

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO2 DE UNA RECARGA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.

Una recarga de 64 elementos combustibles contiene 28,8 toneladas de uranio enriquecido en forma de dióxido de uranio [1].

Etapas básicas para obtener el combustible.

- La extracción del mineral necesario, el triturado y la conversión en "pastel amarillo";
- Transporte del "pastel amarillo" hasta las plantas de "enriquecimiento" y combustible;
- El "enriquecimiento" del uranio y la fabricación del óxido de uranio;
- Transporte del óxido de uranio a la fábrica de elementos combustibles;
- La fabricación de los elementos combustibles y, finalmente,
- Transporte de los elementos combustibles hasta la central nuclear correspondiente.

Datos de material necesario que facilita la calculadora del WISE (VER ANEXO 1):

MATERIAL	toneladas
mineral uranio	63375.000
"Pastel amarillo" (uranio U3O8)	244.023
Hexafluoruro de uranio (UF6) en bruto	304.500
Hexafluoruro de uranio (UF6) enriquecido	37.924
Óxido de uranio (UO2)	28,800

Datos de consumo energético relacionadas con cada etapa de la producción:

ACTIVIDAD	Energía fósil GWh (térmicos)	Energía eléctrica Gwh (eléctricos)
Minería	7.16490	0.16985
Molido (triturado)	8.50281	1.17878
Conversión a UF6	81.50104	3.01846
Enriquecimiento de combustible		
Fuel	22.14504	266.90090
Fabricación UO2	19.10383	7.63899

Valores mínimos de e misiones del ciclo de combustible nuclear de Storm van Leeuwen y Smith (2007), en g de CO2/kWh, (Sovacool 2008):

Proceso	Etapas	g /CO2 kWh
Minería y molido	Minería y molido de uranio (minerales blandos y duros) (riqueza de uranio 0,6%)	10,43
Conversión	Refinado del "pastel amarillo" y conversión a UF6	2,42
Enriquecimiento	Enriquecimiento del uranio (70% UC, 30% diff)	2,83
Fabricación combustible	Fabricación del combustible	0,58

Valores genéricos de emisión de los transportes:

Boletín Informativo de ANAVE n ° 471 - Febrero 2008 o TRIBUNA PROFESIONAL

TRANSPORTE	kg CO2/TEU/km	1TEU = kg	gr CO2/t/km
Camiones	2.296	28.230	81,33
Ferrocarril	0.573	28.230	20,30
barco 400 TEU	0.477	28.230	16,90
barco 4800 TEU	0,119	28.230	4,22

a) La extracción del mineral necesario, el triturado y la conversión en "pastel amarillo"

MINERIA, Cominak (Níger): ENUSA es propietaria de un 10% de Cominak [2]

La **concentración de uranio** en Cominak es de un 0,335% [3] .

operaciones	material toneladas	Kwh térmica	Kwh elect	% Eléctrica / total	térmica+eléctrica	Factor emisión mínimo g / Kwh	toneladas CO2
mining	mineral uranio U 63375,0000	7.164.895,00	169.845,00				
	molido uranio U308						
Milling	U308	15.667.707,00	1.348.620,00	7,9	17.016.327,00	10,43	177,48
Total toneladas	244,0232						

Se obtienen 244 toneladas de "**pastel amarillo**" (**U308**), materia prima del combustible nuclear, y se vierten a la atmósfera un mínimo de **177,5 toneladas** de CO2 [4], que deben contabilizarse como emisiones de la central nuclear.

b) El transporte del "pastel amarillo" hasta las fábricas de "enriquecimiento" y transportes relacionados con la fabricación de óxido de uranio.

TONELADAS RUTA	origen	destino	distancia KM	VIAJES	TOTAL KMS.	FACTOR EMISIÓN gr CO2/t/km	toneladas co2	
244.0232	carretera	Cominak	Cotonou	1926	7	13482	81,33	267,6
244.0232	marítima	Cotonou	Liverpool	8328	1	8328	16,9	34,3
244.0232	carretera	Liverpool	Springfields	67	7	469	81,33	9,3
304.5002	carretera	Springfields	Capenhurst	107	9	963	81,33	23,8
28.8000	carretera	Capenhurst	Liverpool	38	1	38	81,33	0,1
TOTAL EMISSIONS TRANSPORTES								335,2

Las 244 toneladas de "pastel amarillo" viajan desde Cominak hasta el puerto de Cotonou, en Benin, en unos 7 camiones de 35 toneladas [5] . Para hacer los cálculos de emisión más favorables a las nucleares, el material se trasladará al Reino Unido y no en Francia, que es el destino más habitual de los cargamentos que salen de Cotonou [6] .

c) El "enriquecimiento" del uranio y la fabricación del óxido de uranio.

Factoría de Springfields, de la Springfields Fuels Limited, en Preston, Lancashire.

La primera etapa es la conversión del U308 en UF4 y, posteriormente en UF6 genérico, en el que el isótopo de uranio 235 todavía está mezclado con los isótopos de Uranio 238 y Uranio 237.

Operaciones	material toneladas	Kwh térmica	Kwh elect.	% Eléctrica / total	térmica + eléctrica Kwh	Factor de emisión mínimo g / Kwh	toneladas CO2
Conversión	UF6	81.501.040,00	3.018.455,00	3,6	84.519.495,00	2,42	204,54
T ondas	304.5002						

La segunda etapa, el enriquecimiento, se realiza en la planta URENCO, de Capenhurst.

