

TREBALL DE FI DE GRAU

Facultat d'Economia i Empresa

Títol: Disseny i implementació d'una base de dades per a la gestió de la iniciativa GRID Granollers.

Autora: Gabriela Martín Arderius

Tutora: Glòria Estapé Dubreuil

Grau: Empresa i Tecnologia

Data: 27-05-2025

RESUM

Aquest Treball de Fi de Grau es centra en donar suport a GRID Granollers, una iniciativa promoguda per l'Ajuntament de Granollers amb la col·laboració de diversos agents locals i supramunicipals. L'objectiu del projecte és accelerar la transició cap a un model d'economia circular i industrial més eficient, impulsant la simbiosi industrial, la digitalització i la col·laboració entre empreses del territori.

La proposta va sorgir a través de la iniciativa d'Aprenentatge i Servei de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), gestionada per la Fundació Autònoma Solidària, que facilita la connexió entre estudiants i projectes reals amb impacte social i mediambiental. Aquesta oportunitat va permetre abordar una necessitat concreta de la iniciativa: el desenvolupament d'una base de dades que facilités la gestió i la identificació de coordinació entre les empreses participants.

Malgrat el potencial de GRID Granollers, es van identificar diversos reptes, com la manca de dades compartides i eines adequades per gestionar la informació i una baixa participació inicial a causa del desconeixement i falta de recursos.

Per afrontar aquests obstacles, es va plantejar dissenyar i implementar una base de dades accessible i funcional que permetés recopilar, organitzar i visualitzar informació rellevant sobre les empreses i els seus recursos, facilitant així la simbiosi industrial i la col·laboració territorial.

Com a resultat, el projecte ha permès activar col·laboracions reals entre empreses, millorar la gestió de la informació dins de GRID Granollers i contribuir a posicionar Granollers com un referent en simbiosi industrial a Catalunya, demostrant la capacitat d'integrar tecnologia i coneixement per impulsar la transició cap a una economia circular.

Paraules clau: base de dades, GRID Granoller, economia circular, simbiosi industrial, middleware.

ABSTRACT

This TFG focuses on supporting GRID Granollers, an initiative promoted by the Granollers City Council in collaboration with various local and regional stakeholders. The project's objective is to accelerate the transition toward a more efficient circular and industrial economy model by fostering industrial symbiosis, digitalization, and collaboration among businesses in the region.

The proposal emerged through the Service-Learning initiative of the Autonomous University of Barcelona (UAB), managed by the Autònoma Solidària Foundation, which connects students with real-world projects that generate social and environmental impact. This opportunity allowed us to address a specific need of the initiative: the development of a database to streamline the management and identification of coordination opportunities among participating businesses.

Despite GRID Granollers' potential, several challenges were identified, including a lack of shared data, inadequate tools for information management, and low initial participation due to limited awareness and resources.

To address these obstacles, we proposed designing and implementing an accessible and functional database to collect, organize, and visualize relevant information about companies and their resources, thereby facilitating industrial symbiosis and territorial collaboration.

As a result, the project has enabled real collaborations between businesses, improved information management within GRID Granollers, and contributed to positioning Granollers as a leader in industrial symbiosis in Catalonia. This demonstrates the ability to integrate technology and knowledge to drive the transition toward a circular economy.

Keywords: *database, GRID Granollers, circular economy, industrial symbiosis, middleware.*

