

# RECUPERACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS MATERIALES Y ENERGÉTICOS: CASOS DE LA FRACCIÓN RESTO Y LODOS DEPURADORA

**Sevilla, 16 - 17 de junio de 2010**

**Análisis de los Sistemas de Aprovechamiento  
de la Fracción Resto de los Residuos Urbanos**

José M<sup>a</sup> Oteiza Fdez-Llebrez  
Director de Proyectos

Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR)

La elección de la forma de gestión de los residuos debe basarse en la sostenibilidad del trinomio recursos – productos – residuos, que se centra, entre otros aspectos, en:

- La disminución de la cantidad generada mediante aplicación de programas de prevención.
- El máximo aprovechamiento de los materiales presentes en los residuos, mediante el reciclado y el compostaje de la materia orgánica, favorecido por una adecuada recogida.
- El máximo aprovechamiento de la fracción resto, en especial de la energía contenida en los residuos, previniendo los impactos ambientales derivados de la gestión

Para una adecuada comparación de las diferentes formas de gestión y de sus impactos ambientales deben introducirse indicadores ambientales.

Los indicadores más significativos en relación con la sostenibilidad en la gestión de los residuos son:

- La eficiencia energética, en relación con el balance de energía desarrollado en el proceso de tratamiento,
- Las emisiones de gases de efecto invernadero, (GEI)
- Emisiones de otros contaminantes atmosféricos, efluentes, ...
- Coste netos de gestión

El ISR ha realizado un análisis teórico comparativo de los sistemas completos de la gestión de la fracción resto de los residuos urbanos, considerando los siguientes aspectos:

- Eficiencia económica, a través de una comparación de costes de gestión
- Ecoeficiencia, mediante el análisis comparativo de las emisiones de GEI
- Otros indicadores ambientales, (emisiones de contaminantes atmosféricos, emisiones de efluentes.. )

El análisis tiene en cuenta los objetivos de recuperación previstos en la legislación o previstos en la Propuesta de Directiva Marco de Residuos

Se considera que se ha optimizado las acciones de prevención y de reciclado de materiales mediante la recogida selectiva

La forma de recogida tiene una gran influencia en la cantidad y características de la FR y en su forma de gestión, especialmente la recogida selectiva de la materia orgánica.

El análisis considera los diferentes sistemas optimizados para la recogida de los residuos urbanos, diferenciando entre RD (70%) y RICIA (30%):

- Sistema de cuatro fracciones recogidas selectivamente : (vidrio + papel + envases ligeros + resto)
- Sistema de cinco fracciones recogidas selectivamente : (vidrio + papel + envases ligeros + materia orgánica + resto)

En cada caso se simulan los balances de masa, de energía, de emisiones de GEI, otras emisiones y costes de gestión

## **Recogida selectiva de materia orgánica:**

- 30 % de la MO existente en RD
- 66 % de la MO existente en RICIA

## **Recogida selectiva de envases ligeros**

- 60 % de residuos de envases domiciliarios
- 75 % de residuos de envases RICIA
- La Ley de Envases contempla los siguientes objetivos:
  - 60 % de envases de papel y cartón
  - 50 % de envases de vidrio
  - 22.5 % de envases de plástico

## **Recogida selectiva de papel y cartón**

- 33.2 % del papel y cartón no clasificado como envases
- 75 % del papel y cartón de los RICIA.

Para una población de 1.2 millones de habitantes, (522 kg/hab-año)

	RD		RICIA		TOTAL	
	t/a	%	t/a	%	t/a	%
Materia orgánica	157.853	36,0	73.915	39,3	231.768	37,0
Papel y cartón	65.925	15,0	8.143	4,3	74.068	11,8
Envases ligeros	54.636	12,5	99.024	52,7	153.660	24,5
Vidrio	54.076	12,3	2.300	1,2	56.376	9,0
Plásticos	24.085	5,5	1.879	1,0	25.964	4,1
Metales	14.660	3,3	1.000	0,5	15.660	2,5
Otros	67.245	15,3	1.659	0,9	68.904	11,0
<b>TOTAL</b>	<b>438.480</b>	<b>100,0</b>	<b>187.920</b>	<b>100,0</b>	<b>626.400</b>	<b>100,0</b>

RS1: P/C + Envases + Vidrio

RS2: P/C + Envases + Vidrio + Materia orgánica

	RS1	FR1		RS2	FR2	
	t/a	t/a	%	t/a	t/a	%
Materia orgánica	0	231.768	50,1	115.105	137.382	39,5
Papel y cartón	28.031	46.037	9,9	28.031	43.735	12,6
Envases ligeros	107.050	46.610	10,1	107.050	45.460	13,1
Vidrio	28.253	28.123	6,1	28.253	28.123	8,1
Plásticos	0	25.964	5,6	0	23.662	6,8
Metales	0	15.660	3,4	0	14.509	4,2
Otros	0	68.904	14,9	0	55.091	15,8
Total	163.334	463.066	100	278.438	347.962	100

Se analizan dos formas de gestión de la materia orgánica recogida selectivamente:

- Por compostaje, (digestión y maduración afino por tratamiento aerobio)
- Por biometanización seguida de compostaje, (digestión anaerobia con producción de biogás y maduración aerobia, para producción de compost)

Pretratamiento y afino:

