

# Calculadora de Huella de Carbono

Sustituto SaaS de la Calculadora Excel V.31 del MITECO

David Antizar · 2026

Desarrollado por David Antizar · Febrero 2026 · GHG Protocol · AR6 IPCC

[github.com/Ntizar/HuelladeCarbono](https://github.com/Ntizar/HuelladeCarbono)

## ¿Por que este proyecto? La necesidad de digitalizar bien

El MITECO proporciona desde 2007 una calculadora Excel (actualmente la Version 31) para que las organizaciones espanolas calculen su huella de carbono y puedan inscribirla en el Registro Nacional. Esta herramienta, aunque funcional, presenta todas las limitaciones inherentes a una hoja de calculo: un unico usuario, sin trazabilidad, formulas ocultas en celdas, sin validacion de datos y sin capacidad de colaboracion.

Digitalizar no es simplemente "pasar algo a la nube". Digitalizar bien significa repensar el flujo de trabajo completo: quien introduce los datos, como se validan, como se calculan, quien puede verlos, como se auditan los cambios y como se exportan los resultados. Esta herramienta nace con esa filosofia: no copiar el Excel, sino reimaginarlo como un sistema profesional con las mejores practicas de ingenieria de software.

**Principio de diseno:** Una buena digitalizacion no replica los defectos del formato anterior. Cada campo se valida, cada accion se registra, cada calculo es transparente y reproducible. El objetivo es que el usuario se concentre en los datos, no en la herramienta.

## Del Excel oficial a la herramienta web

### Excel MITECO V.31 (antes)

- Archivo .xlsx local, envio por email
- Un solo usuario simultaneo
- Sin historial de cambios ni auditoria
- Formulas ocultas en celdas protegidas
- Sin validacion de datos al introducirlos
- Exportacion limitada (solo .xlsx)
- Sin graficos interactivos ni dashboard
- 13 pestanas complejas de Excel
- Sin control de acceso ni seguridad

### Nueva herramienta web (ahora)

App web accesible desde cualquier navegador  
Multi-usuario con 3 roles diferenciados  
Log de auditoria completo (quien, que, cuando)  
Motor de calculo transparente con tests unitarios  
Validacion instantanea con schemas Zod  
4 formatos de exportacion: Excel, CSV, JSON, PDF  
Dashboard en tiempo real con KPIs y Recharts  
UI moderna con 13 secciones intuitivas  
Autenticacion segura + control de roles

## Mejoras clave implementadas

### Dashboard interactivo

KPIs de emisiones, graficos de barras (Alcance 1 vs 2) y circulares (desglose). Vision global instantanea.

### Multi-organizacion

Cada empresa tiene datos aislados en `data/orgs/{id}/{ano}/`. Soporte multi-ano (2007-2024).

### Roles y autenticacion

Admin: todo. Editor: datos. Viewer: lectura. Auth con NextAuth.js y contraseñas con bcrypt.

### Auditoria completa

Cada accion se registra con timestamp, usuario, tipo y detalle. Panel de consulta con filtros.

### Calculo automatico

Al guardar datos, el pipeline recalcula todas las emisiones. Formulas verificadas con tests.

### 4 exportaciones

Excel compatible MITECO, CSV para BI, JSON para APIs externas, PDF resumen ejecutivo.

## De donde salen los factores de emision

Los factores de emision (FE) son los coeficientes oficiales que relacionan una actividad (quemar gas, consumir electricidad) con las emisiones de GEI que produce. En esta herramienta, los factores provienen de dos fuentes oficiales:

