

Sistema computarizado

NUEVA VARIANTE PARA EL CÁLCULO DEL COSTO EN SOFTWARE YA DISEÑADOS

Sencilla variante de cálculo que permite conocer con gran precisión el costo del software diseñado, a partir de algunas modificaciones realizadas a la metodología ADESA (Análisis y Diseño Estructurado de Sistemas Automatizados).

BASE DE DATOS GEOLÓGICA REGIONAL

Basado en las Asociaciones Estructuro-Formacionales como elemento integrador de los conjuntos litológicos, estructuras, evolución tectónica y metalogenia, brinda una información novedosa de alta base científica que le puede ser útil a cualquier investigador de Cuba o del Caribe

SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACIÓN ACERCA DEL LÉXICO ESTRATIGRÁFICO CUBANO

En su versión actual describe 12 Grupos, 226 Formaciones, 59 Miembros y 17 Unidades Litodémicas (Complejos, Metamorfitas, Olistostromas, etc.) Incluye autores, referencias originales y correlaciones, sinonimias, localidades tipo, holoestratotipos e hipoestratotipos, fósiles índices, redescrpciones, sinonimias, localidades tipo, holoestratotipos e hipoestratotipos, fósiles índices, Soportado sobre el Sistema Operativo Windows 3.1, puede ser útil para los estudios de la Geología de Cuba y del Caribe y de gran utilidad práctica en los Institutos de Investigación, Centros de Educación Superior y Empresas Geólogo-Mineras

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

Las Coloradas, Moa, C.P. 83329, Moa,
Holguín, Cuba
Teléfono: 6-6234 Fax: (53) (24) 6-2290
E-mail: ismm@reduniv.edu.cu

Para una información más detallada,
diríjase a:

REGULARIDAD EN LA MOLIJENDA DE LOS MINERALES LATERÍTICOS

Dr. Alfredo L. Coello Velázquez
Dr. Oleg N. Tijnov*

— Departamento de Metalurgia. Instituto Superior Minero Metalúrgico. *Cátedra de Enriquecimiento de Minerales. —
Universidad Técnica de San Petersburgo, Rusia

RESUMEN:

El estudio de la molibilidad de mezclas de serpentina dura y limonita (con relaciones 3:1, 1:1 y 1:3) y por separado, permitió establecer el carácter individual de la molienda de ambos minerales independientemente del modo de molienda. La investigación de la cinética de la molienda de los minerales estudiados puso de manifiesto la individualidad en el comportamiento de ambos, confirmando que la molienda de las fracciones limonítica y serpentinitica no depende del contenido de uno de los minerales en la mena, sino que ambos se muelen de acuerdo con sus propias regularidades individuales, independientemente del modo de molienda.

ABSTRACT:

The grindability serpentinite-limonite study (with a volume ratio of 3:1, 1:1 and 1:3) is done, so as for each mineral separately, which set out the individuality of the behaviour of both, apart from the grinding mode. This make sure that the grinding of the limonite and serpentinite fraction do not depend on the mineral contents, but they grind according to their own individual regularities.

En los últimos años, la molienda de los minerales lateríticos por vía seca, ha sido objeto de estudio por la necesidad de profundizar en el conocimiento de los fenómenos que tienen lugar en ella y por las dificultades tecnológicas que imperan en las plantas existentes, lo que impone mejorar la tecnología de las futuras plantas.

En Cuba existen dos esquemas de tratamiento de minerales en lo que a molienda se refiere:

1. Molienda por separado de las fracciones limonítica y serpentinitica (en Nicaro).
2. Molienda conjunta de ambas fracciones (en Punta Gorda-Moa).

La primera se distingue por un mayor número de equipos e instalaciones dedicadas al cribado y trituración antes de la molienda, y por el empleo de molinos de baja productividad; la segunda, emplea molinos de capacidad media (120 t/h) y un engorroso sistema de transportación.

Falcón (1987) considera que en la molienda de los minerales lateríticos tiene lugar el fenómeno de automolienda, dado el comportamiento de los índices del producto molido al disminuir la carga de bolas y su compensación con mineral fresco. Más tarde Coello, sobre la base de experimentos análogos, plantea la posibilidad de la existencia de una interacción positiva serpentina-limonita, sin descartar la necesidad de profundizar en los fenómenos relacionados con la molienda de minerales policomponentes de diferentes dureza y densidad (A. Coello y J. Falcón, 1991; A. Coello, 1993a*).

