



ECOcalculadora del Port de Barcelona

Autoritat Portuària de Barcelona
Versió actualitzada el [04/07/2013](#)

Índex

1.	Introducció	3
2.	ECOcalculadora web.....	4
2.1.	Funcionament	4
2.2.	Comparativa	6
2.3.	Impressió de resultats	7
3.	Model de simulació	8
3.1.	Tram oceànic.....	8
3.2.	Tram terrestre	10
3.2.1.	Carretera	10
3.2.2.	Ferrocarril.....	10
3.3.	Exemple d'aplicació del model.....	11

1. Introducció

L'ECOcalculadora del Port de Barcelona és una eina que permet calcular les emissions de CO₂ associades a una ruta de transport determinada.

La versió web de l'ECOcalculadora és una versió simplificada del model de càlcul d'emissions desenvolupat per l'Autoritat Portuària de Barcelona i Mcrit SL. Aquest model d'emissions va lligat a un sistema d'informació geogràfica, el SIMPORT, que és el Sistema d'Informació i Modelització del Hinterland i el Foreland del Port de Barcelona.

El SIMPORT permet calcular les distàncies i els temps de recorregut per als diferents trajectes possibles entre les zones del *foreland* i les regions d'Europa (NUTS3). A partir d'aquestes distàncies es poden calcular les emissions de CO₂ aplicant uns factors d'emissió i uns factors de càrrega de cada vehicle.

Únicament es calculen les emissions associades als recorreguts realitzats en els diversos modes de transport. No es tenen en compte les emissions degudes a la manipulació de la càrrega, ni a la producció de vehicles i infraestructures emprades en el transport.

2. ECOcalculadora web

L'eina web ha estat concebuda per calcular les emissions d'una ruta concreta entre un port del *foreland* i una localització del *hinterland*. En aquesta ruta sempre hi ha un tram marítim entre el port del *foreland* i el Port de Barcelona, i un tram terrestre entre el Port de Barcelona i la localització del *hinterland*. La part terrestre pot ser per carretera o per ferrocarril, tot i que l'última milla sempre es fa per carretera.

2.1. Funcionament

L'aplicació web té un funcionament seqüencial:

- i. Port del *foreland*: es tria amb un assistent, amb el qual se seleccionen progressivament la zona del *foreland*, el país i el port.

FORELAND

Seleccioni regió -->

Seleccioni país -->

Seleccioni port -->

- ii. Localitat del *hinterland*: es tria una localització d'Europa introduint una adreça o nom.

HINTERLAND

- iii. Sentit del flux: s'ha de seleccionar si el trajecte es fa de *hinterland* a *foreland* (exportació europea) o de *foreland* a *hinterland* (importació europea). Els camins resultants poden ser diferents perquè les rutes marítimes no són necessàriament simètriques.

SENTIT

Exportació europea

- iv. Mode de transport terrestre: es pot seleccionar un trajecte íntegrament per carretera o bé per ferrocarril, amb l'última milla per carretera. En el cas del ferrocarril, cal seleccionar l'estació intermodal on es vol fer el canvi ferrocarril-carretera. El sistema ofereix automàticament les 10 estacions més properes a la localització del *hinterland* triada.