- **Calculadora Excel MITECO V.31** — Los factores de combustibles fijos, vehiculos y gases refrigerantes se extrajeron automaticamente del Excel oficial mediante un script Python (scripts/parse\_excel\_to\_json.py) que lee las hojas del archivo calculadora\_hc\_tcm30-485617.xlsx y los convierte a JSON estructurado (data/emission\_factors.json).
- **CNMC (Comision Nacional de los Mercados y la Competencia)** — Los factores de emision de las comercializadoras electricas se obtienen de la publicacion anual de la CNMC sobre el mix electrico de cada comercializadora. Si tienes Garantia de Origen (GdO) renovable, las emisiones son 0.
- **AR6 del IPCC (2021)** — Los Potenciales de Calentamiento Atmosferico (PCA) de CH<sub>4</sub>=27.9 y N<sub>2</sub>O=273 corresponden al Sexto Informe de Evaluacion del IPCC, que son los valores mas actualizados para convertir cada GEI a CO<sub>2</sub>-equivalente.

## Alcance 1 — Combustion fija y movil

Las emisiones por combustion (calderas, hornos, generadores, vehiculos) se calculan multiplicando la cantidad consumida por tres factores de emision independientes — uno para cada gas de efecto invernadero — y convirtiendo CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub>-equivalente mediante sus PCA:

```
Emisiones CO2      = Cantidad consumida x FE_CO2   (kg CO2 / unidad)
Emisiones CH4      = Cantidad consumida x FE_CH4   (kg CH4 / unidad) x 27.9   (PCA AR6)
Emisiones N2O      = Cantidad consumida x FE_N2O   (kg N2O / unidad) x 273    (PCA AR6)

Total (kg CO2e)    = Emisiones CO2 + Emisiones CH4 como CO2e + Emisiones N2O como CO2e
```

**Ejemplo:** 50.000 kWh de Gas Natural ' FE\_CO2=0.202 kg/kWh, FE\_CH4=0.00004, FE\_N2O=0.00001. Total = (50000 x 0.202) + (50000 x 0.00004 x 27.9) + (50000 x 0.00001 x 273) = 10.100 + 55.8 + 136.5 = 10.292,3 kg CO2e = 10,29 t CO2e.

Los factores estan disponibles para: Gas Natural, Gasoleo, Fuel Oil, GLP, Carbon, Biomasa (pellets, astillas, hueso de aceituna), Gasolina, Diesel, Bioetanol, Biodiesel, GNC, GNL, y mas. Cada uno tiene sus tres FE especificos segun el MITECO V.31.

## Alcance 1 — Emisiones fugitivas (gases refrigerantes)

Las emisiones fugitivas provienen de fugas o recargas de gases fluorados en equipos de refrigeracion y climatizacion. Cada gas tiene un PCA (Potencial de Calentamiento Atmosferico) que mide cuanto calienta respecto al CO<sub>2</sub>. El calculo es directo:

```
Emisiones (t CO2e) = Cantidad recargada (kg) x PCA del gas / 1000
```

Ejemplos de PCA (AR6 IPCC): HFC-134a = 1.430, R-410A = 2.088, R-404A = 3.922, SF<sub>6</sub> = 22.800. Una recarga de tan solo 1 kg de SF<sub>6</sub> equivale a 22,8 toneladas de CO<sub>2</sub>. La herramienta incluye 20 gases refrigerantes con sus PCA del AR6.

## Alcance 2 — Electricidad

Las emisiones por consumo electrico dependen de la comercializadora contratada, ya que cada una tiene un mix energetico diferente (% renovable, gas, carbon, nuclear). El MITECO y la CNMC publican anualmente los factores:

```
Emisiones (t CO2) = Consumo (kWh) x Factor comercializadora (kg CO2/kWh) / 1000
```

Si la organizacion tiene Garantia de Origen (GdO) renovable ' Emisiones = 0 t CO2

**Garantía de Origen (GdO):** Es un certificado que acredita que la electricidad consumida proviene de fuentes renovables. Si tienes GdO, tus emisiones de Alcance 2 son 0. La herramienta tiene un toggle para activarlo por cada punto de suministro.