El reanálisis objetivo de los resultados experimentales realizado por Coello (1993 b y c) le permitió establecer que tales conclusiones se sustentaban en un aparato experimental insuficiente.

La teoría de la molienda de los minerales multicomponentes aparece dispersa en las publicaciones

periódicas y, en ocasiones, es muy controvertida. Fuesternau (1962) investigando la molienda de mezclas de cuarzo y caliza llega a una importante conclusión: el mineral más duro (cuarzo) se presenta en las fracciones más gruesas de la mezcla molida, independientemente de la composición de ésta. Los planteamientos de Fuesternau pueden ser interpretados de la siguiente forma: en la molienda conjunta de estas mezclas no existe interacción alguna entre los minerales participantes, independientemente de su diferencia en cuanto a dureza.

Análogamente, Kapur demuestra que en la molienda de mezclas de calcita y cuarzo, el módulo de tamaño se mantiene constante, independientemente del modo de molienda (por separado o en su conjunto). Las trayectorias de molienda del cuarzo y la calcita son diferentes, sin embargo cuando el cuarzo se muele por separado o en sus mezclas es la misma, algo similar ocurre con la calcita (C. Kapur y W. Fuesternau, 1988). Los resultados de Tanaka ponen de manifiesto que las líneas que describen la dependencia entre la superficie específica y el tiempo de molienda de las mezclas, se ubican entre las líneas para los minerales molidos por separado (T. Tanaka, 1966). Resultados similares obtuvieron Holmes y Patching (1957).

Sin embargo, vale detenerse en los resultados de las investigaciones de Tovarov, quien llega a la conclusión, después de evaluar los obtenidos en un volumen considerable de ensayos con mezclas de antracita y calcita, de que existe una interacción entre los componentes participantes en las mezclas (V. Tovarov y otros, 1981). Esto contradice los postulados ya expuestos, sin embargo se conoce que la calcita es un mineral propenso a la agregación, fenómeno cuyo efecto se atenúa con la adición de antracita. De hecho esta acción de la antracita sobre la agregación de la calcita, de algún modo debe repercutir en la molienda de sus mezclas, lo que permite concluir que los resul-

* Este trabajo fue entregado para su publicación en 1990.

datos de Tovarov pueden considerarse ajenos a la regularidad común expuesta.

Resultados similares obtuvo Remenyi en 1974. Es preciso señalar que en este caso las investigaciones se llevaron a cabo en molinos de tipo "Hardgrow", cuyo método de molienda difiere substancialmente de los métodos de molienda en molinos de bolas. Este elemento preestablece que las regularidades que tienen lugar en estos últimos tipos de molinos, no necesariamente se observan en otras tipologías constructivas.

Este trabajo expone los resultados de la molienda del mineral laterítico, considerándolo como mezclas de minerales de diferentes dureza.

Metodología de investigación

Los experimentos se realizaron con mezclas de serpentina dura y limonita de 3:1, 1:1 y 1:3 en un molino de laboratorio de 198 x 245 mm, con una frecuencia de rotación de 72 % de la crítica. La muestra inicial de cada mineral se separó en las siguientes clases granulométricas: (> 6,3); (6,3-5,0); (5,0-3,15); (3,15-1,6); (1,6-0,4); (0,4-0,074) y (0,074-0,044) mm, de forma tal que la influencia de la variabilidad de la composición granulométrica en el experimento fuera disminuyendo. Mediante el análisis de tamiz (seco-húmedo) se determinó, para ambos minerales molidos conjuntamente, la composición granulométrica, la cual