MODE TRANSPORT TERRESTRE

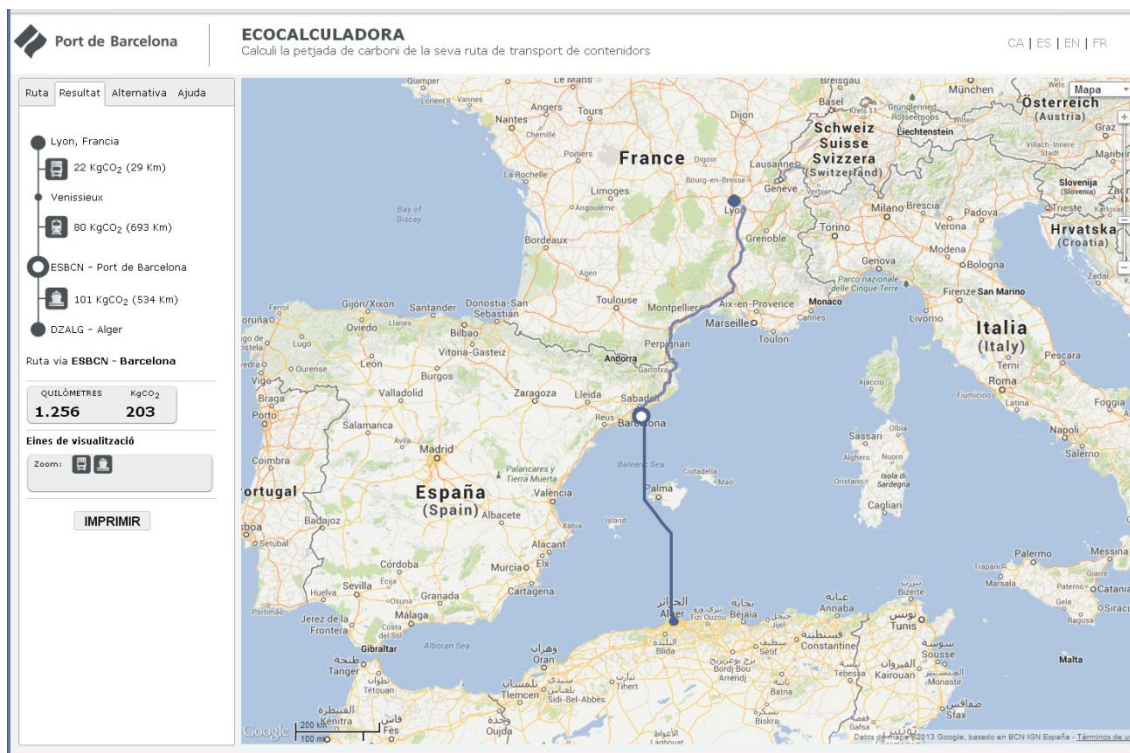
☐ Carretera ☒ Ferrocarril

Terminal intermodal

Triï terminal intermodal

- v. Calcular: el sistema dibuixa el camí òptim al mapa i mostra un esquema amb les dades bàsiques de distància i emissions. Les icones   permeten fer zoom al tram terrestre o al tram marítim de la ruta.

CALCULAR



Imatge 1. Exemple de càlcul d'una ruta

2.2.Comparativa

A més del càlcul de rutes a través del Port de Barcelona, es pot fer una comparativa amb un port de pas diferent, seleccionant la pestanya “alternativa”.

- i. Port de pas: es tria amb un desplegable, en el qual trobem diferents ports d'Europa.

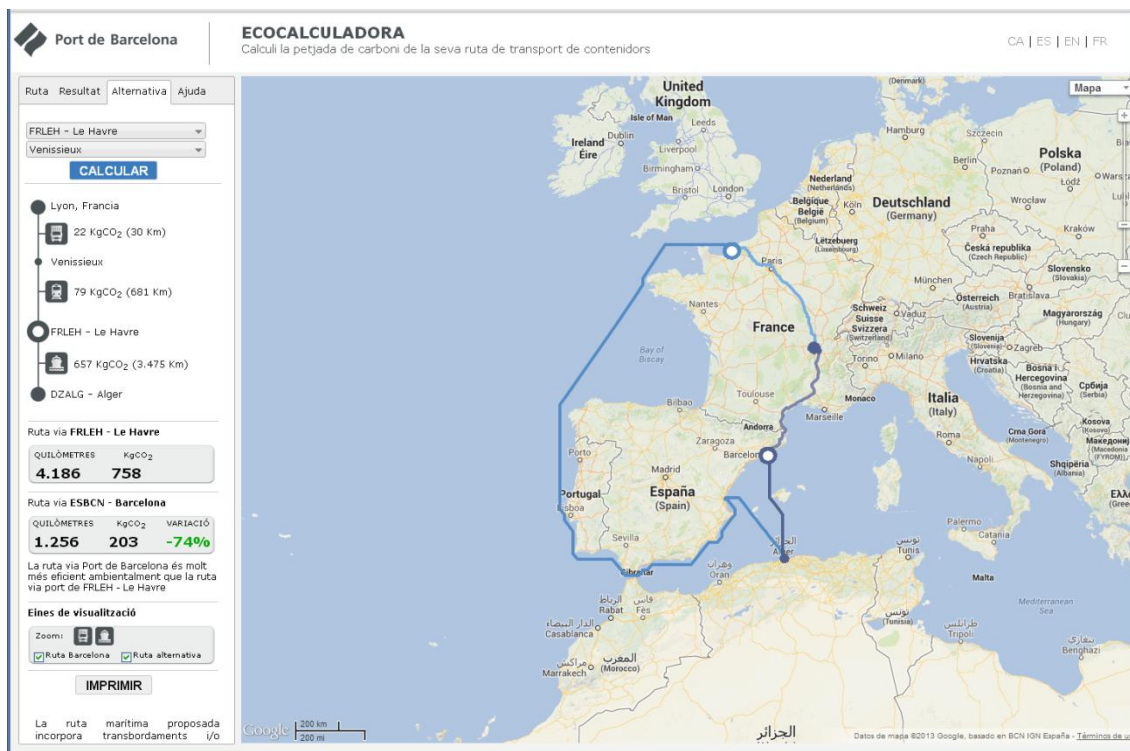


- ii. Estació de pas: en el cas que el tram terrestre inclogui ferrocarril cal seleccionar l'estació ferroviària de pas.



