

Environmental Impact Analysis (CO₂) of the implementation of a light rail

Abstract: The current concern about the environment is leading to promote other transportation modes more efficient like an alternative to private vehicles. This article focuses on light rail and proposes a model for estimate CO₂ emissions both phases construction and operation and reaches the payback period of these emissions.

Keywords: Light rail, CO₂ emissions

Resumen: La actual preocupación por el medio ambiente está llevando a potenciar otros modos de transporte más eficientes alternativos al vehículo privado. Este artículo se centra en el metro ligero y propone un modelo para la estimación de las emisiones de CO₂ tanto en la fase de construcción como de explotación, obteniendo el periodo de recuperación de dichas emisiones.

Palabras clave: Metro ligero, emisiones de CO₂

Objetivos

Analizar el impacto ambiental, en concreto las emisiones de CO₂, derivadas de la implantación de un sistema de metro ligero.
Detectar las fases más contaminantes en el proceso de construcción del Metro Ligero de Málaga.
Obtener un periodo de recuperación aproximado de las emisiones de CO₂.

Definición de Metro Ligero

Sistema de transporte ferroviario situado entre el metro convencional y el tranvía, y que lo hacen óptimo para el transporte urbano de pasajeros en ciudades de densidad demográfica media-alta.

Este artículo está basado en la aportación de CGTransporte "Innovación Tecnológica y Eficiencia Ambiental: Ruido, Contaminación, Energía" a la Guía metodológica para la integración metropolitana sostenible de los sistemas de metro ligero. INTEGRA-ME. Proyectos de Investigación de Excelencia. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía y FEDER. PO9-RNM-5394. 2010-2014



Características Metro de Málaga

Longitud vías: 11.641 m
En túnel: 8.461 m
En superficie: 3.200 m
Tramo común: 1.100 m. 2 estaciones

Línea 1
6.945 m
5 estaciones
5 paradas

Línea 2
3.616 m
6 estaciones

Emisiones de CO₂

Fase de Construcción

Datos de partida
Rendimientos constructivos por superficie
Tipo de maquinaria
Consumo medio
Fuente de energía (Gasóleos A y B)

$$Emisiones\ Totales\ CO_2 = N \times Cm \times Tm \times f$$

N: nº de unidades
Cm: consumo medio de combustible
Tm: tiempo medio de trabajo por unidad
f: factor de conversión combustible (2,6 Kg. de CO₂/l)

FASE EMISIONES CO₂ (T)

FASE	EMISIONES CO ₂ (T)
I: Pantallas. Excavación de la zanja, colocación de armaduras y hormigonado de pantallas.	12.184
II: Demolición y excavación del firme. Operaciones previas a la implantación del dintel y descabezado de pantallas.	664
III: Dinteles. Soldado del dintel a la pantalla y hormigonado del mismo.	909
IV: Rellenos y firmes. Reurbanización de calzada con materiales de relleno y restablecimiento de aceras afectadas.	750
V: Excavación túnel. Extracción de tierras bajo dintel.	4.740
VI: Forjados intermedios. Se procede de forma análoga que con dinteles pero bajo tierra.	862
VII: Implantación de plataforma y vía. Hormigonado de base en la contrabóveda salvo canaleta, colocación y nivelación de los carriles mediante pórticos. La vía se sitúa sobre el bloque de hormigón.	247
Fase I: Demolición del firme. Excavación previa para la colocación de la plataforma a nivel.	99
Fase II: Implantación de plataforma y vía. Hormigonado de limpieza en la base de la plataforma y vía en placa recubierta de elastómero.	84

Maquinaria	N	Cm (l/h)	Tm (h)	Consumo total (l)	Emisiones CO ₂ (Kg.)	
Grúas (pantalladora y auxiliar)	2	25	7	350	2,6	910
Camión 3 ejes	5	8	7	280	2,6	728
Camión Hormigonera	6	22	3	396	2,6	1.029,6
Gato Hidráulico-Compresor	1	2	4	8	2,6	20,8
Retroexcavadora Giratoria	1	10	12	120	2,6	312
Grupo electrógeno 200 Kva	2	15	10	300	2,6	780
Grupo electrógeno 100 Kva	1	9	10	90	2,6	234
Retroexcavadora Mixta	0	8	0	0	2,6	0
Equipo de Bombeo	0	0	0	0	2,6	0
Rodillo	0	5	5	0	2,6	0
Extendedora	0	5	5	0	2,6	0
Retroexcavadora Pala	0	8	5	0	2,6	0
Retroexcavadora Martillo	0	8	5	0	2,6	0
Camión Grúa	0	6,5	5	0	2,6	0
Total						4.014,4

Tabla 1. Modelo utilizado para la estimación de emisiones de CO₂ (95 m² de pantalla)

