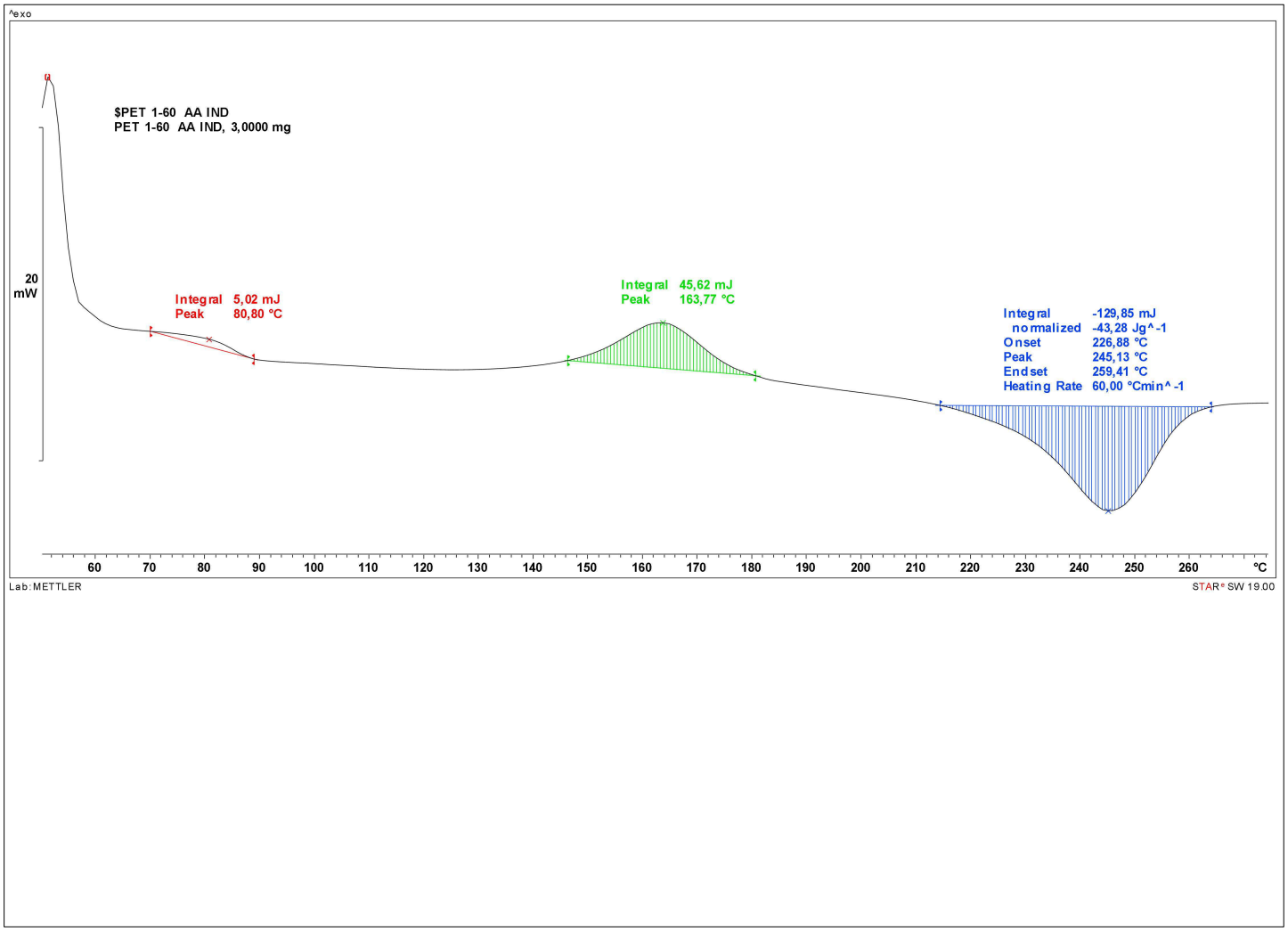
Index	Time	Value	Ref. Temp.
	s	mW	° C
155	155,0	0,5270	76,667
160	160,0	0,5282	78,333
165	165,0	0,5284	80,000
170	170,0	0,5275	81,667
175	175,0	0,5272	83,333
180	180,0	0,5257	85,000
185	185,0	0,5241	86,667
190	190,0	0,5223	88,333
195	195,0	0,5093	90,000
200	200,0	0,5004	91,667
205	205,0	0,5037	93,333
210	210,0	0,5078	95,000
215	215,0	0,5105	96,667
220	220,0	0,5102	98,333
225	225,0	0,5084	100,000
230	230,0	0,5035	101,667
235	235,0	0,4964	103,333
240	240,0	0,4907	105,000
245	245,0	0,4904	106,667
250	250,0	0,5002	108,333
255	255,0	0,5208	110,000
260	260,0	0,5396	111,667
265	265,0	0,5454	113,333
270	270,0	0,5394	115,000
275	275,0	0,4396	116,667
280	280,0	0,4619	118,333
285	285,0	0,4651	120,000
290	290,0	0,4649	121,667
295	295,0	0,4635	123,333
300	300,0	0,4574	125,000
305	305,0	0,4524	126,667
310	310,0	0,4467	128,333
315	315,0	0,4402	130,000
320	320,0	0,4369	131,667
325	325,0	0,4345	133,333
330	330,0	0,4309	135,000
335	335,0	0,4293	136,667
340	340,0	0,4277	138,333
345	345,0	0,4254	140,000
350	350,0	0,4239	141,667
355	355,0	0,4223	143,333
360	360,0	0,4199	145,000
365	365,0	0,4175	146,667
370	370,0	0,4156	148,333
375	375,0	0,4145	150,000
380	380,0	0,4131	151,667
385	385,0	0,4117	153,333
390	390,0	0,4102	155,000
395	395,0	0,4080	156,667
400	400,0	0,4056	158,333

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C
405	405,0	0,4033	160,000
410	410,0	0,4005	161,667
415	415,0	0,3980	163,333
420	420,0	0,3957	165,000
425	425,0	0,3937	166,667
430	430,0	0,3911	168,333
435	435,0	0,3890	170,000
440	440,0	0,3865	171,667
445	445,0	0,3844	173,333
450	450,0	0,3832	175,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: $PET 1-60 AA IND