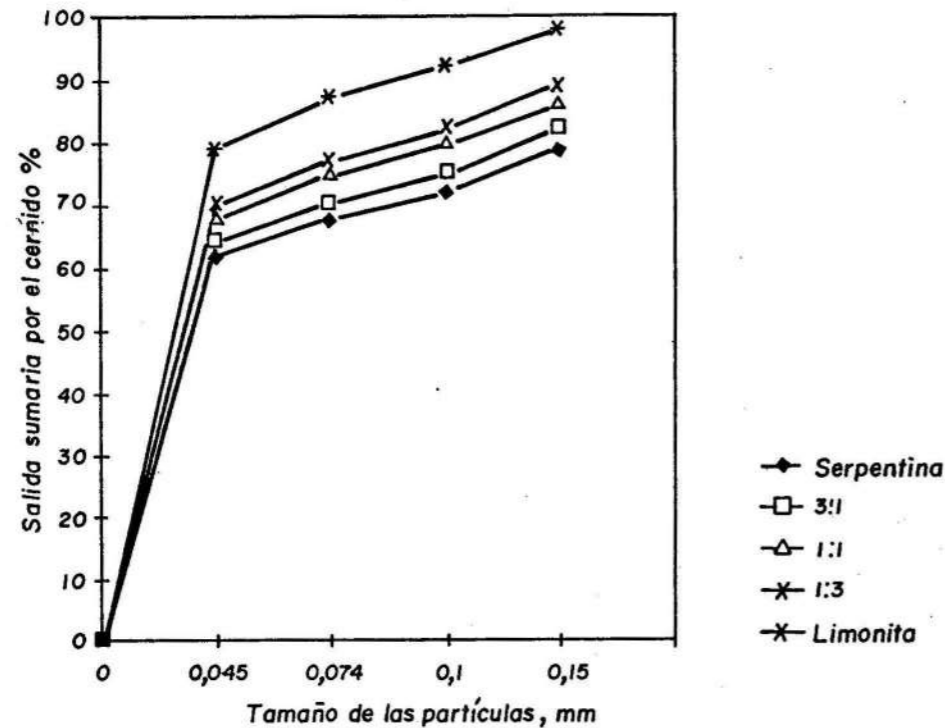


FIGURA 1. Composición granulométrica de la serpentina y la limonita molidas por separado y de forma conjunta.

A juzgar por las regularidades representadas en las Figuras 2 y 3 la limonita se concentra en las fracciones más finas, o sea, esta se muele más fácilmente que la serpentina.

Del análisis de la Figura 3, se puede establecer lo siguiente:

1. La composición granulométrica de las mezclas ocupa una posición intermedia entre la limonita y la serpentina molidas por separado.

está calculada sobre la base del 100 % de cada mineral. Los contenidos de limonita y serpentina se determinaron mediante el análisis químico-mineralógico.

Análisis de los resultados

En la Figura 1 se aprecia claramente que las características granulométricas de las mezclas ocupan una posición intermedia con relación a la limonita (componente blando) y a la serpentina (componente duro) molidas por separado, o sea, que la molibilidad total de la mezcla mejora con el aumento del contenido del componente blando, y empeora con el aumento del componente duro en las mismas. De aquí se deduce que la molibilidad total de estas depende del contenido de los minerales en ellas, lo que tiene un gran significado práctico si consideramos que la muestra tecnológica por la cual se diseñó la planta de molienda y su tecnología (fábrica de Punta Gorda), estaba lejos de ser representativa (A. Coello, 1993b.; A. Romero, 1996, comunicación personal). Por estas razones puede señalarse que las condiciones tecnológicas de la molienda son diferentes no sólo para la fracción limonítica, sino también para sus mezclas. Precisamente la no consideración de estas regularidades pudo ser la causa de los frecuentes "embuches" en los molinos de la fábrica "Che Guevara" en sus inicios.