Operaciones	material toneladas	Kwh térmica	Kwh elect.	% Eléctrica / total	térmica + eléctrica Kwh	Factor emisión g / Kwh	toneladas CO2
Enriquecimiento	enriquecido UF6	22.145.040,00	266.900.900,00	92,3	289.045.940,00	2,83	818,00
Toneladas	37.9241						
Fabricación combustible	UO2	19.103.830,00	7.638.992,00	28,6	26.742.822,00	0,58	15,51
Toneladas	28.8000						

d) El transporte del óxido de uranio en la fábrica de elementos combustibles.

Los "pellets" de óxido de uranio llenan las barras de los elementos combustibles. Esta última operación se hace en Juzbado (Salamanca). Las 28,8 toneladas de UO₂ se transporte en de Capenhurst en Liverpool (**apartado b**), en barco hasta el puerto de Bilbao, y en camión hasta la fábrica de Juzbado.

Kg	RUTA	origen	destino	distancia KM	FACTOR EMISIÓN gr CO ₂ /t/km	CO ₂ toneladas
28.800,00	marítima	Liverpool	Bilbao	1563.1	16,9	0,8
28.800,00	carretera	Bilbao	Juzbado	431	81,33	1,0
TOTAL EMISSIONS TRANSPORTES						1,8

e) La fabricación de los elementos combustibles

En el año 2012, Juzbado, va a producir 918 elementos combustibles (EC) [7] ; De los datos de la "Declaración ambiental" [8] , se deduce un total de **309,2 toneladas** de CO₂, por 64 EC de una recarga.

Producción Juzbado 2012:

918 elementos combustibles (D)

Descripción	TONELADAS CO ₂	R = A / D
Emisión de CO ₂ a la atmósfera (Emisiones directas por consumo de combustibles y electricidad)	3881.8	4,228540305
Emisión de CO ₂ a la atmósfera (Emisiones indirectas por transporte de bien, servicios y personal)	552,6	0,601960784
JUZBADO EMISION CO ₂ POR elementos (Toneladas)	Emisión 64 Elementos (Toneladas CO ₂)	
DIRECTAS	4,228540305	
INDIRECTAS	0,601960784	
TOTAL	4,830501089	309,2

f) El transporte de los elementos combustibles hasta la central nuclear correspondiente.

Ascó: **1,8 toneladas**

Vandellòs: **1,9 toneladas**

Peso de un ECF en TONELADAS	Total ECF RUTA	origen	destino	TOTAL TONELADAS	distancia KM	VIAJES	FACTOR EMISIÓN	CO ₂ toneladas
0.477	64 carretera	Juzbado	Ascó	30.528	726	1	81,33	1,8
0.477	64 carretera	Juzbado	Vandellòs2	30.528	776	1	81,33	1,9

TOTAL DE EMISIONES DE UNA RECARGA DE 64 ELEMENTOS COMBUSTIBLES.

Ascó: **1.863,4 toneladas** de CO₂

Vandellòs: **1.863,5 toneladas** de CO₂

[1] Según la referencia contenida en la página 738 del Nuclear Engineering Handbook, disponible parcialmente en http://books.google.es/books?id=EMy2OyUrbUC&pg=PR5&vq=fuel+rods&hl=ca&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q=fuel%20rods&f=false , ja que la otra referencia, la de AREVA, no facilita datos concretos: "A fuel assembly can contain 200-500 kilograms of Fissile material, depending on the type of assembly. It consists of rods that contain Fissile material and metal frame or 'skeleton'- generally made of a zirconium alloy-that includes guide thimbles, spacer grids and end Nozzles ". Disponible en <http://www.aveva.com/EN/operations-807/fuel-production-integrated-expertise-from-a-to-z.html>

[2] Cominak is 34% owned by Areva NC, 31% by Cominak through Sopamin, 25% by Japan s Overseas Uranium Resources Development Co.. (OURD) and 10% by Enusa SA, Spain. Fuente: <http://www.world-nuclear.org/info/country-profiles/countries-gn/niger/>

[3] Ver http://niger.aveva.com/niger/liblocal/docs/2014/COMINAK_Fiche_Recto_GB.pdf

[4] En el caso de Cominak, se necesitan 63.375 toneladas de mineral por disponer de la cantidad de uranio necesario. Remover esta cantidad de material implica una energía de 17 millones de kilovatios hora (un 92,1% de los que se obtienen de combustibles fósiles); y si aplican a estos 17 millones un tasa de emisión de 10,43 gramos por kilovatio, tenemos que esta primera etapa vierte a la atmósfera unas 177,5 toneladas de CO2. VER ANEXO1

[5] Veure <http://www.watradehub.com/sites/default/files/resourcefiles/oct10/trucking-was-landlocked-countries.pdf> .

[6] "The road, in poor condition, is used by trucks Carrying uranium concentrate to the port of Cotonou in Benin - a distance of more than 2,000 km - from where it is shipped, much of it to Areva s Comurhex conversion plant in southern France (...) ", en <http://uk.mobile.reuters.com/article/innovationNews/idUKBRE98J0MY20130920>

[7] Ver, página 30 de http://www.foronuclear.org/images/stories/recursos/publicaciones/2012/Informe_resultados_y_perspectivas_nucleares2011.pdf

[8] ENUSA, Declaración ambiental. http://www.enusa.es/pdf/declaracion_ambiental_2012.pdf