Curve: $PET 1-60 AA IND

Sample:	PET 1-60 AA IND, 3,0000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PET1-60 AA IND
Method:	PET1-60 AA IND Released dt 1,00 s [1] 50,0..275,0 ° C, 60,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled
Released	
Experiment:	PET 1-60 AA IND, 19.06.2026 08:11:00
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 3,75 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-129,85 mJ
normalized	-43,28 Jg^-1
Onset	226,88 °C
Peak	245,13 °C
Endset	259,41 °C
Heating Rate	60,00 °Cmin^-1
Integral	45,62 mJ
Peak	163,77 °C
Integral	5,02 mJ
Peak	80,80 °C

Texts:

$PET 1-60 AA IND
PET 1-60 AA IND, 3,0000 mg

Values:

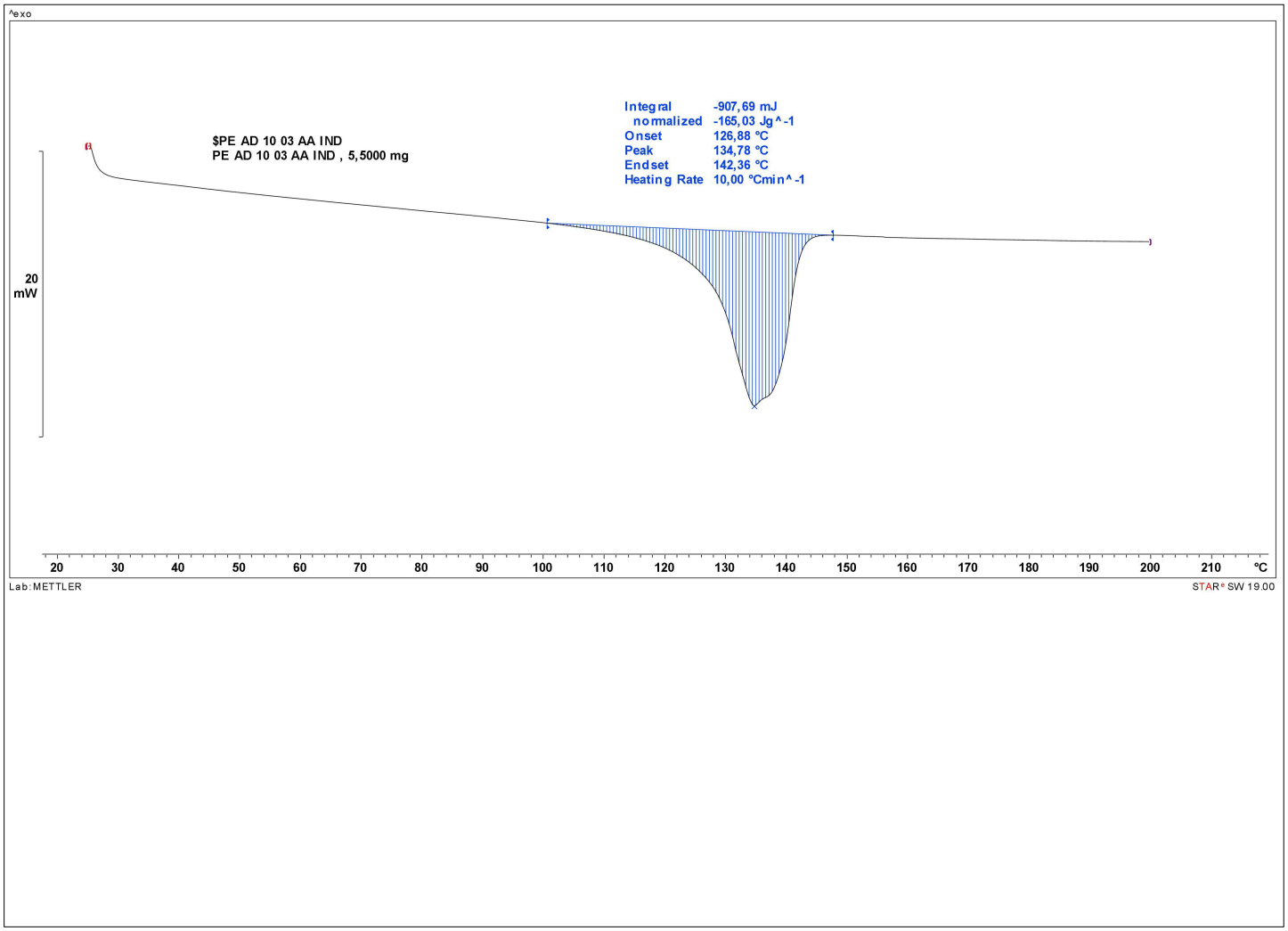
Index	Time	Value	Ref. Temp.	Sample Temp.
	s	mW	°C	°C
0	0,0	7,4994	50,000	0,000
3	3,0	6,3620	53,000	3,000
6	6,0	-2,8706	56,000	6,000
9	9,0	-4,7477	59,000	9,000
12	12,0	-5,4517	62,000	12,000
15	15,0	-5,7484	65,000	15,000
18	18,0	-5,8490	68,000	18,000
21	21,0	-5,9260	71,000	21,000
24	24,0	-6,0153	74,000	24,000
27	27,0	-6,1361	77,000	27,000
30	30,0	-6,3067	80,000	30,000
33	33,0	-6,6026	83,000	33,000
36	36,0	-7,1234	86,000	36,000
39	39,0	-7,5536	89,000	39,000
42	42,0	-7,6904	92,000	42,000
45	45,0	-7,7522	95,000	45,000
48	48,0	-7,8013	98,000	48,000
51	51,0	-7,8584	101,000	51,000
54	54,0	-7,9197	104,000	54,000
57	57,0	-7,9730	107,000	57,000
60	60,0	-8,0295	110,000	60,000
63	63,0	-8,0841	113,000	63,000
66	66,0	-8,1293	116,000	66,000
69	69,0	-8,1657	119,000	69,000
72	72,0	-8,1942	122,000	72,000
75	75,0	-8,2121	125,000	75,000
78	78,0	-8,2073	128,000	78,000
81	81,0	-8,1812	131,000	81,000
84	84,0	-8,1378	134,000	84,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
87	87,0	-8,0795	137,000	87,000
90	90,0	-7,9879	140,000	90,000
93	93,0	-7,8645	143,000	93,000
96	96,0	-7,6979	146,000	96,000
99	99,0	-7,4626	149,000	99,000
102	102,0	-7,1186	152,000	102,000
105	105,0	-6,6493	155,000	105,000
108	108,0	-6,0718	158,000	108,000
111	111,0	-5,5428	161,000	111,000
114	114,0	-5,3977	164,000	114,000
117	117,0	-5,7695	167,000	117,000
120	120,0	-6,5055	170,000	120,000
123	123,0	-7,3004	173,000	123,000
126	126,0	-7,9271	176,000	126,000
129	129,0	-8,3561	179,000	129,000
132	132,0	-8,6629	182,000	132,000
135	135,0	-8,8951	185,000	135,000
138	138,0	-9,0392	188,000	138,000
141	141,0	-9,1721	191,000	141,000
144	144,0	-9,3049	194,000	144,000
147	147,0	-9,4422	197,000	147,000
150	150,0	-9,5653	200,000	150,000
153	153,0	-9,6951	203,000	153,000
156	156,0	-9,8321	206,000	156,000
159	159,0	-9,9809	209,000	159,000
162	162,0	-10,1525	212,000	162,000
165	165,0	-10,3564	215,000	165,000
168	168,0	-10,6017	218,000	168,000
171	171,0	-10,9088	221,000	171,000
174	174,0	-11,2469	224,000	174,000
177	177,0	-11,6357	227,000	177,000
180	180,0	-12,1167	230,000	180,000
183	183,0	-12,7435	233,000	183,000
186	186,0	-13,5892	236,000	186,000
189	189,0	-14,6389	239,000	189,000
192	192,0	-15,7739	242,000	192,000
195	195,0	-16,6077	245,000	195,000
198	198,0	-16,5109	248,000	198,000
201	201,0	-15,5142	251,000	201,000
204	204,0	-13,8511	254,000	204,000
207	207,0	-12,1386	257,000	207,000
210	210,0	-11,0986	260,000	210,000
213	213,0	-10,5810	263,000	213,000
216	216,0	-10,3515	266,000	216,000
219	219,0	-10,2537	269,000	219,000
222	222,0	-10,2207	272,000	222,000
225	225,0	-10,2067	275,000	225,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: $PE AD 10 03 AA IND