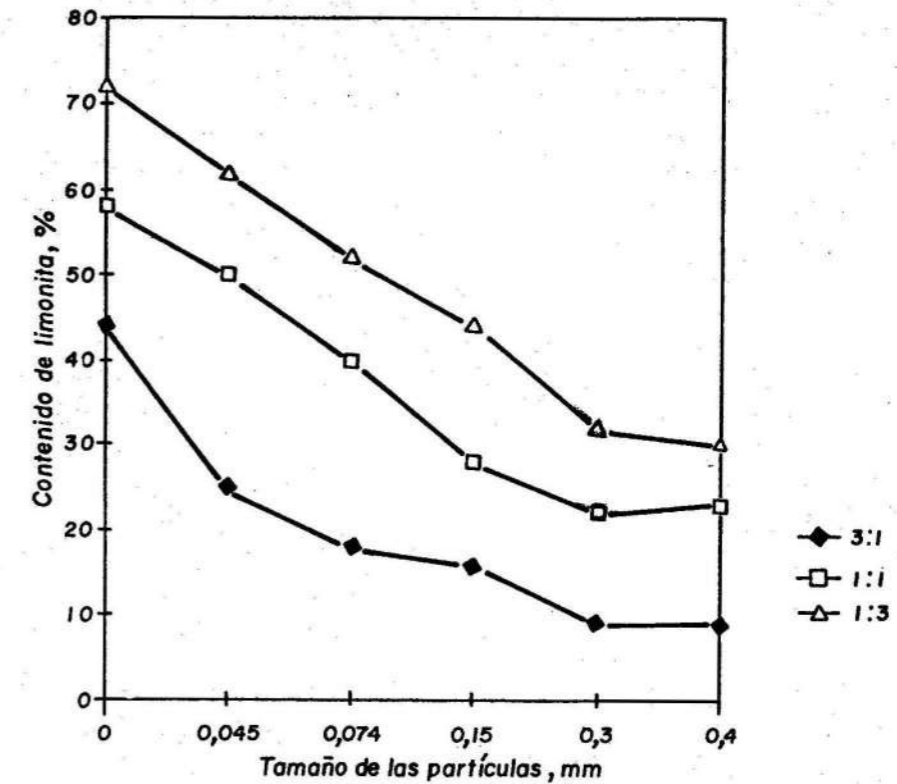


FIGURA 2. Composición de la serpentina y la limonita molidas por separado y en mezclas de 1:1.

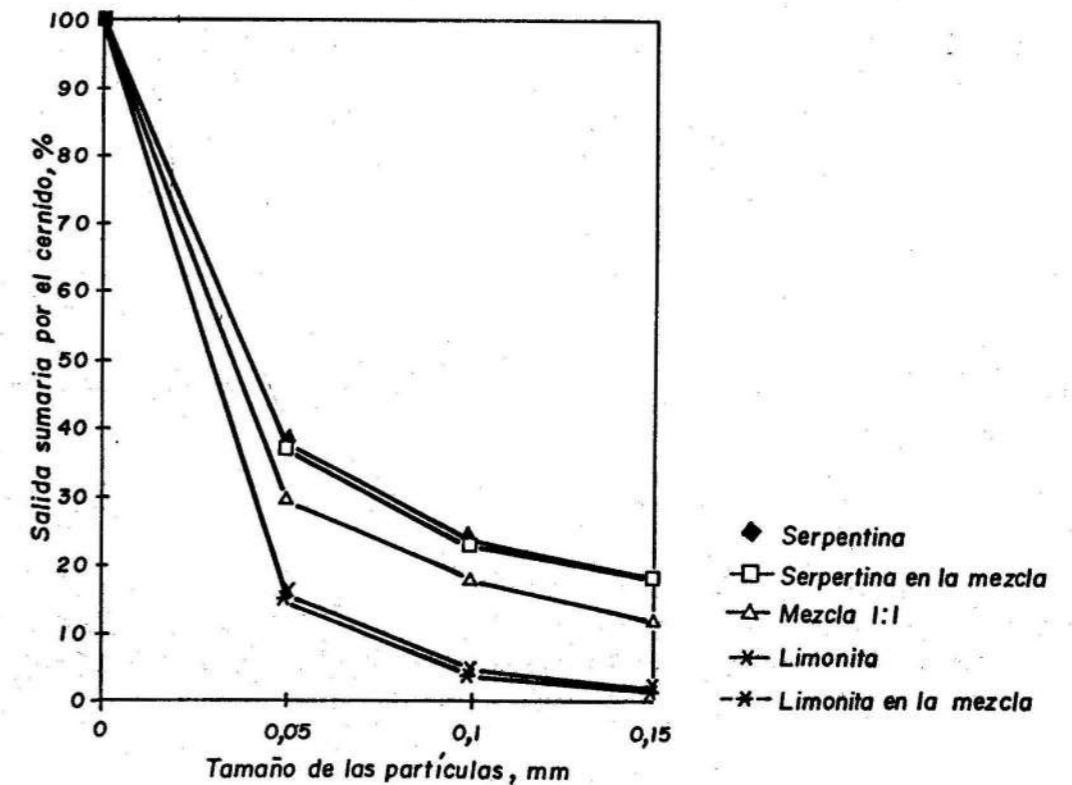


FIGURA 3. Contenido de limonita en las mezclas molidas.

CINÉTICA DE LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DEL CARBONATO BÁSICO DE NIQUEL INDUSTRIAL IMPURIFICADO

Dra. María Magdalena Romero
Dr. Julio César Llópez Yurel*

Instituto Superior Minero Metalúrgico. * Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica

La conclusión acerca de la individualidad de la molienda de la serpentina y la limonita, se consolida con los resultados del estudio de la cinética de la molienda de ambos minerales en sus mezclas.