- iii. Calcular: el sistema dibuixa el camí òptim i mostra un esquema amb les dades bàsiques de distància i emissions del trajecte, a través del port alternatiu, així com una comparativa amb els resultats via Port de Barcelona. Les icones   permeten fer zoom al tram terrestre o al tram marítim de la ruta. A més, dues caselles de verificació permeten activar o desactivar al mapa cadascuna de les dues rutes.

CALCULAR



Imatge 2. Exemple de càlcul d'una ruta amb comparativa per un port de pas

2.3. Impressió de resultats

El sistema permet generar un informe resum dels resultats de la simulació, que inclou un mapa amb les rutes.

Hi ha dos models d'informe, un per a una simulació de la ruta a través del Port de Barcelona i un per a la comparació amb un port de pas.

3. Model de simulació

A continuació es descriu detalladament el model de càlcul d'emissions per a cada mode de transport.

3.1. Tram oceànic

Per al tram oceànic se suposa que el vaixell utilitzat és sempre un portacontenidors. Si no es disposa de la dimensió exacta del vaixell s'aplica un valor mitjà, que depèn de la ruta del trajecte que s'analitza.

La fórmula teòrica de càlcul de la potència dels motors principals per a vaixells portacontenidors de diferents dimensions, disponible al document de càlcul d'emissions marítimes de Trozzi 2010 (<http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei19/session10/trozzi.pdf>), és la següent:

$$Potència = 2,9165 \cdot GT^{0,8719}$$

en què GT és l'arqueig brut.

Del mateix document de Trozzi s'obté el valor mitjà de velocitat del vaixell portacontenidors, 36 km/h o 20 nusos, per a la qual és vàlida la fórmula anterior.

D'altra banda, el consum de combustible està relacionat amb l'energia consumida, per a la qual s'utilitza la següent relació, que també prové del document prèviament citat:

$$1kWh = 217g_{combustible}$$

en què el consum s'expressa en grams de combustible per hora.

Amb aquesta equivalència, la fórmula de càlcul de la potència, la velocitat de circulació i la longitud del trajecte s'obté el consum per unitat de longitud, suposant plena potència dels motors principals.

La fórmula de relació entre TEU i GT és una regressió estadística feta amb les dades d'Alphaliner. S'analitzen els 3.296 vaixells portacontenidors disponibles, dels quals s'obté la capacitat en TEU i el pes mort (amb un rang de valors d'entre 54 i 15.550 TEU).

La relació entre GT i nombre de TEU s'ha obtingut de manera estadística fent una regressió de dades disponibles, de la qual resulta l'equació següent, on TEU és el nombre de contenidors màxim que pot transportar el vaixell:

$$GT = -0,00016 \cdot TEU^2 + 13,284 \cdot TEU + 169627$$

La dimensió del vaixell s'expressa en TEU màxims, mentre que per calcular el consum (i, per tant, el CO₂) és necessari el GT.

El consum màxim teòric es corregeix, en primer lloc, reduint-lo a un 87% perquè en fase de creuer els motors no treballen al 100%. A més, s'hi afegix el consum relatiu a les fases de maniobra i *hotelling* del vaixell que, segons el document d'ENTEC 2005, es corresponen a tenir els motors a un 20% de càrrega durant un 0,33% del temps de la ruta per a la maniobra i un 2,33% per al *hotelling*.

Aquest consum es divideix per cada TEU transportat, suposant que el vaixell va carregat al 80%. El consum es multiplica per 3,17 per obtenir les emissions de CO₂ (valor mitjà de contingut de carboni del fuel marítim, segons dades CORINAIR).

Les emissions obtingudes s'incrementen un 12% perquè cal tenir en compte el consum energètic necessari per a la posada en lloc del combustible.

3.2. Tram terrestre

Al recorregut terrestre es consideren els trams per carretera i ferrocarril.

3.2.1. Carretera

Per a la carretera s'ha implementat la formulació del model COPERT IV (base de la metodologia CORINAIR), que consisteix en una fórmula que relaciona consum de combustible amb velocitat de circulació, tipus de tecnologia i dimensions del camió i nivell de càrrega. Això permet obtenir el consum de fins a 84 tipus de vehicles diferents. Com a cas genèric per a les anàlisis en què no es disposi d'informació concreta del camió, es proposa utilitzar un camió articulat de 40-50 t amb tecnologia EURO IV, ja que aquest és el vehicle estàndard utilitzat en el transport de contenidors.