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Context i motivació	1
1.2. Objectiu del treball	1
1.3. Estructura del document	2
2. MARC TEÒRIC	3
2.1. L'economia circular	3
2.1.1. Introducció, nivells i estratègies	3
2.1.2. Beneficis i limitacions	5
2.1.3. La digitalització i el seu rol en l'economia circular	7
2.2. Simbiosi industrial	8
2.2.1. Introducció	8
2.2.2. Beneficis de la simbiosi industrial	9
2.3. Impacte ambiental i econòmic	10
2.3.1. Indicadors ambientals: petjada de Carboni i reducció de CO ₂	10
2.3.2. Indicadors Econòmics: Estalvis i Eficiència de Recursos	11
3. CONTEXT DEL PROJECTE DE GRID GRANOLLERS	12
3.1. Descripció de GRID Granollers	12
3.1.1. Objectius i filosofia	12
3.1.2. Actors clau de la iniciativa	13
3.2. Mercat de Recursos	14
3.2.1. Funcionament i dinàmica	14
3.2.2. Tipologia de recursos disponibles	14
3.2.3. Resultats Actuals	15
3.3. Gestió actual de GRID Granollers	16
3.4. Perspectives de futur	16
4. PROPOSTA DE LA GESTIÓ PER A GRID GRANOLLERS	17
4.1. Introducció	17
4.2. Creació de la nova base de dades	18
4.2.1. Creació de les taules i relacions	18
4.2.2. Creació de la BBDD	23
4.2.3. Creació de les consultes	23
4.2.4. Creació del <i>front-end</i>	24
4.2.5. Creació del <i>Middleware</i>	29
5. PROVES I VALIDACIONS	33
5.1. Proves i validacions en la base de dades	33
5.2. Proves i validacions en el <i>front-end</i> i el <i>middleware</i>	34
6. CONCLUSIONS	35
7. REFERÈNCIES	36

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Context i motivació

Ens trobem en un moment clau per repensar la manera com produïm, consumim i gestionem els nostres recursos. La crisi climàtica, l'esgotament dels recursos naturals i l'acumulació de residus són reptes globals que posen en qüestió el model econòmic lineal tradicional, basat en extreure, fabricar, utilitzar i llençar. Tot i els avenços en polítiques públiques i les accions de moltes organitzacions per impulsar pràctiques més sostenibles, la transició cap a un model d'economia circular (EC) encara està lluny de ser una realitat generalitzada.

En aquest escenari, neixen iniciatives transformadores que tenen com a objectiu generar un impacte positiu des de l'àmbit local. El projecte Granollers Recursos Industrials (GRID Granollers) és una d'aquestes propostes ambicioses i alineades amb els principis de l'EC. Impulsat per l'Ajuntament de Granollers i les associacions dels polígons industrials de la ciutat, GRID promou la col·laboració entre empreses per optimitzar l'ús dels recursos disponibles, fomentar la simbiosi industrial i construir ecosistemes circulars competitius i resilients.

Amb la voluntat d'esdevenir un referent en la gestió sostenible i col·laborativa del teixit industrial, és essencial dotar el projecte GRID Granollers d'eines que permetin gestionar la informació de manera eficient, escalable i alineada amb els seus objectius estratègics. Només així serà possible consolidar una nova manera de fer empresa, més responsable, innovadora i arrelada al territori.

1.2. Objectiu del treball

L'objectiu principal d'aquest Treball de Fi de Grau és contribuir a la transformació digital de GRID Granollers, mitjançant la modernització i optimització del sistema actual de gestió de dades. Es proposa substituir el model actual, basat en fulls de càlcul Excel, per una base de dades relacional, que permeti gestionar la informació de manera més estructurada, segura i escalable, tot facilitant l'automatització de processos clau.

Per tal de garantir una transició eficient i accessible per als usuaris no tècnics, el projecte inclou també el desenvolupament d'una interfície gràfica (front-end) que permeti als

responsables del projecte consultar, cercar, actualitzar i gestionar les dades emmagatzemades. Aquesta interfície permetrà executar consultes predefinides i generar informes personalitzats sense necessitat d'escriure codi, fomentant així l'autonomia dels usuaris i assegurant la continuïtat operativa del projecte en el seu dia a dia.

Amb aquesta proposta, el treball busca no només millorar l'eficiència interna de GRID Granollers, sinó també posar les bases per a un creixement sostingut i replicable del model, alineat amb els valors de l'economia circular i la innovació sostenible.

1.3. Estructura del document

Aquest Treball de Fi de Grau s'estructura en sis apartats interconnectats, dissenyats per guiar el lector des de la base teòrica, fins a l'aplicació i la reflexió final, amb l'objectiu de demostrar com les eines digitals poden impulsar projectes d'economia circular com GRID Granollers.