Consiendo los resultados de la Tabla 1, la cinética de la molienda de ambos minerales no depende de la composición de las mezclas, es similar cuando estos se muelen por separado y mezclados. Para las mezclas de 3:1 y 1:3 se mantienen las mismas regularidades.

TABLA 1. Cinética de la molienda de la limonita y serpentina por la clase -0,074 mm

Tiempo de molienda, min.	Relación serpentina-limonita		
	3:1	1:1	1:3
		Limonita	
5	35,1	34,3	35,9
10	21,6	23,2	21,3
15	12,2	11,6	12,8
20	8,7	8,2	7,9
25	3,9	4	3,6
		Serpentina	
5	70,3	71,2	70,1
10	47,7	46,1	45,8
15	27,6	28,1	26,7
20	21,9	22,3	23,1
25	16,8	18,1	17,5

Esto último explica la necesidad de revisar la tecnología de la molienda del mineral laterítico en la fábrica "Che Guevara" de manera que responda a las condiciones de molienda de las menas de determinada composición. Los índices de molienda de las mismas estarán condicionados por la correlación de las fracciones limonítica y serpentinitica en la alimentación de los molinos.

CONCLUSIONES

La característica granulométrica de las mezclas molidas depende del contenido de uno u otro mineral en ella, es decir, los índices de molienda del mineral laterítico están determinados por el contenido de limonita o serpentina en la mena inicial.

En la molienda seca del mineral laterítico las fracciones limonítica y serpentinitica se muelen de acuerdo con sus propias particularidades individuales, independientemente una de la otra, de tal forma que cada componente, solo o en la mezcla, sigue las mis-

mas regularidades durante la molienda; esto excluye toda interacción entre ellos.

La cinética de la molienda de las fracciones limonítica y serpentinitica, no depende del contenido de uno de los minerales en la mena, esto reafirma la regularidad sobre la individualidad del comportamiento de estos minerales durante la molienda, independientemente del modo en que sean molidos: por separado o mezclados.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento al ingeniero A. Romero por su imprescindible colaboración en la toma de la muestra y al estudiante A. Pacheco por su participación en el trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

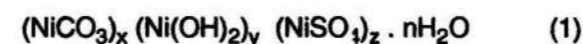
- BILIENKO, L.F.: *Zakonomiernosti izmelchenia v barabannij melnits*, Nedra, Moscú, 1984.
- COELLO, A.L. y J.FALCÓN H.: *Considerations about the dry grinding of laterite ore. Technical paper to poster XVII International Mineral Processing Congress, Dresden GDR., Sept. 23-28, 1991.*
- COELLO, A.L.: "Consideraciones sobre la molienda de minerales lateríticos", *Geología y Minería*, (2), 1993a.
- : *Sovershenstvavonie tekhologii izmelchenia lateritovij rud na zabode "Che Guevara"*, Dis. na isk. uch. step. Kand. tejn. nauk. Saint-Peterburg, 1993b.
- COELLO, A.L.: *Sovershenstvavonie tekhologii izmelchenia lateritovij rud na zabode "Che Guevara"*, Abtoreferat na isk. uch. step. Kand. tejn. nauk. Mejanobr. Saint-Peterburg, 1993c.
- FALCÓN HERNÁNDEZ, J.: *Caracterización de las menas lateríticas y sus tecnologías*, Informe al PIF, ISMM, Moa, 1987.
- FUESTERNAU, D.W. and D.A. SULLIVAN: "Comminution of mixture in ball mill", *Trans. AIME*, V (23):152-157, 1962.
- HOLMES, T.A. and S.W. PATCHING: "A preliminary investigation of the differential grinding of quartz-limestone mixture", *Trans. Inst. Chem.* (35), 1957.
- KAPUR, P.C. and D.W. FUESTERNAU: "Energy split in multicomponent grinding", *Int. Min. Proc. J.* 24 (1 y 2):125-142, 1988.
- REMYNYI, K.: *The theory of grindability and the comminution of binary mixtures*, Acaemiai Kiado, Budapest, 124 p., 1974.
- TANAKA, T.: *Selektivnii pazmol dvuvcomponentnij smecey, costavniie cahsty kotorij obladaiut pazlichnoi pazmolivamosti*, V Kn. Trudi Evropieskovo soveshanja po izmelcheniu. Stroizdat. M., 1966.
- TOVOROV, V.V.; G.N. OSKALENKO y L.B. KOLUPAINO: *Issledovanie protsessov izmelchenia materialov, sushenstvenno pazlichashisja pazmolivaemosti, y ij smecey v otkritom tsikle*, Jarkov, Bip. 63. s.7-12, 1981.