Curve: $PE AD 10 03 AA IND

Sample:	PE AD 10 03 AA IND , 5,5000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PE AD 03 10 AA IND
Method:	PE AD 03 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..200,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PE AD 10 03 AA IND , 12.08.2026 12:34:02
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 17,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	-907,69 mJ
normalized	-165,03 Jg^-1
Onset	126,88 °C
Peak	134,78 °C
Endset	142,36 °C
Heating Rate	10,00 °Cmin^-1

Texts:

$PE AD 10 03 AA IND
PE AD 10 03 AA IND , 5,5000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.	Sample Temp.
	s	mW	°C	°C
0	0,0	-79,5674e-03	25,000	0,000
11	11,0	-1,6670	26,833	11,000
22	22,0	-2,1629	28,667	22,000
33	33,0	-2,3319	30,500	33,000
44	44,0	-2,4405	32,333	44,000
55	55,0	-2,5364	34,167	55,000
66	66,0	-2,6268	36,000	66,000
77	77,0	-2,7165	37,833	77,000
88	88,0	-2,8051	39,667	88,000
99	99,0	-2,8958	41,500	99,000
110	110,0	-2,9893	43,333	110,000
121	121,0	-3,0804	45,167	121,000
132	132,0	-3,1699	47,000	132,000
143	143,0	-3,2576	48,833	143,000
154	154,0	-3,3401	50,667	154,000
165	165,0	-3,4250	52,500	165,000
176	176,0	-3,5076	54,333	176,000
187	187,0	-3,5887	56,167	187,000
198	198,0	-3,6673	58,000	198,000
209	209,0	-3,7450	59,833	209,000
220	220,0	-3,8221	61,667	220,000
231	231,0	-3,9019	63,500	231,000
242	242,0	-3,9820	65,333	242,000
253	253,0	-4,0569	67,167	253,000
264	264,0	-4,1324	69,000	264,000
275	275,0	-4,2065	70,833	275,000
286	286,0	-4,2815	72,667	286,000
297	297,0	-4,3573	74,500	297,000
308	308,0	-4,4323	76,333	308,000
319	319,0	-4,5094	78,167	319,000
330	330,0	-4,5867	80,000	330,000
341	341,0	-4,6597	81,833	341,000
352	352,0	-4,7328	83,667	352,000
363	363,0	-4,8026	85,500	363,000