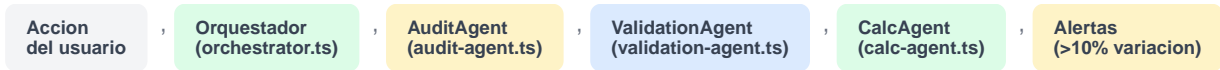
Ejemplo de factores de emision cargados

Combustible	Unidad	FE CO2 (kg)	FE CH4 (kg)	FE N2O (kg)
Gas Natural	kWh	0.202	0.00004	0.00001
Gasoleo C	litro	2.868	0.00022	0.00004
GLP	litro	1.656	0.00037	0.00002
Gasolina (vehiculos)	litro	2.196	0.00086	0.00026
Diesel (vehiculos)	litro	2.471	0.00010	0.00040

Fuente: Calculadora MITECO V.31 (calculadora\_hc\_tcm30-485617.xlsx). Datos completos en data/emission\_factors.json.

## Sistema de agentes: como fluyen los datos

Cada vez que un usuario anade, modifica o elimina un dato, el sistema ejecuta un pipeline de agentes en cadena. Esto garantiza que ningun dato se guarde sin validar, que todo quede auditado y que las emisiones se recalculen automaticamente:



- Orquestador (orchestrator.ts) — Recibe el evento de cambio y coordina la ejecucion secuencial de todos los agentes. Es el punto de entrada unico del sistema.
- AuditAgent (audit-agent.ts) — Registra en store/audit\_log.csv quien hizo que, cuando y con que datos. Genera un UUID unico por cada accion.
- ValidationAgent (validation-agent.ts) — Valida que los datos sean coherentes: anos razonables (2007-2030), valores no negativos, tipos de combustible existentes, campos obligatorios.
- CalcAgent (calc-agent.ts) — Aplica todas las formulas del MITECO para recalculer las emisiones totales de la organizacion. Los resultados se guardan en el JSON del ano correspondiente.
- Alertas — Si la variacion respecto al calculo anterior supera el 10%, se genera una alerta automatica visible en el dashboard.

## Como estan organizados los datos

El sistema usa almacenamiento basado en archivos (JSON + CSV), sin necesidad de base de datos externa. Esto simplifica el despliegue y permite version control de los propios datos:

```
data/
  emission_factors.json    • Factores MITECO (generado por parse_excel_to_json.py)
  dropdowns.json          • Listas desplegables (combustibles, gases, comercializadoras)
orgs/
  org_001/                • Datos de cada organizacion, aislados
2024/
  organizacion.json        • Datos generales (nombre, CIF, CNAE)
  scopel_fijas.json        • Combustion fija
  scopel_vehiculos.json    • Vehiculos
  scopel_fugitivas.json    • Gases refrigerantes
  scope2_elect.json        • Electricidad
  resultados.json          • Totales calculados
store/
  users.csv               • Usuarios (id, email, hash, rol, org_id)
  organizations.csv       • Organizaciones registradas
  audit_log.csv           • Log de auditoria completo
```

## Como modificar y personalizar la herramienta

La herramienta esta disenada para ser facilmente editable y extensible. Estos son los puntos clave para personalizarla:

**Actualizar factores de emision:** Editar directamente data/emission\_factors.json o volver a ejecutar python scripts/parse\_excel\_to\_json.py con un Excel MITECO mas reciente. Los nuevos factores se aplican inmediatamente en los calculos.

**Modificar formulas de calculo:** Las formulas estan en src/lib/agents/calc-agent.ts. Cada funcion esta documentada y con tipos TypeScript. Puedes anadir nuevos gases, combustibles o ajustar los PCA sin tocar nada mas.

**Anadir nuevas secciones:** Crear un nuevo archivo en `src/app/nueva-seccion/page.tsx` siguiendo el patron de las paginas existentes. Next.js App Router genera la ruta automaticamente.

**Cambiar estilos:** Los estilos estan en `src/app/globals.css` (clases Tailwind personalizadas) y `tailwind.config.ts`. El color principal se puede cambiar modificando las clases `.btn-primary`, `.card`, etc.