RESUMEN:

Se determinan los modelos cinéticos más probables para las diferentes etapas de la descomposición térmica de la muestra, y se calculan los parámetros cinéticos (energía de activación y el factor pre-exponencial de Arrhenius) de éstas. También se analiza la influencia de la velocidad de calentamiento en la descomposición térmica.

La evaluación de parámetros cinéticos de las transformaciones provocadas por tratamientos térmicos, así como la determinación del modelo cinético que se pone de manifiesto en éstas, contribuye al perfeccionamiento de la caracterización físico-química de fases sólidas presentes en los procesos metalúrgicos que involucren estos tratamientos. Tal es el caso de la tecnología carbonato amoniacal que se utiliza en dos grandes empresas niqueleras cubanas: la "Comandante René Ramos Latour", en Nicaro y la "Comandante Ernesto Guevara", en Moa.

El producto investigado se obtiene por la tecnología carbonato amoniacal de la empresa "Comandante René Ramos Latour" que se aplica a las menas niquelíferas oxidadas de Nicaro. Su fórmula general se puede plantear como:



Para la diversificación de la producción de níquel en la búsqueda de productos de mayores cotización y demanda en el mercado mundial, es importante el conocimiento de las transformaciones que sufre el carbonato básico de níquel industrial impurificado, producto intermedio de la citada tecnología. La investigación cinética de la descomposición térmica de éste, es el objeto de estudio del presente trabajo.

Parte experimental

La descomposición térmica de la muestra se realizó en un derivatógrafo Q-1 500-D, de la firma húngara MOM, de registrador gráfico. En el registro se obtienen simultáneamente las curvas de temperatura, termogravimetría (TG), termogravimetría diferencial (TGD) y análisis térmico diferencial (ATD).

Los registros se efectuaron a diferentes velocidades de calentamiento (β), entre 1,25 y 20 K/min

ABSTRACT:

The most probable kinetic models of the different stages of thermal decomposition of the sample are determined and the kinetic parameters (the activation energy and pre-exponential Arrhenius factor) of these are calculated. Furthermore the influence of heating rate in the thermal decomposition it is analysed

hasta 1 273 K en atmósfera de aire dinámico. Todos los registros, con excepción de la velocidad de 1,25 K/min, se llevaron a cabo con sensibilidades de 100 μV en ATD, 500 μV en TGD y 50 mg en TG para una masa de muestra $m = (0,090 + 0,001)\text{g}$. Para la velocidad de 1,25 K/min se empleó $m = (0,180 + 0,001)\text{g}$, y de acuerdo con ésta se utilizó en TG la sensibilidad de 100 mg y 50 μV en TGD. También se llevó a cabo la descomposición térmica de la muestra en atmósfera inerte.

En calidad de referencia se utilizó la propia sustancia de estudio dividiendo la pesada entre ambos crisoles en una proporción 2:1 con la mayor proporción en el crisol de la muestra. En las Figuras 1 y 2 se observan termogramas obtenidos para $\beta = 3,75$ y 5 K/min respectivamente. Por las curvas TG se siguió el avance de la reacción en cada etapa de la descomposición térmica, lo cual permitió obtener los juegos de valores α, T que caracterizan la cinética de las transformaciones por etapas.

La investigación de la cinética de la descomposición térmica de esta sustancia, se realizó con las funciones $f(\alpha)$ que aparecen en la Tabla 1 (M. Romero y J.C. Llópez, 1988).

Se trabajó con el método de Jerez para determinar los modelos cinéticos de cada transformación (A. Jerez et.al., 1987) y de Achar para calcular los parámetros cinéticos (B.N. Achar et.al., 1966). Además, se emplearon los métodos de Kissinger (1957), Ozawa (1970), Reich (1985) y Doyle (1961) en la comparación y verificación de los resultados. Se utilizó, para el ajuste de rectas, el método de los mínimos cuadrados. En el cálculo de errores se escogió t-Student para un nivel de confiabilidad de 95 %.

A partir de las curvas de TG se tomaron los valores correspondientes a cada temperatura en las cuatro etapas de la descomposición para cada β , lo que permitió procesar no menos de 15 pares de valores para cada una de ellas.