Evaluation: Signed

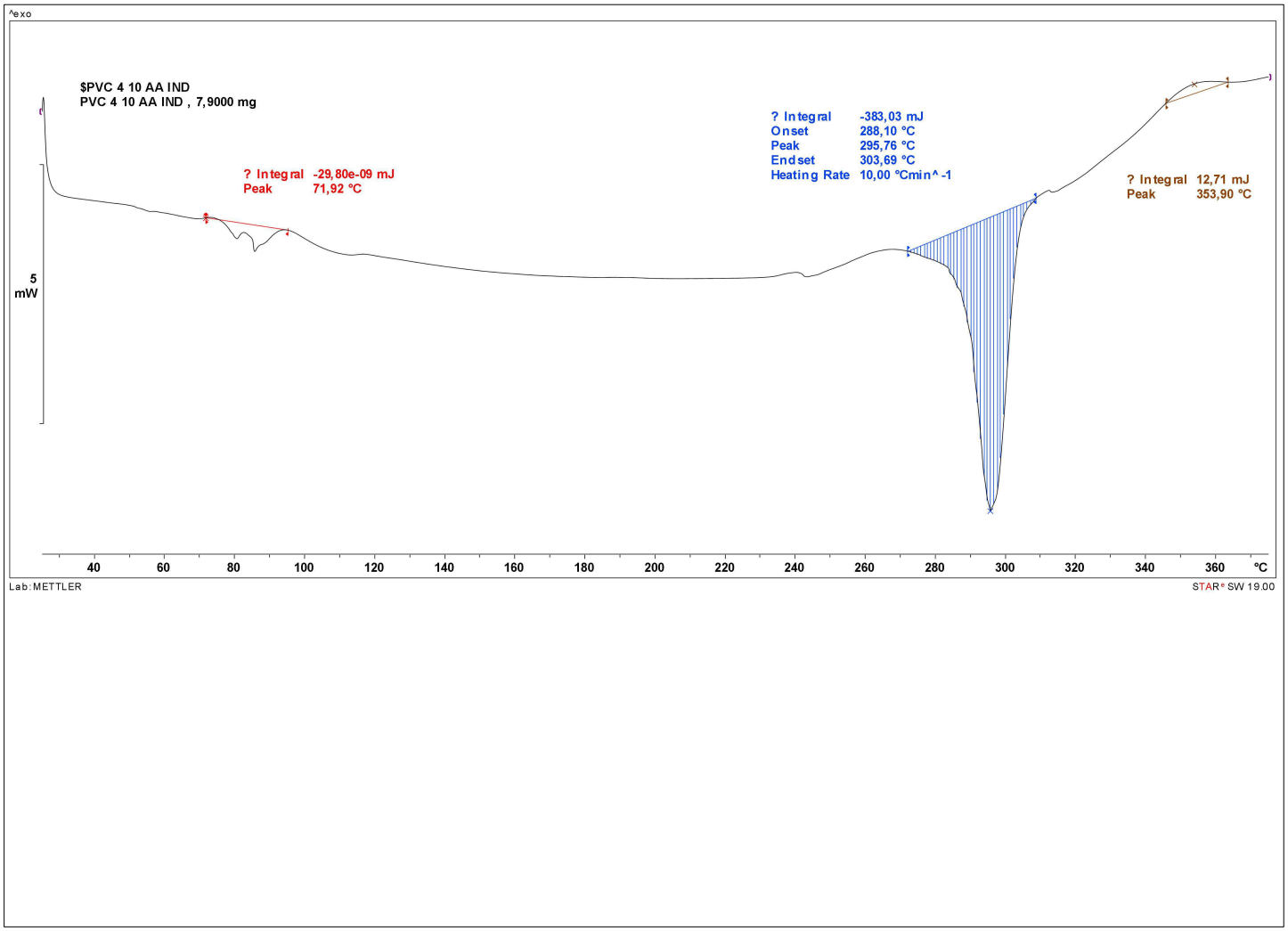
Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
374	374,0	-4,8777	87,333	374,000
385	385,0	-4,9552	89,167	385,000
396	396,0	-5,0292	91,000	396,000
407	407,0	-5,1041	92,833	407,000
418	418,0	-5,1871	94,667	418,000
429	429,0	-5,2630	96,500	429,000
440	440,0	-5,3429	98,333	440,000
451	451,0	-5,4240	100,167	451,000
462	462,0	-5,5146	102,000	462,000
473	473,0	-5,6110	103,833	473,000
484	484,0	-5,7170	105,667	484,000
495	495,0	-5,8292	107,500	495,000
506	506,0	-5,9547	109,333	506,000
517	517,0	-6,0924	111,167	517,000
528	528,0	-6,2466	113,000	528,000
539	539,0	-6,4328	114,833	539,000
550	550,0	-6,6467	116,667	550,000
561	561,0	-6,9017	118,500	561,000
572	572,0	-7,2138	120,333	572,000
583	583,0	-7,6129	122,167	583,000
594	594,0	-8,1125	124,000	594,000
605	605,0	-8,7541	125,833	605,000
616	616,0	-9,5879	127,667	616,000
627	627,0	-10,8378	129,500	627,000
638	638,0	-12,9400	131,333	638,000
649	649,0	-15,7789	133,167	649,000
660	660,0	-18,0914	135,000	660,000
671	671,0	-17,7547	136,833	671,000
682	682,0	-16,9444	138,667	682,000
693	693,0	-13,7030	140,500	693,000
704	704,0	-8,1081	142,333	704,000
715	715,0	-6,5796	144,167	715,000
726	726,0	-6,3288	146,000	726,000
737	737,0	-6,3020	147,833	737,000
748	748,0	-6,3155	149,667	748,000
759	759,0	-6,3451	151,500	759,000
770	770,0	-6,3802	153,333	770,000
781	781,0	-6,4010	155,167	781,000
792	792,0	-6,4542	157,000	792,000
803	803,0	-6,4746	158,833	803,000
814	814,0	-6,4941	160,667	814,000
825	825,0	-6,5109	162,500	825,000
836	836,0	-6,5296	164,333	836,000
847	847,0	-6,5427	166,167	847,000
858	858,0	-6,5499	168,000	858,000
869	869,0	-6,5593	169,833	869,000
880	880,0	-6,5770	171,667	880,000
891	891,0	-6,5988	173,500	891,000
902	902,0	-6,6123	175,333	902,000
913	913,0	-6,6212	177,167	913,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
924	924,0	-6,6341	179,000	924,000
935	935,0	-6,6481	180,833	935,000
946	946,0	-6,6648	182,667	946,000
957	957,0	-6,6789	184,500	957,000
968	968,0	-6,6906	186,333	968,000
979	979,0	-6,7018	188,167	979,000
990	990,0	-6,7125	190,000	990,000
1001	1001,0	-6,7224	191,833	1001,000
1012	1012,0	-6,7309	193,667	1012,000
1023	1023,0	-6,7362	195,500	1023,000
1034	1034,0	-6,7415	197,333	1034,000
1045	1045,0	-6,7473	199,167	1045,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: $PVC 4 10 AA IND

Curve: $PVC 4 10 AA IND

Sample:	PVC 4 10 AA IND , 7,9000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PVC 4 10 AA IND
Method:	PVC 4 10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..375,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PVC 4 10 AA IND , 23.06.2026 08:46:40
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 35,00 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

? Integral	-29,80e-09 mJ
Peak	71,92 ° C
? Integral	-383,03 mJ
Onset	288,10 ° C
Peak	295,76 ° C
Endset	303,69 ° C
Heating Rate	10,00 ° Cmin^-1
? Integral	12,71 mJ
Peak	353,90 ° C

Texts:

$PVC 4 10 AA IND
PVC 4 10 AA IND , 7,9000 mg

Values:

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
0	0,0	0,5380	25,000	0,000
22	22,0	-0,9965	28,667	22,000
44	44,0	-1,1097	32,333	44,000
66	66,0	-1,1478	36,000	66,000
88	88,0	-1,1784	39,667	88,000
110	110,0	-1,2111	43,333	110,000
132	132,0	-1,2411	47,000	132,000
154	154,0	-1,2796	50,667	154,000
176	176,0	-1,3597	54,333	176,000
198	198,0	-1,3945	58,000	198,000
220	220,0	-1,4371	61,667	220,000
242	242,0	-1,4886	65,333	242,000
264	264,0	-1,5268	69,000	264,000
286	286,0	-1,5041	72,667	286,000
308	308,0	-1,5799	76,333	308,000
330	330,0	-1,8765	80,000	330,000
352	352,0	-1,8280	83,667	352,000
374	374,0	-2,0340	87,333	374,000
396	396,0	-1,8401	91,000	396,000
418	418,0	-1,7418	94,667	418,000
440	440,0	-1,8414	98,333	440,000
462	462,0	-1,9870	102,000	462,000
484	484,0	-2,1062	105,667	484,000
506	506,0	-2,1867	109,333	506,000
528	528,0	-2,2259	113,000	528,000
550	550,0	-2,2093	116,667	550,000
572	572,0	-2,2426	120,333	572,000
594	594,0	-2,2828	124,000	594,000
616	616,0	-2,3200	127,667	616,000
638	638,0	-2,3607	131,333	638,000

Evaluation: Signed

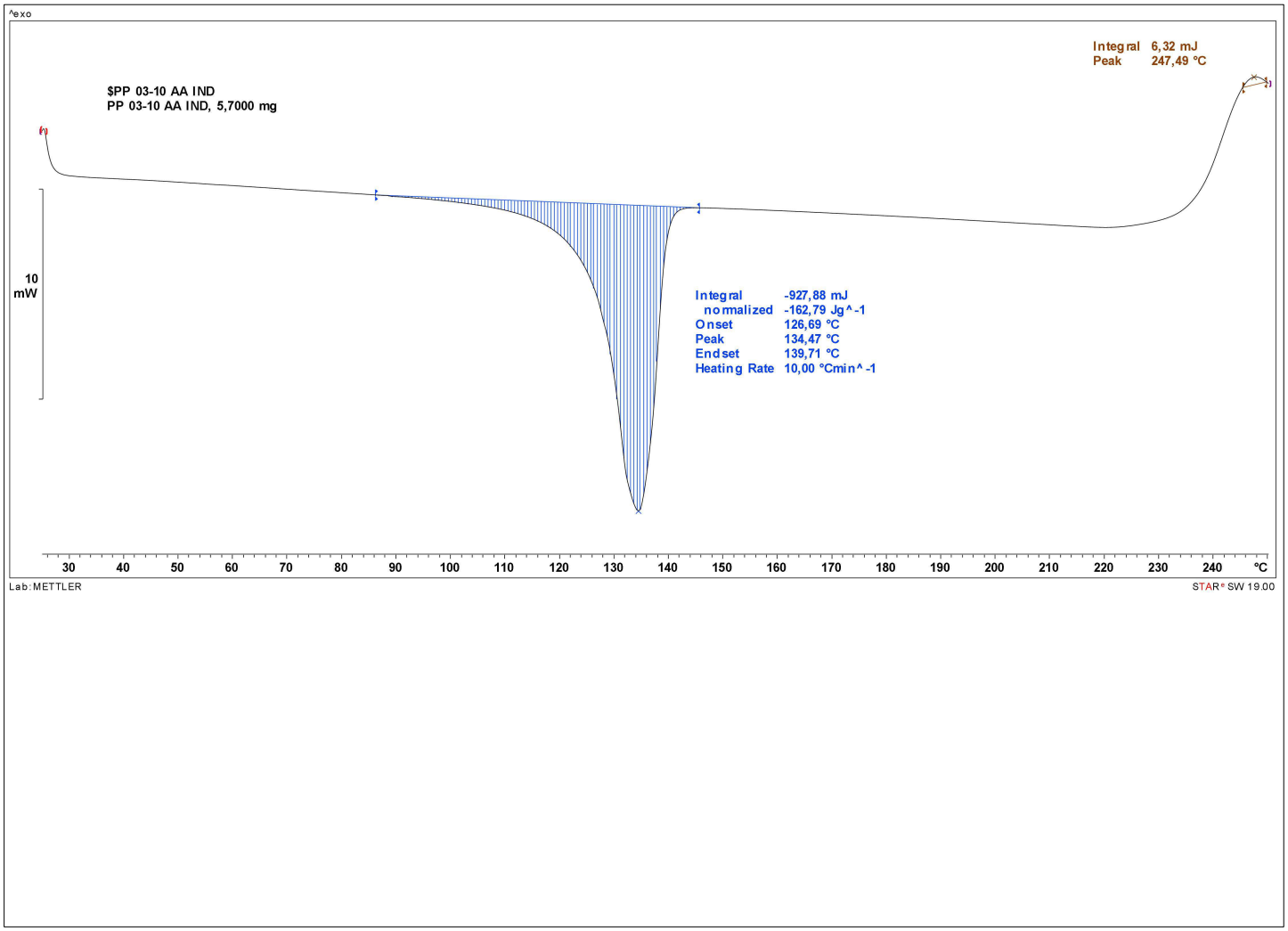
Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
660	660,0	-2,3992	135,000	660,000
682	682,0	-2,4351	138,667	682,000
704	704,0	-2,4682	142,333	704,000
726	726,0	-2,4991	146,000	726,000
748	748,0	-2,5279	149,667	748,000
770	770,0	-2,5527	153,333	770,000
792	792,0	-2,5747	157,000	792,000
814	814,0	-2,5922	160,667	814,000
836	836,0	-2,6104	164,333	836,000
858	858,0	-2,6258	168,000	858,000
880	880,0	-2,6356	171,667	880,000
902	902,0	-2,6437	175,333	902,000
924	924,0	-2,6531	179,000	924,000
946	946,0	-2,6594	182,667	946,000
968	968,0	-2,6584	186,333	968,000
990	990,0	-2,6588	190,000	990,000
1012	1012,0	-2,6626	193,667	1012,000
1034	1034,0	-2,6719	197,333	1034,000
1056	1056,0	-2,6798	201,000	1056,000
1078	1078,0	-2,6831	204,667	1078,000
1100	1100,0	-2,6830	208,333	1100,000
1122	1122,0	-2,6820	212,000	1122,000
1144	1144,0	-2,6793	215,667	1144,000
1166	1166,0	-2,6771	219,333	1166,000
1188	1188,0	-2,6734	223,000	1188,000
1210	1210,0	-2,6684	226,667	1210,000
1232	1232,0	-2,6607	230,333	1232,000
1254	1254,0	-2,6392	234,000	1254,000
1276	1276,0	-2,5838	237,667	1276,000
1298	1298,0	-2,5703	241,333	1298,000
1320	1320,0	-2,6267	245,000	1320,000
1342	1342,0	-2,5450	248,667	1342,000
1364	1364,0	-2,4521	252,333	1364,000
1386	1386,0	-2,3473	256,000	1386,000
1408	1408,0	-2,2438	259,667	1408,000
1430	1430,0	-2,1601	263,333	1430,000
1452	1452,0	-2,1196	267,000	1452,000
1474	1474,0	-2,1327	270,667	1474,000
1496	1496,0	-2,1953	274,333	1496,000
1518	1518,0	-2,2885	278,000	1518,000
1540	1540,0	-2,3857	281,667	1540,000
1562	1562,0	-2,6579	285,333	1562,000
1584	1584,0	-3,3481	289,000	1584,000
1606	1606,0	-5,2896	292,667	1606,000
1628	1628,0	-7,1294	296,333	1628,000
1650	1650,0	-5,2166	300,000	1650,000
1672	1672,0	-2,0069	303,667	1672,000
1694	1694,0	-1,2478	307,333	1694,000
1716	1716,0	-1,0277	311,000	1716,000
1738	1738,0	-0,9959	314,667	1738,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
1760	1760,0	-0,8586	318,333	1760,000
1782	1782,0	-0,7005	322,000	1782,000
1804	1804,0	-0,5090	325,667	1804,000
1826	1826,0	-0,3119	329,333	1826,000
1848	1848,0	-0,1195	333,000	1848,000
1870	1870,0	88,2127e-03	336,667	1870,000
1892	1892,0	0,3237	340,333	1892,000
1914	1914,0	0,5791	344,000	1914,000
1936	1936,0	0,8169	347,667	1936,000
1958	1958,0	0,9950	351,333	1958,000
1980	1980,0	1,0939	355,000	1980,000
2002	2002,0	1,1194	358,667	2002,000
2024	2024,0	1,1083	362,333	2024,000
2046	2046,0	1,1057	366,000	2046,000
2068	2068,0	1,1327	369,667	2068,000
2090	2090,0	1,1827	373,333	2090,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: $PP 03-10 AA IND