**Gestionar usuarios:** Los usuarios se gestionan desde la interfaz web (`/admin/usuarios`) o editando directamente `store/users.csv`. Las contraseñas se almacenan como hash `bcrypt`.

## Las 13 secciones de la aplicacion

- **Dashboard:** Panel principal con 4 KPIs (emisiones totales, Alcance 1, Alcance 2, ratio por empleado) y graficos interactivos de barras y circulares.
- **Organizacion:** Datos generales: nombre, CIF, CNAE, numero de empleados, facturacion. Necesarios para los ratios e informe final.
- **Instalaciones fijas:** Alcance 1. Consumo de combustible en calderas, hornos, generadores. Seleccion de combustible, cantidad y calculo automatico.
- **Vehiculos:** Alcance 1. Flota propia con dos metodos: A1 (por litros consumidos) y A2 (por km recorridos). Categorias de vehiculo.
- **Fugitivas:** Alcance 1. Recargas de gas refrigerante en equipos de climatizacion. Vista previa del calculo (recarga x PCA) antes de guardar.
- **Proceso:** Alcance 1. Emisiones de procesos industriales (clinker, cal, vidrio). El usuario introduce directamente las toneladas de CO2.
- **Renovables:** Alcance 1 informativo. Biomasa y biocombustibles. Las emisiones biogenicas se reportan pero no computan en el total (GHG Protocol).
- **Electricidad:** Alcance 2. Consumo kWh por comercializadora con factor CNMC. Toggle de Garantia de Origen que pone emisiones a 0.
- **Resultados:** Resumen total con desglose por alcance y categoria. Graficos finales y tabla resumen lista para el informe.
- **Informes:** Descarga en 4 formatos con un clic: Excel MITECO, CSV, JSON, PDF. Cada formato optimizado para su caso de uso.
- **Factores:** Tabla de consulta read-only con todos los factores cargados: combustibles fijos, vehiculos, gases (20 tipos), electricidad.
- **Usuarios:** Admin. CRUD de usuarios: crear, asignar rol, activar/desactivar. Tres roles: admin, editor, viewer.
- **Auditoria:** Admin. Log completo de acciones con filtros por usuario, tipo de accion y fecha. Hasta 200 registros por pagina.

## Stack tecnologico

Next.js 14

TypeScript

TailwindCSS

Recharts

Zustand

Zod

NextAuth.js

ExcelJS

PapaParse

@react-pdf/renderer

Python (parser)

Next.js 14 (App Router, SSR) como framework web. TypeScript para tipado estatico. Tailwind para estilos responsive. Recharts para graficos interactivos. Zustand para estado global. Zod para validacion de schemas. NextAuth.js para autentificacion JWT. ExcelJS y PapaParse para exportacion. Python + openpyxl para el parser inicial del Excel MITECO.

## Reflexion: como se debe digitalizar

La digitalizacion no consiste en replicar un formulario en papel dentro de un navegador. Consiste en entender el flujo completo del dato — desde su origen hasta su uso final — y disenar un sistema que lo haga mas fiable, mas accesible y mas util.

Este proyecto demuestra que una herramienta gubernamental basada en Excel, con 13 pestanas y formulas ocultas, puede transformarse en una aplicacion web moderna, con validacion en tiempo real, auditoria automatica, graficos interactivos y exportacion multi-formato. Y todo ello manteniendo las mismas formulas oficiales del MITECO, verificadas con tests automatizados.

**La clave:** no sustituir el Excel por otro Excel. Sustituirlo por un sistema que haga imposible equivocarse, obligatorio auditar y facil colaborar.

## Como ejecutar

```
git clone https://github.com/Ntizar/HuelladeCarbono.git
cd HuelladeCarbono
npm install
npm run dev
' Abrir http://localhost:3000 • Demo: admin@demo.com / demo123
```