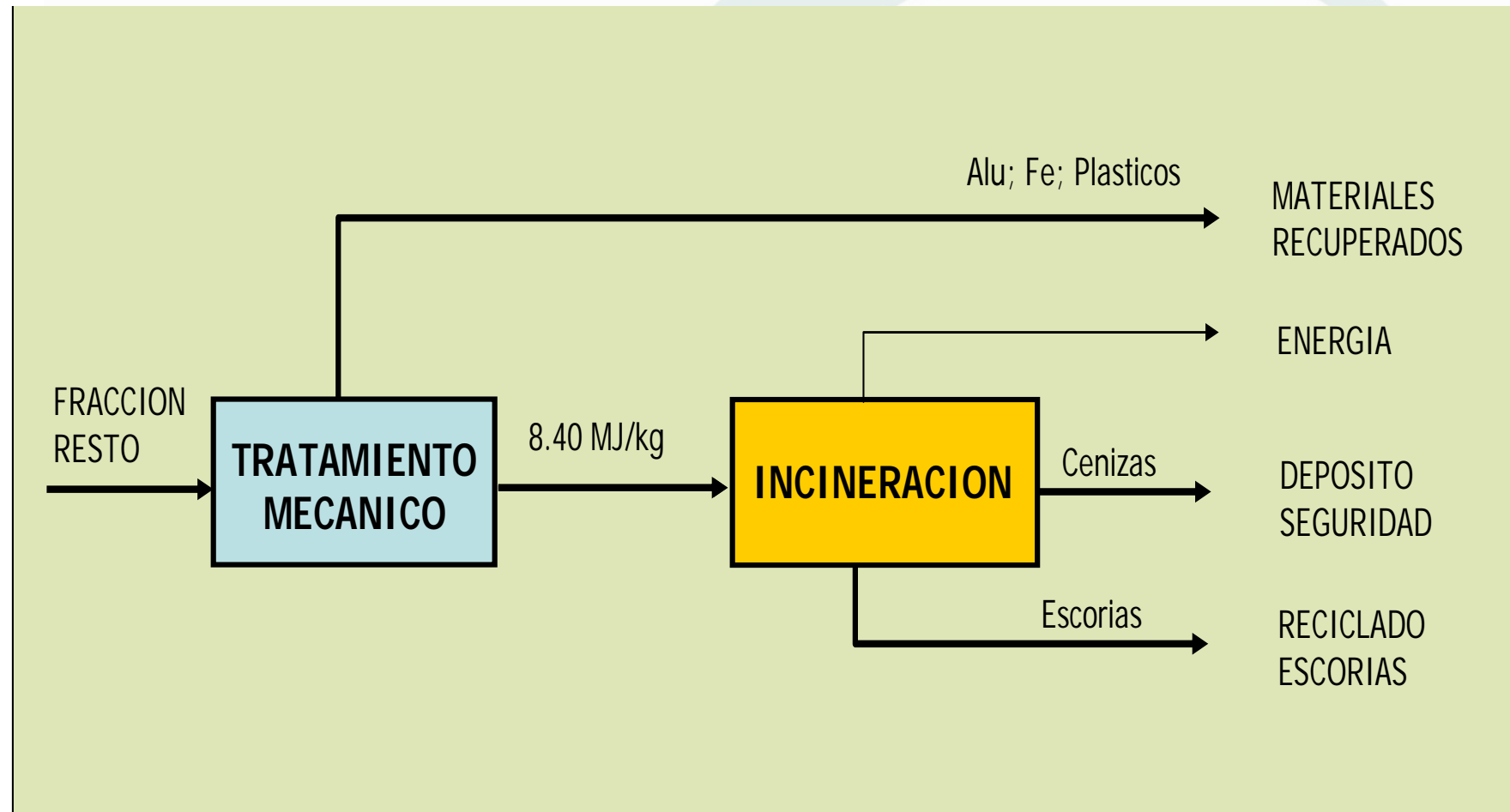
- Clasificación mecánica para tamaño  $>60$  mm.
- Se recupera hasta el 75% de los metales presentes
- Se supone un vertido del 10% de la MO y papel, 15% de plásticos y cantidades mayores de otros materiales, (vidrio)

Se han establecido distintos escenarios de gestión de la fracción resto, con compostaje de la fracción orgánica procedente de recogida selectiva, cuando exista.

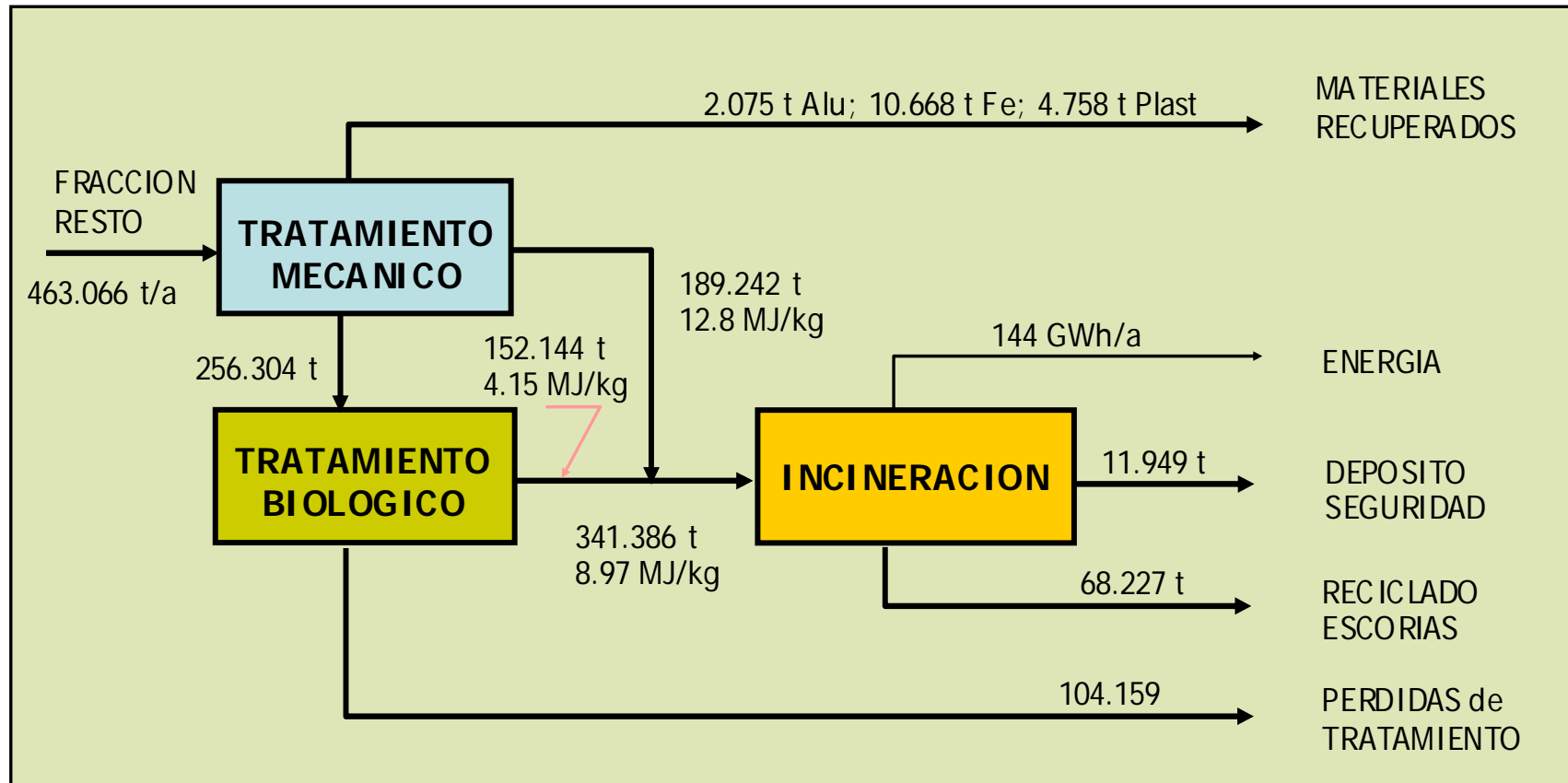
Los escenarios son:

- Escenarios A: Sin vertederos de residuos; por tanto, deben ser eliminados por vía térmica, dentro o fuera de las instalaciones
- Escenarios B: Disponen de vertederos para eliminación de toda o parte de la fracción estabilizada, mediante tratamiento mecánico-biológico (estabilización); con distintas formas de aprovechamiento de las fracciones derivadas del tratamiento (valorización térmica dentro o fuera de las instalaciones)
- Escenarios C: Tratamiento biológico mecánico (biosecado), depósito en biorreactores, que se activan posteriormente para aprovechar el biogás y distintas formas de aprovechamiento de las fracciones derivadas

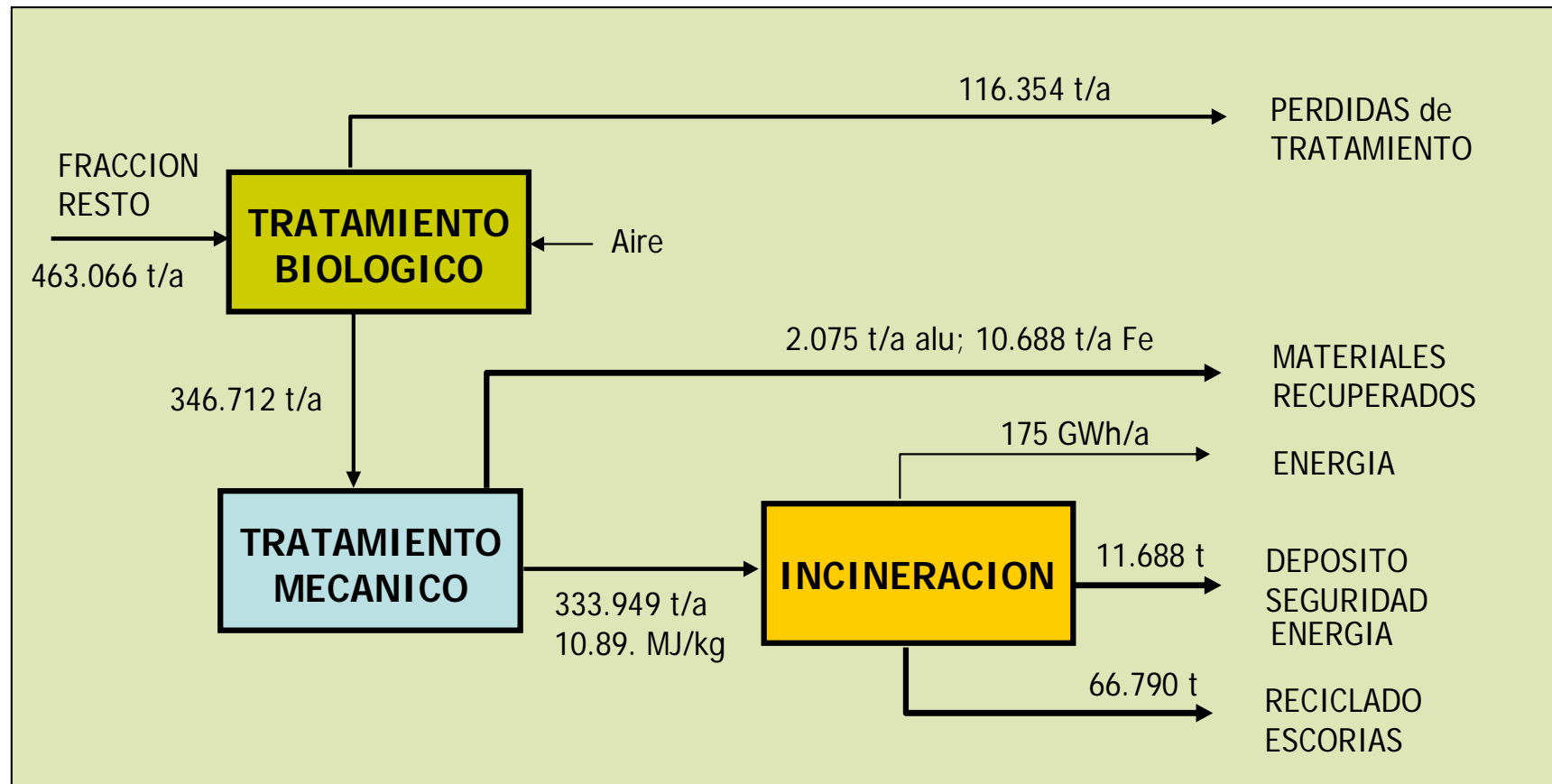
**Escenario A1:** Consiste en la incineración total y directa de la fracción resto tras una separación adicional de materiales



**Escenario A2:** Pretratamiento y separación de la FR; la parte húmeda se estabiliza por tratamiento biológico aerobio y posteriormente se incinera junto con la fracción seca separada; produce una recuperación adicional de materiales



**Escenario A3:** Biosecado de la fracción resto, separación de materiales seguido de una incineración directa del rechazo biosecado; produce una recuperación adicional de materiales