Curve: $PP 03-10 AA IND

Sample:	PP 03-10 AA IND, 5,7000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PP 03-10 AA IND
Method:	PP 03-10 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..250,0 ° C, 10,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PP 03-10 AA IND, 03.07.2026 08:27:45
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 22,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	6,32 mJ
Peak	247,49 °C
Integral normalized	-927,88 mJ -162,79 Jg^-1
Onset	126,69 °C
Peak	134,47 °C
Endset	139,71 °C
Heating Rate	10,00 °Cmin^-1

Texts:

$PP 03-10 AA IND
PP 03-10 AA IND, 5,7000 mg

Values:

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. °C	Sample Temp. °C
0	0,0	0,3514	25,000	0,000
14	14,0	-1,4688	27,333	14,000
28	28,0	-1,7580	29,667	28,000
42	42,0	-1,8206	32,000	42,000
56	56,0	-1,8597	34,333	56,000
70	70,0	-1,8911	36,667	70,000
84	84,0	-1,9211	39,000	84,000
98	98,0	-1,9485	41,333	98,000
112	112,0	-1,9784	43,667	112,000
126	126,0	-2,0131	46,000	126,000
140	140,0	-2,0485	48,333	140,000
154	154,0	-2,0858	50,667	154,000
168	168,0	-2,1252	53,000	168,000
182	182,0	-2,1659	55,333	182,000
196	196,0	-2,2042	57,667	196,000
210	210,0	-2,2400	60,000	210,000
224	224,0	-2,2786	62,333	224,000
238	238,0	-2,3189	64,667	238,000
252	252,0	-2,3581	67,000	252,000
266	266,0	-2,3990	69,333	266,000
280	280,0	-2,4374	71,667	280,000
294	294,0	-2,4763	74,000	294,000
308	308,0	-2,5150	76,333	308,000
322	322,0	-2,5547	78,667	322,000
336	336,0	-2,5946	81,000	336,000
350	350,0	-2,6326	83,333	350,000
364	364,0	-2,6727	85,667	364,000
378	378,0	-2,7116	88,000	378,000
392	392,0	-2,7696	90,333	392,000
406	406,0	-2,8080	92,667	406,000
420	420,0	-2,8595	95,000	420,000