D'aquesta manera es calculen les emissions segons el consum de combustible del vehicle que es triï, multiplicant per 3,14 (valor mitjà de contingut de carboni del gasoil de camió, segons dades CORINAIR).

El consum s'incrementa per simular el fet que els camions van carregats en un 75% de mitjana.

Les emissions obtingudes s'incrementen un 12% perquè cal tenir en compte el consum energètic necessari per a la posada en lloc del combustible.

3.2.2. Ferrocarril

Les emissions del ferrocarril s'assumeix que provenen de fonts indirectes. És a dir, que tot el transport es fa amb ferrocarril elèctric, però l'electricitat prové, en part, de fonts no renovables.

En primer lloc, s'obté la dada de 0,028 kWh/t-km, de LIPASTO (una metodologia de càlcul d'emissions desenvolupada i aplicada a Finlàndia http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/raideliikenne/junat_konttie.htm). Aquest valor és per a un tren de mercaderies de contenidors ple i en el model s'assumeix que els trens sempre van plens. Aquesta dada està obtinguda d'acord amb les circulacions de trens a Finlàndia, però és l'única disponible i, per tant, es fa la hipòtesi que els trens portacontenidors tenen unes característiques extrapolables a la resta d'Europa.

Quant al CO₂, s'aplica el valor de 0,4127 kg CO₂/kWh (dada de l'any 2005), obtingut de l'Agència Europea de Medi Ambient (emissió mitjana per quilowatt-hora de l'electricitat generada a EU27, extret del document http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_6).

Tenint en compte que el consum s'obté en kWh per tona transportada, cal fer una conversió de contenidors a tones. S'assumeix que els contenidors (TEU) transporten de mitjana 10 tones, valor obtingut de les estadístiques de càrrega del Port de Barcelona.

3.3.Exemple d'aplicació del model

Per calcular les emissions d'una ruta concreta, en primer lloc, s'utilitza el GIS per obtenir la distància de cada tram de la cadena logística. Es tria la ruta òptima en termes de cost total del transport, mitjançant un algoritme de Ford, el qual permet obtenir el camí mínim entre dos punts de la xarxa de transport. Per al tram oceànic s'incrementa la longitud un 13% per simular les condicions reals de navegació, ja que hi ha escales que allarguen les rutes.

Amb les longituds de cada tram de la cadena (oceànic, carretera, ferrocarril), i els factors d'emissió anteriorment descrits es calculen les emissions de CO₂ associades.

- *Tram oceànic:*

$\text{CO}_2 \text{ en t/TEU} = \text{distància en km} \cdot \text{consum de combustible} / \text{capacitat del vaixell en TEU} \cdot \text{factor de càrrega} \cdot \text{factor de maniobra} \cdot \text{factor de hotelling} \cdot 3,17 \cdot \text{factor de posada en lloc del combustible}$

3,17 és el pes de CO_2 en tones, que s'obté de cremar una tona de combustible marítim. El consum depèn de les dimensions del vaixell i això està lligat a la ruta exacta, tot i que, en general, s'aplica un valor mitjà per a cada tram.

- *Tram carretera:*

$\text{CO}_2 \text{ en t/TEU} = \text{distància en km} \cdot \text{consum del camió} \cdot \text{factor de càrrega} \cdot 3,14 / 2 \cdot \text{factor de posada en lloc del combustible}$

3,14 és el pes de CO_2 en tones, que s'obté de cremar una tona de combustible de camió i on 2 és el nombre de TEU que transporta un camió estàndard. El consum depèn de les dimensions i de la tecnologia del camió, però, en general, s'aplica la hipòtesi d'un tràiler de 40-50 t EUROIV amb capacitat per a dos TEU.

- *Tram ferrocarril:*

$\text{CO}_2 \text{ en t/TEU} = \text{distància en km} \cdot 10 \cdot 0,028 \cdot 0,4127 / 1.000$

On 10 és el pes mitjà en tones d'un TEU; 0,028 és el consum mitjà d'un tren en kWh/t-km; 0,4127 és el pes de CO_2 en kg, que s'obté de generar 1 kWh i 1.000 és el factor per passar a tones.

El model es pot aplicar a un flux concret entre un origen i un destí o bé, es pot aplicar a tota una matriu de fluxos entre Europa i la resta del món, i permet analitzar tant l'impacte d'una cadena de transport com del sistema de transport europeu, en general.