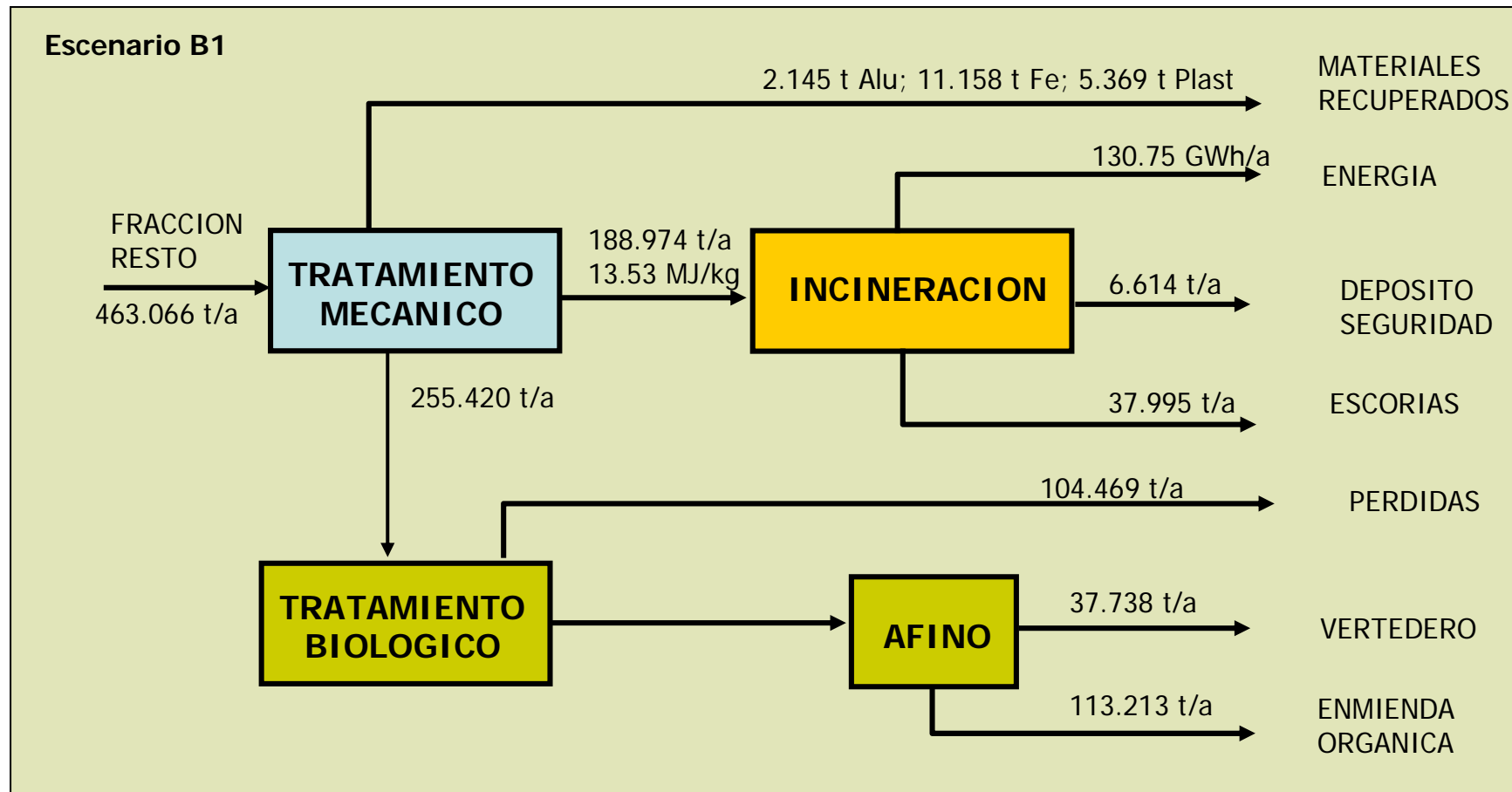
Son tratamientos combinados, aplicados a la fracción resto de los residuos urbanos orientados a :

- Estabilización biológica de los residuos antes de su depósito en vertedero
- Recuperación material de distintos componentes de la fracción resto; esta recuperación debe tener carácter complementario a la obtenida por recogida selectiva

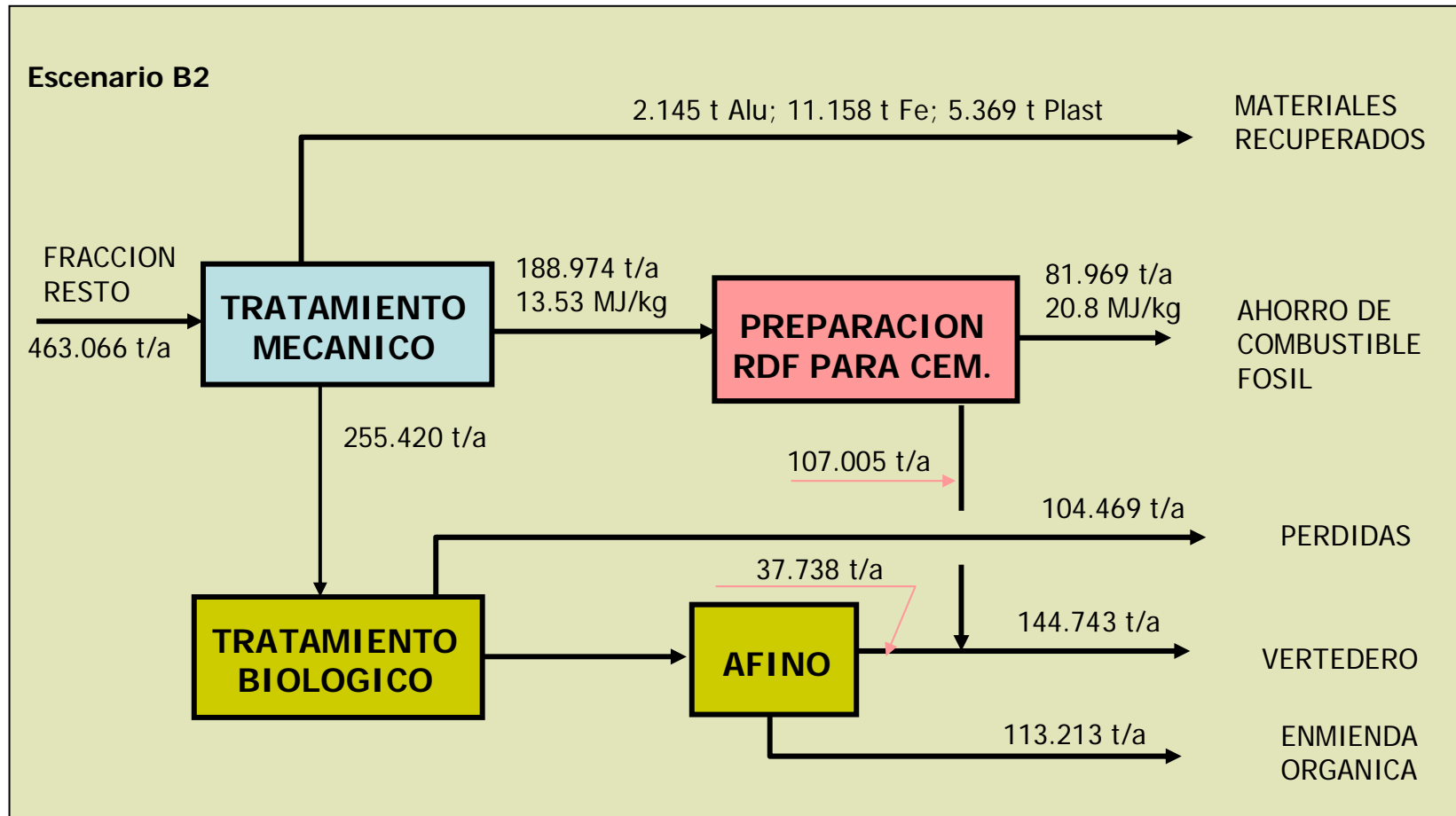
La estabilización biológica se consigue por vía aerobia, hasta conseguir la transformación casi completa del carbono biodegradable presente en los residuos.