Evaluation: Signed

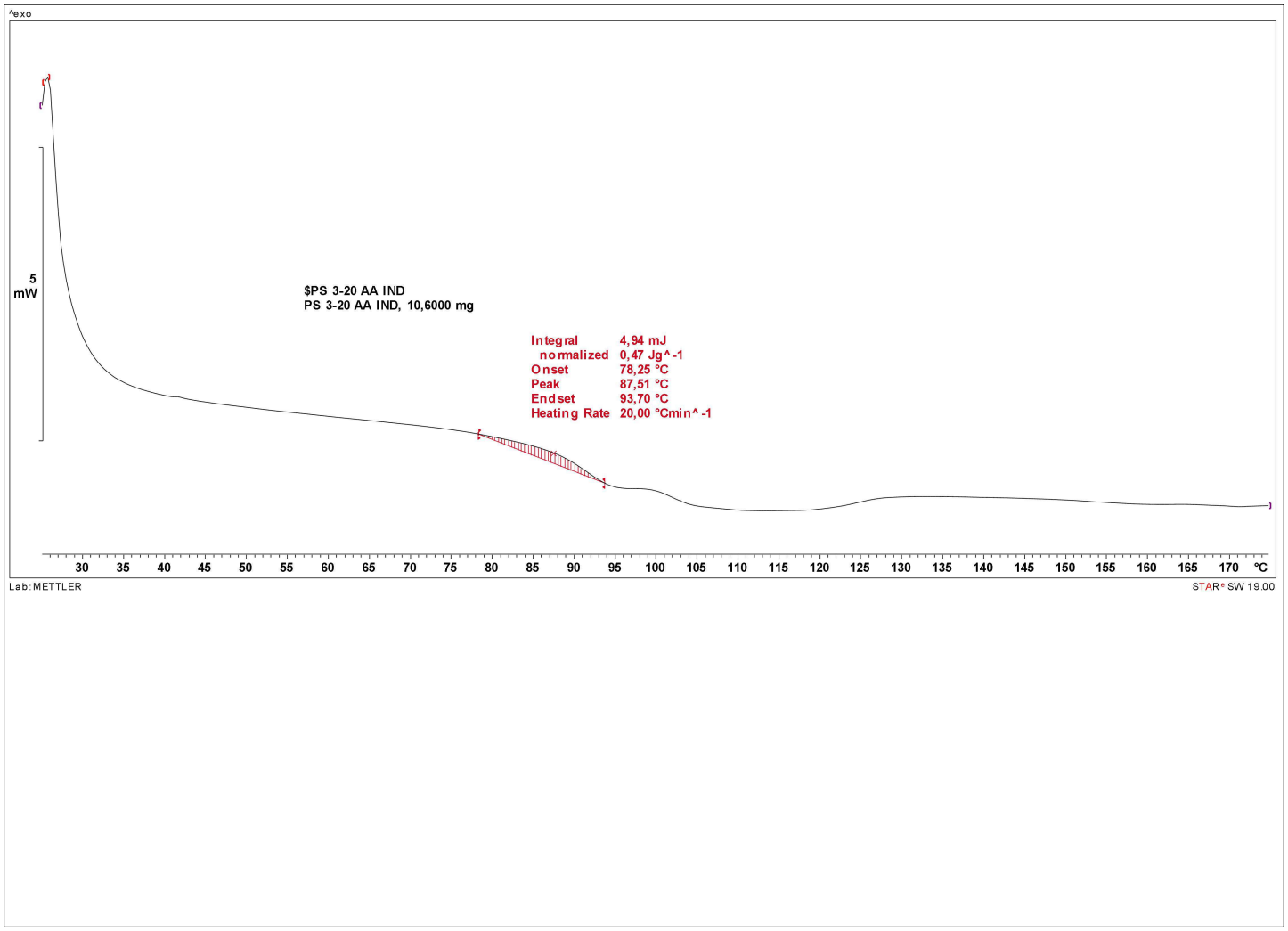
Index	Time	Value	Ref. Temp.	Sample Temp.
	s	mW	° C	° C
434	434,0	-2,9178	97,333	434,000
448	448,0	-2,9816	99,667	448,000
462	462,0	-3,0538	102,000	462,000
476	476,0	-3,1369	104,333	476,000
490	490,0	-3,2315	106,667	490,000
504	504,0	-3,3464	109,000	504,000
518	518,0	-3,4871	111,333	518,000
532	532,0	-3,6699	113,667	532,000
546	546,0	-3,9066	116,000	546,000
560	560,0	-4,2306	118,333	560,000
574	574,0	-4,6905	120,667	574,000
588	588,0	-5,3645	123,000	588,000
602	602,0	-6,3553	125,333	602,000
616	616,0	-7,9527	127,667	616,000
630	630,0	-10,5960	130,000	630,000
644	644,0	-15,0610	132,333	644,000
658	658,0	-17,5601	134,667	658,000
672	672,0	-15,0662	137,000	672,000
686	686,0	-6,1049	139,333	686,000
700	700,0	-3,5014	141,667	700,000
714	714,0	-3,3016	144,000	714,000
728	728,0	-3,2957	146,333	728,000
742	742,0	-3,3119	148,667	742,000
756	756,0	-3,3354	151,000	756,000
770	770,0	-3,3551	153,333	770,000
784	784,0	-3,3793	155,667	784,000
798	798,0	-3,4056	158,000	798,000
812	812,0	-3,4310	160,333	812,000
826	826,0	-3,4582	162,667	826,000
840	840,0	-3,4852	165,000	840,000
854	854,0	-3,5133	167,333	854,000
868	868,0	-3,5421	169,667	868,000
882	882,0	-3,5707	172,000	882,000
896	896,0	-3,6010	174,333	896,000
910	910,0	-3,6304	176,667	910,000
924	924,0	-3,6604	179,000	924,000
938	938,0	-3,6914	181,333	938,000
952	952,0	-3,7223	183,667	952,000
966	966,0	-3,7541	186,000	966,000
980	980,0	-3,7867	188,333	980,000
994	994,0	-3,8191	190,667	994,000
1008	1008,0	-3,8521	193,000	1008,000
1022	1022,0	-3,8856	195,333	1022,000
1036	1036,0	-3,9191	197,667	1036,000
1050	1050,0	-3,9531	200,000	1050,000
1064	1064,0	-3,9877	202,333	1064,000
1078	1078,0	-4,0222	204,667	1078,000
1092	1092,0	-4,0571	207,000	1092,000
1106	1106,0	-4,0912	209,333	1106,000
1120	1120,0	-4,1267	211,667	1120,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
1134	1134,0	-4,1619	214,000	1134,000
1148	1148,0	-4,1931	216,333	1148,000
1162	1162,0	-4,2197	218,667	1162,000
1176	1176,0	-4,2265	221,000	1176,000
1190	1190,0	-4,1970	223,333	1190,000
1204	1204,0	-4,1246	225,667	1204,000
1218	1218,0	-4,0237	228,000	1218,000
1232	1232,0	-3,8882	230,333	1232,000
1246	1246,0	-3,6821	232,667	1246,000
1260	1260,0	-3,3050	235,000	1260,000
1274	1274,0	-2,6130	237,333	1274,000
1288	1288,0	-1,4242	239,667	1288,000
1302	1302,0	0,3277	242,000	1302,000
1316	1316,0	1,9558	244,333	1316,000
1330	1330,0	2,8468	246,667	1330,000
1344	1344,0	2,7998	249,000	1344,000

Evaluation: Signed

Evaluation:



Categories:

Curve: $PS 3-20 AA IND

Curve: $PS 3-20 AA IND

Sample:	PS 3-20 AA IND, 10,6000 mg
Sample Holder:	Aluminum Standard 40ul Material: Aluminum
Method Name:	PS 3-20 AA IND
Method:	PS 3-20 AA IND Released dt 1,00 s [1] 25,0..175,0 ° C, 20,00 K/min, Air 25,0 ml/min Synchronization enabled

Released

Experiment:	PS 3-20 AA IND, 23.06.2026 11:13:01
Comments:	-
Gas:	Air
Module:	DSC3, 30.01.2026 16:30:33
TA Technique:	DSC
Categories:	
User:	METTLER
Adjustment:	

From 0,00 to 7,50 min
Gas Factor : 1
E Indium : 23,5012e+03 1/mW

dE relative : -48,6225e-03 - 123,7775e-06*T + 0,0000*T^2
date : 20.02.2026 14:46:17
Pt100
R(T) : 100,0798 + 0,3938*T - 58,0200e-06*T^2 Ohm
date : 20.02.2026 14:46:17

Results:

Integral	4,94 mJ
normalized	0,47 Jg^-1
Onset	78,25 °C
Peak	87,51 °C
Endset	93,70 °C
Heating Rate	20,00 °Cmin^-1

Texts:

$PS 3-20 AA IND
PS 3-20 AA IND, 10,6000 mg

Values:

Index	Time	Value	Ref. Temp.	Sample Temp.
	s	mW	°C	°C
0	0,0	1,0774	25,000	0,000
5	5,0	-97,5523e-03	26,667	5,000
10	10,0	-2,1034	28,333	10,000
15	15,0	-2,8454	30,000	15,000
20	20,0	-3,2494	31,667	20,000
25	25,0	-3,4850	33,333	25,000
30	30,0	-3,6308	35,000	30,000
35	35,0	-3,7301	36,667	35,000
40	40,0	-3,7999	38,333	40,000
45	45,0	-3,8557	40,000	45,000
50	50,0	-3,8815	41,667	50,000
55	55,0	-3,9321	43,333	55,000
60	60,0	-3,9691	45,000	60,000
65	65,0	-4,0020	46,667	65,000
70	70,0	-4,0318	48,333	70,000
75	75,0	-4,0595	50,000	75,000
80	80,0	-4,0876	51,667	80,000
85	85,0	-4,1150	53,333	85,000
90	90,0	-4,1402	55,000	90,000
95	95,0	-4,1645	56,667	95,000
100	100,0	-4,1887	58,333	100,000
105	105,0	-4,2129	60,000	105,000
110	110,0	-4,2370	61,667	110,000
115	115,0	-4,2600	63,333	115,000
120	120,0	-4,2837	65,000	120,000
125	125,0	-4,3078	66,667	125,000
130	130,0	-4,3320	68,333	130,000
135	135,0	-4,3562	70,000	135,000
140	140,0	-4,3818	71,667	140,000
145	145,0	-4,4095	73,333	145,000
150	150,0	-4,4398	75,000	150,000
155	155,0	-4,4733	76,667	155,000
160	160,0	-4,5131	78,333	160,000
165	165,0	-4,5569	80,000	165,000

Evaluation: Signed

Index	Time	Value	Ref. Temp.	Sample Temp.
	s	mW	° C	° C
170	170,0	-4,6051	81,667	170,000
175	175,0	-4,6576	83,333	175,000
180	180,0	-4,7166	85,000	180,000
185	185,0	-4,7875	86,667	185,000
190	190,0	-4,8783	88,333	190,000
195	195,0	-5,0010	90,000	195,000
200	200,0	-5,1557	91,667	200,000
205	205,0	-5,3087	93,333	205,000
210	210,0	-5,4107	95,000	210,000
215	215,0	-5,4437	96,667	215,000
220	220,0	-5,4464	98,333	220,000
225	225,0	-5,4780	100,000	225,000
230	230,0	-5,5625	101,667	230,000
235	235,0	-5,6656	103,333	235,000
240	240,0	-5,7355	105,000	240,000
245	245,0	-5,7651	106,667	245,000
250	250,0	-5,7873	108,333	250,000
255	255,0	-5,8078	110,000	255,000
260	260,0	-5,8185	111,667	260,000
265	265,0	-5,8216	113,333	265,000
270	270,0	-5,8204	115,000	270,000
275	275,0	-5,8182	116,667	275,000
280	280,0	-5,8135	118,333	280,000
285	285,0	-5,7949	120,000	285,000
290	290,0	-5,7664	121,667	290,000
295	295,0	-5,7282	123,333	295,000
300	300,0	-5,6767	125,000	300,000
305	305,0	-5,6276	126,667	305,000
310	310,0	-5,5990	128,333	310,000
315	315,0	-5,5871	130,000	315,000
320	320,0	-5,5811	131,667	320,000
325	325,0	-5,5799	133,333	325,000
330	330,0	-5,5806	135,000	330,000
335	335,0	-5,5834	136,667	335,000
340	340,0	-5,5883	138,333	340,000
345	345,0	-5,5937	140,000	345,000
350	350,0	-5,5983	141,667	350,000
355	355,0	-5,6035	143,333	355,000
360	360,0	-5,6103	145,000	360,000
365	365,0	-5,6179	146,667	365,000
370	370,0	-5,6262	148,333	370,000
375	375,0	-5,6368	150,000	375,000
380	380,0	-5,6495	151,667	380,000
385	385,0	-5,6651	153,333	385,000
390	390,0	-5,6791	155,000	390,000
395	395,0	-5,6921	156,667	395,000
400	400,0	-5,7048	158,333	400,000
405	405,0	-5,7119	160,000	405,000
410	410,0	-5,7142	161,667	410,000
415	415,0	-5,7135	163,333	415,000

Evaluation: Signed

Index	Time s	Value mW	Ref. Temp. ° C	Sample Temp. ° C
420	420,0	-5,7129	165,000	420,000
425	425,0	-5,7206	166,667	425,000
430	430,0	-5,7304	168,333	430,000
435	435,0	-5,7405	170,000	435,000
440	440,0	-5,7529	171,667	440,000
445	445,0	-5,7421	173,333	445,000
450	450,0	-5,7332	175,000	450,000