Tipo de tramo	Longitud (m)	Nº muros	Profundidad media (m)	Superficie pantallas (m ²)
Tramo común	1.100	2	24	52.800
Tramo exclusivo L1	3.745	2	16	119.840
Tramo exclusivo L2	3.616	2	16	115.712
Total				288.352

Tabla 2. Extrapolación a la totalidad de la infraestructura de metro ligero (totalidad pantallas)

Fases de construcción	Grado de influencia (%)	Clasificación
Pantallas	59,9	Severa
Demolición/Excavación firme	3,7	Baja
Dinteles	4,5	Baja
Rellenos y Firmes	3,7	Baja
Excavación Túnel	20,8	Alta
Forjados intermedios Túnel	3,9	Baja
Plataforma/Vía Túnel	1,1	Leve
Demolición superficie	1,3	Leve
Plataforma/Vía superficie	1,1	Leve

Tabla 3. Clasificación de las fases de construcción en función del impacto (emisiones CO₂). Se considera severa para más del 50%, alta entre 50% y 20%, media entre 20% y 10%, baja entre 10% y 3% y leve para menos del 3%.

Fase de explotación

Datos de partida
Demanda prevista del metro
Reducción de autobuses de la EMT
Migración prevista del vehículo privado al metro
Nº de horas de funcionamiento
Consumo del metro

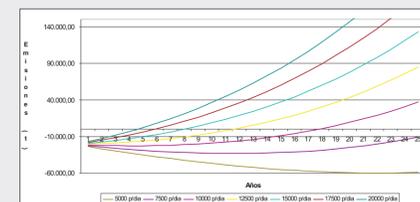
$$Balance\ CO_2 = A - ED - EI$$

A: ahorro de emisiones CO₂ por reducción de vehículos privados, taxis y autobuses
ED: emisiones directas iniciales de CO₂
EI: emisiones de CO₂ por consumo eléctrico del metro ligero.

Además se estima el plazo de recuperación de las emisiones, "Payback" de emisiones de CO₂, a través de un análisis de sensibilidad sobre la reducción de turismos (por trasvase al metro), la distancia media de trayecto en Málaga con vehículo privado y la reducción del número de autobuses.

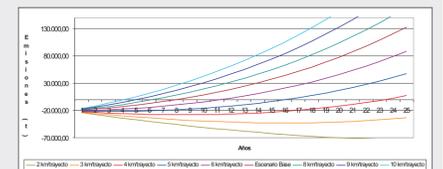
Teniendo en cuenta que la concesión de la explotación del metro de Málaga es de 35 años, dicho plazo de recuperación se considera excelente para menos de 10 años, bueno para menos de 15, medio para menos de 20 y malo para más de 20. Nótese que se parte con un gasto inicial de 20,543 T de CO₂, por ello la curva arranca con este valor negativo.

Análisis de sensibilidad sobre los usuarios procedentes del vehículo privado.
Situación base: 30% de captación (15.000 usuarios/día). Se obtiene un plazo de recuperación de emisiones de 7,5 años.



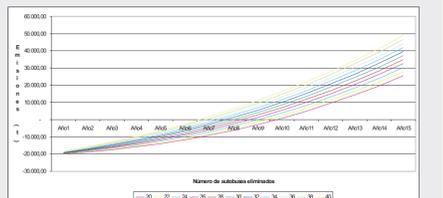
Rango (usuarios/día)	Calificación
Más de 13.200	Excelente
10.800 - 13.200	Buena
10.800 - 9.000	Media
Menos de 9.000	Mala

Análisis de sensibilidad sobre el trayecto medio de vehículo privado eliminado.
Situación base: 7 Km en la ciudad de Málaga.



Rango (distancia media trayecto Km./día)	Calificación
Más de 6,2	Excelente
5,1 - 6,2	Buena
4,3 - 5,1	Media
Menos de 4,3	Mala

Análisis de sensibilidad sobre el número de autobuses urbanos retirados por trasvase de sus usuarios al metro.
Situación base: 30 autobuses.



Se observa una afección muy pequeña respecto a los casos anteriores.

Conclusiones. Las emisiones de CO₂ por metro lineal de infraestructura en tramo soterrado es del orden de 35 veces superior al tramo en superficie, siendo la fase de construcción de pantallas la responsable del 60% de las emisiones totales de CO₂. Por tanto, implantar el sistema de metro ligero en superficie siempre que las características de la vía lo permitan es la solución más sostenible. Los plazos de recuperación de CO₂ en la ciudad de Málaga son inferiores a los 20 años en más del 90% de los casos estudiados. Los parámetros que garantizan este payback son el número de usuarios y el trayecto medio trasvasado del vehículo privado al metro.