De esta forma se reduce la cantidad de GEI (especialmente de metano) emitidos desde el vertedero y la cantidad de lixiviado, reduciendo el periodo de postclausura del vertedero

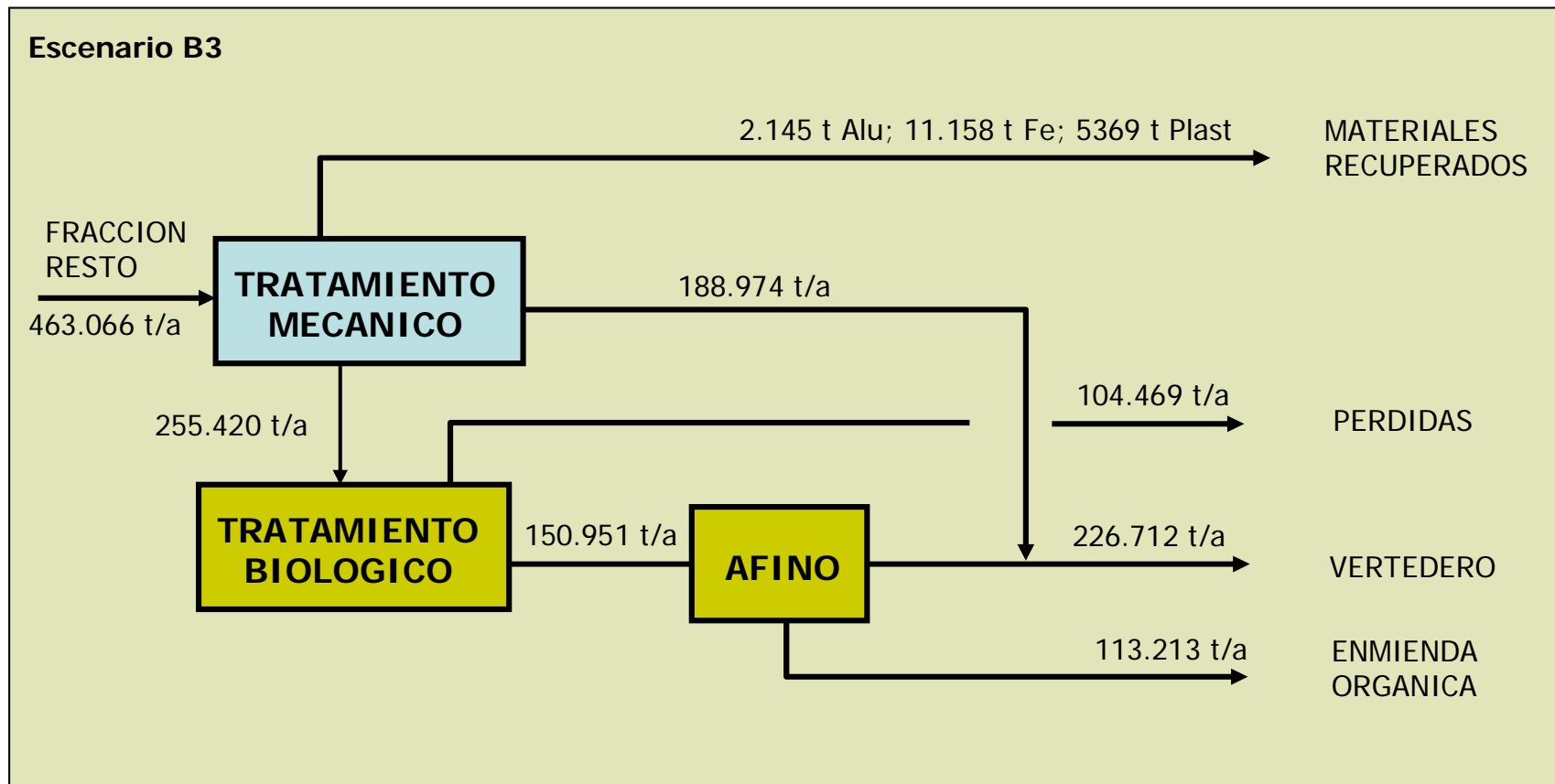
**Escenario B1:** Tras la etapa de separación de materiales, la fracción seca se incinera directamente; la fracción húmeda se estabiliza y tras el afino se obtiene una enmienda orgánica



**Escenario B2:** Tras la etapa de separación de materiales, la fracción seca se destina a combustible (aumento de su PCI); la fracción húmeda se estabiliza y tras el afino se obtiene una enmienda orgánica



**Escenario B3:** Tras la etapa de separación de materiales, no hay valorización energética de la fracción seca y se destina a vertedero; la fracción húmeda se estabiliza y tras el afino se obtiene una enmienda orgánica



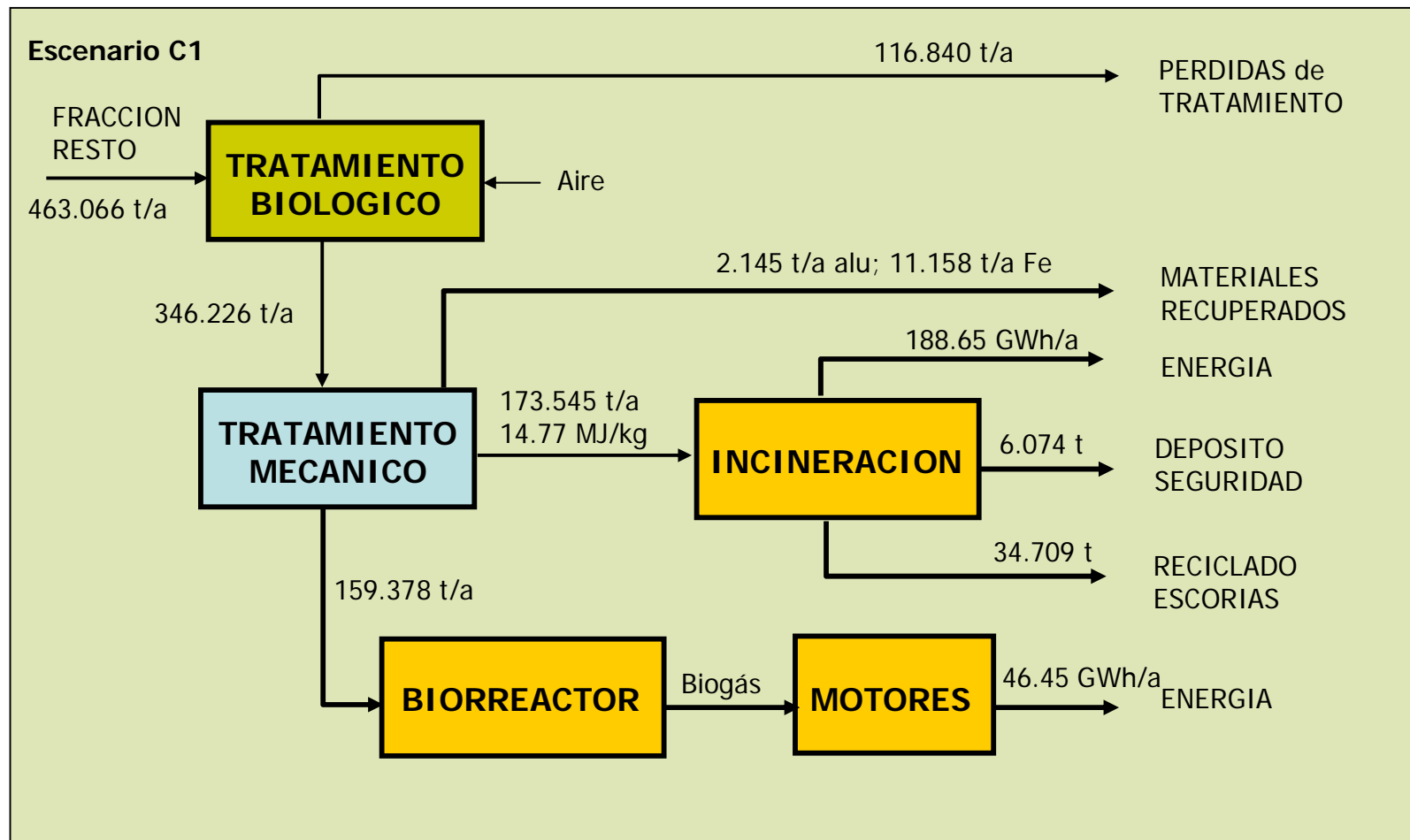
El tratamiento biológico se orienta a la estabilización temporal de la Materia Orgánica por anulación de la actividad bacteriana como consecuencia de la pérdida de humedad con una ligera reducción del carbono biodegradable y una reducción importante de la humedad

El elemento fundamental en estos escenarios es la inclusión de sistemas de biorreactores, que, mediante la adición controlada de agua, permiten la reactivación biológica de la materia orgánica biodegradable y la recuperación de la energía del C biodegradable en forma de biogás

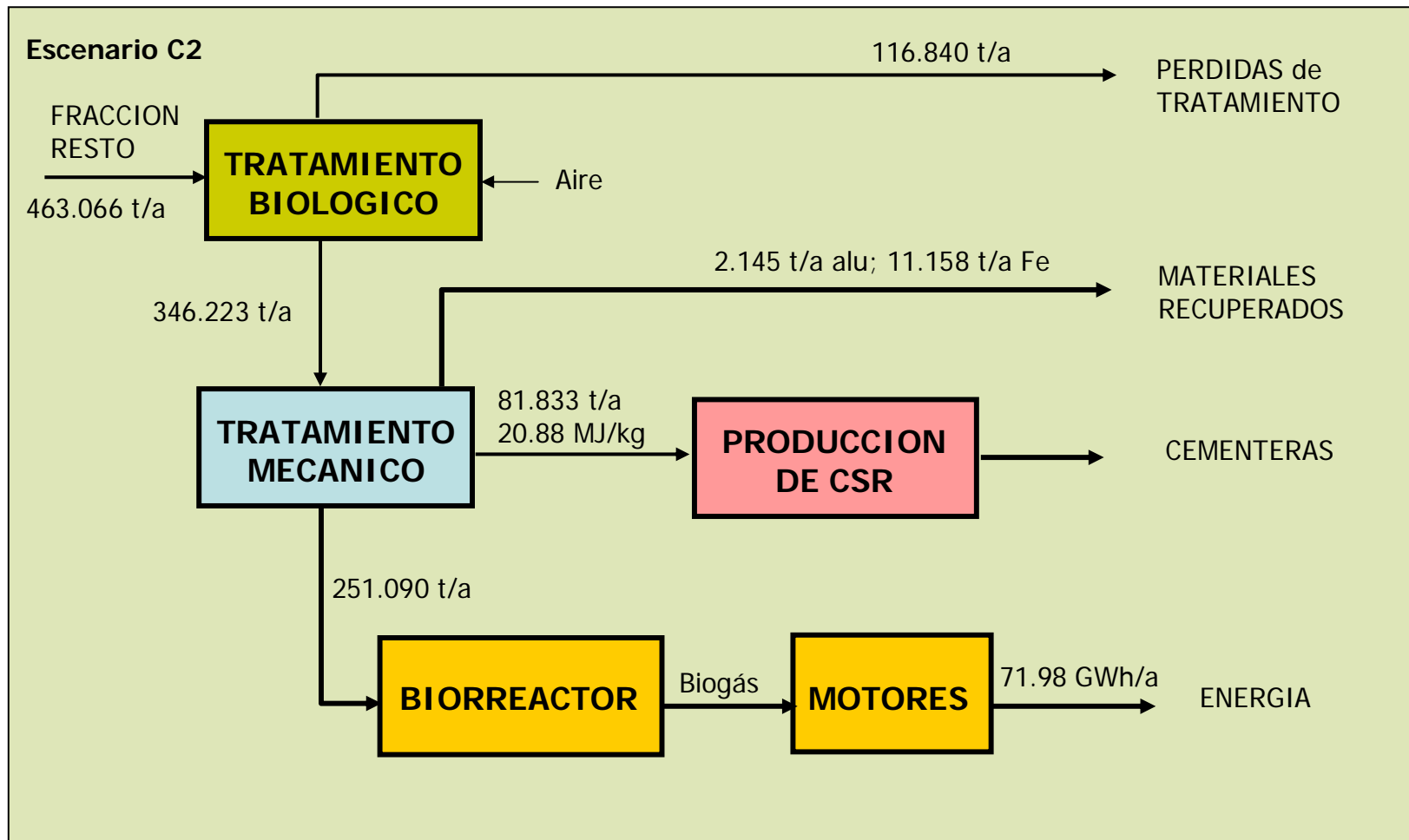
La justificación de los escenarios estriba en la valorización energética de la materia orgánica biodegradable

Los distintos escenarios considerados se diferencian en la forma de valorización de la fracción seca

**Escenario C1:** La fracción seca procedente del tratamiento mecánico se incinera



**Escenario C2:** Tras la etapa de estabilización biológica y de separación mecánica la fracción seca se destina a la producción de combustible alternativo

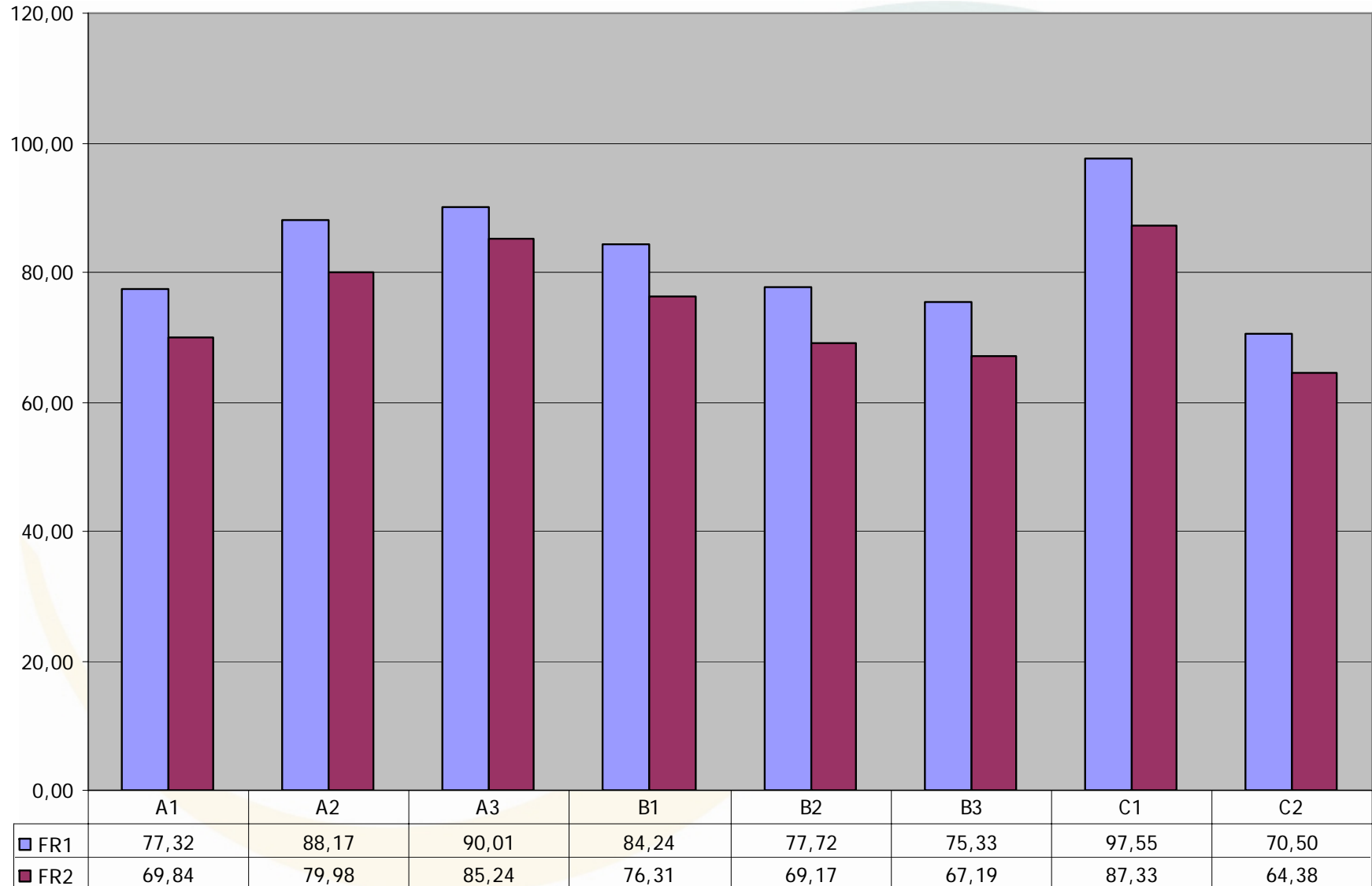


Se comparan los costes totales de gestión de la fracción resto incluyendo las diferencias de gastos en las recogidas de MO y fracción resto, con las siguientes hipótesis generales:

- Costes de recogida selectiva de MO para los RD: 159.22 €/t
- Costes de recogida selectiva de MO de RICIA: 0 €/t
- Costes de recogida de FR: 82.12 €/t, tanto para RICIA como para RD
- Coste de vertedero: 40 €/t

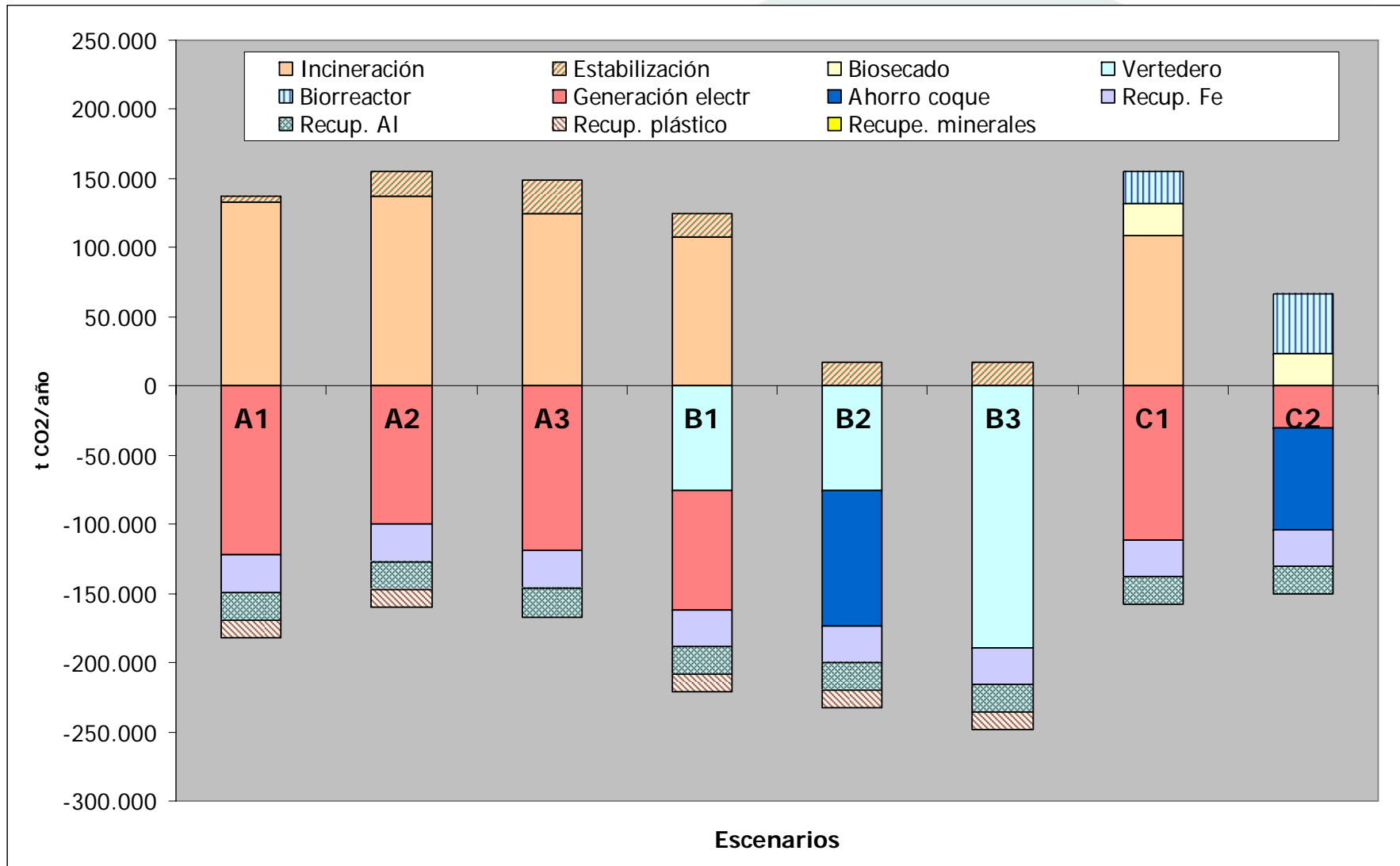
Los costes obtenidos, en cada alternativa, son:

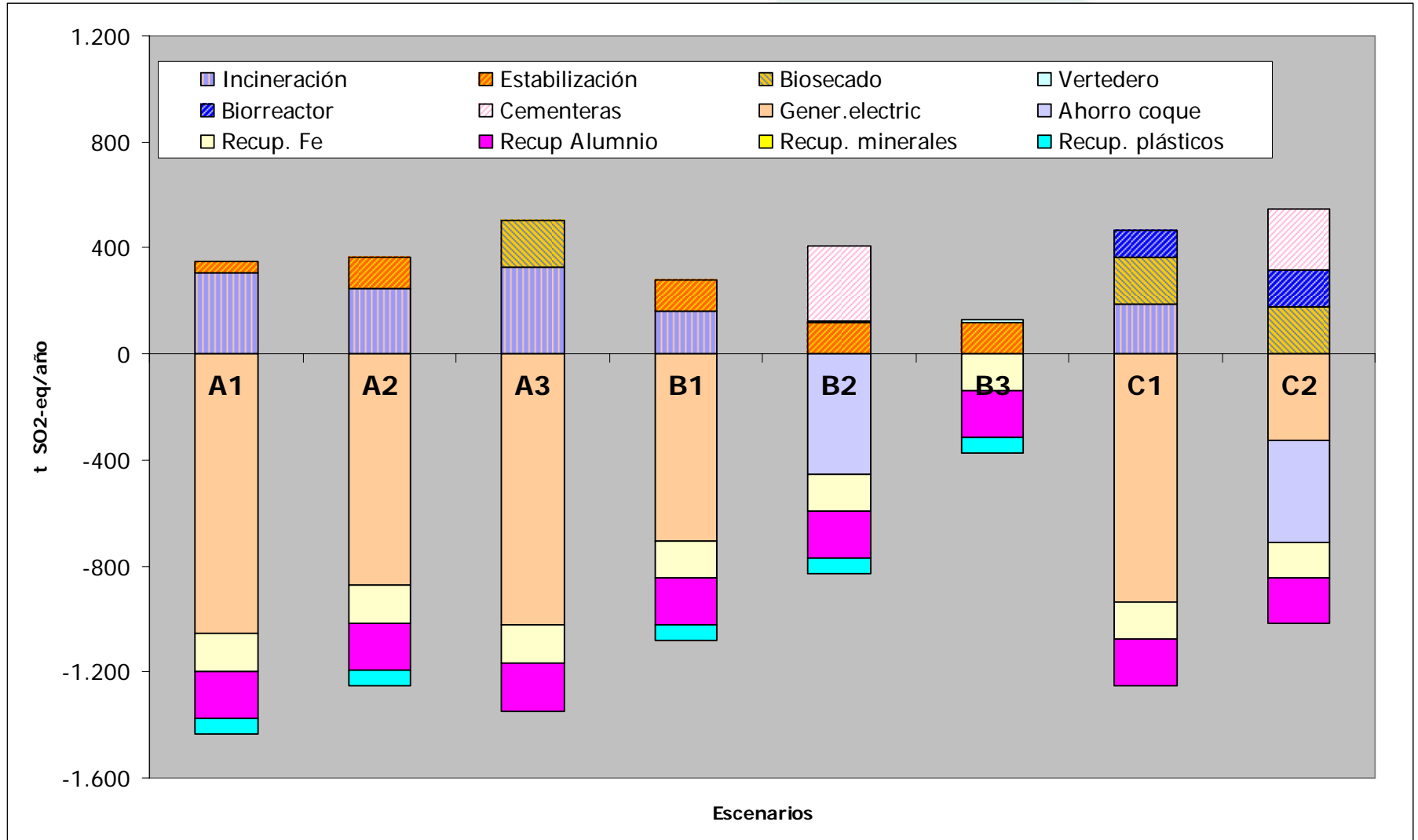
Resumen de costes de gestión, por escenarios, en €/t de FR								
Escenario	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2
FR1	77,32	88,17	90,01	84,24	77,72	75,33	97,55	70,50
FR2	69,84	79,98	85,24	76,31	69,17	67,19	87,33	64,38



- La recogida selectiva de MO, con las condiciones económicas establecidas, no supone un incremento de los costes totales de gestión. El incremento de costes y la pérdida de eficiencia energética podrían aconsejar un replanteamiento de la recogida selectiva de MO
- Si la incineración es posible, el escenario de incineración directa es el más favorable, frente a cualquier otro escenario de incineración o de vertido
- Los costes de incineración directa (A1) son muy parecidos a los costes de vertido de la fracción estabilizada (B3), si se incluyen todos los costes asociados, aunque éstos últimos son muy variables, dependiendo del área geográfica
- Si la incineración no es aceptable sólo quedarían los escenarios B2, B3 y C2, estos escenarios son muy dependientes de los precios de vertido
- Los escenarios basados en la utilización de RDF o CSR, B2 y C2, presentan unos costes ligeramente superiores a los de vertido. Sin embargo, no son independientes sino que están ligados a la demanda de RDF/CSR de plantas cementeras.

- Emisiones de gases de efecto invernadero (GWP), medidas como emisiones de CO<sub>2</sub>-eq
- Potencial de acidificación, medidas como emisiones de SO<sub>2</sub>-eq
- Potencial de eutrofización, medidas como emisiones de P<sub>04</sub> eq y responde a las emisiones de NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub>
- Emisiones de materia particulada (PM<sub>10</sub>)





Potencial de calentamiento global (en miles t CO2-eq/año)								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2
FR1	-45,39	-5,64	-18,51	-96,53	-216,15	-231,96	-2,67	-83,28
FR2 + compost	-34,12	-4,70	-23,68	-64,65	-184,20	-193,34	-5,18	-96,92
Potencial de acidificación, (en t SO2-eq/año)								
FR1	-1.086	-889	-842	-801	-426	-247	-787	-470
FR2 + compost	-970	-794	-800	-738	-392	-231	-691	-363
Potencial de eutrofización (en t PO4-eq/año)								
FR1	-27	-21	-7	-25	-15	-14	-11	-6
FR2 + compost	-23	-16	-15	-19	-19	-9	-10	-10

# MUCHAS GRACIAS



C/ Sotillo, 1  
28043 Madrid  
Tel.: 902 19 78 83  
Fax: 91 388 21 12  
Web: [www.isrcer.org](http://www.isrcer.org)