La **introducció** estableix les bases del treball, contextualitzant el valor que aporta la iniciativa de GRID i la urgència de l'economia circular en un món amb recursos limitats, alhora que defineix els objectius i orienta el lector sobre la progressió lògica del document. Amb el **marc teòric** es proporcionen les eines conceptuals necessàries, explorant l'economia circular, la simbiosi industrial i els indicadors clau per mesurar l'impacte ambiental i econòmic.

Aquests fonaments es materialitzen al context de **GRID Granollers**, on es descriu la iniciativa en detall: els seus actors, el funcionament del mercat de recursos i els reptes identificats. Aquesta anàlisi condueix directament al nucli del treball, la **proposta de gestió**, que detalla el desenvolupament d'una solució tècnica dissenyada per automatitzar processos, centralitzar les dades i que puguin fer consultes de manera més eficient.

La viabilitat de la proposta s'examina en l'apartat de **proves i validacions**, on s'expliquen les simulacions de càrrega de dades, les proves d'usabilitat de la interfície i els tests d'integració del sistema complet, verificant que cada component respon als requisits tècnics i operatius.

Finalment, les **conclusions**, recullen els assoliments, reflexionen sobre les limitacions trobades i les sensacions de la realització del treball. El document tanca amb les **referències**, garantint el rigor de les fonts utilitzades.

2. MARC TEÒRIC

2.1. L'economia circular

2.1.1. Introducció, nivells i estratègies

L'EC és un model que té com a objectiu minimitzar la generació de residus, integrant els sistemes industrials dins del cicle natural, de manera que els residus d'un procés passin a ser recursos per a un altre. Aquest enfocament substitueix el model d'economia lineal tradicional, basat en l'extracció, la producció, el consum i l'eliminació del producte.

Les principals estratègies de l'EC es resumeixen en les anomenades “4R” (reduir, reutilitzar, reciclar i recuperar) i en el disseny de productes pensats per ser duradors, reutilitzables i fàcilment reparables (Barreiro-Gen & Lozano, 2020). Les “4R” constitueixen estratègies clau per minimitzar l'impacte ambiental i promoure un ús més eficient dels recursos. La seva efectivitat, però, depèn d'una participació activa per part d'individus, institucions públiques i empreses privades, així com d'una visió integral que consideri tots els agents implicats.

En primer lloc, la **reducció** implica fomentar un consum responsable, és a dir, disminuint el nombre de béns adquirits i, per tant, la generació de residus. En segon lloc, la **reparació** busca evitar la compra de nous articles allargant la vida útil dels productes mitjançant el manteniment o la substitució de peces. En tercer lloc, la **reutilització** consisteix a donar una nova vida a objectes ja utilitzats, evitant que esdevinguin residus prematurament. Finalment, el **reciclatge** recupera materials un cop els productes ja no poden ser reutilitzats, tancant així el cicle de vida dels recursos (Grup Conforsa, 2023).

A partir de les “4R” s'han desenvolupat diverses estratègies per maximitzar l'eficiència dels recursos, que habitualment es solen classificar en dos grups: accions internes i externes.

Les **accions internes** són millores que es poden implementar dins del mateix procés productiu. Per exemple, la reducció de materials en la fase de disseny utilitzant patrons més eficients o eliminant components innecessaris, la reparació de maquinària per allargar-ne la vida útil, o el reciclatge intern dels residus generats.

Per altra banda, les **accions externes** són aquelles que requereixen la col·laboració amb altres organitzacions, promovent una major coordinació al llarg de la cadena de valor. Aquestes

inclouen tant la venda o donació de subproductes a tercers, com la participació en xarxes de simbiosi industrial per compartir recursos materials i energètics.

El punt òptim es troba en la combinació d'ambdues tipologies d'accions.

L'estudi de Barreiro-Gen i Lozano (2020) aporta dades concretes sobre la implementació de les “4R” a nivell intern i extern de les organitzacions. La recerca combina metodologies quantitatives i qualitatives, i es basa principalment en enquestes, escales de mesurament i anàlisis estadístiques.

Els resultats mostren que les organitzacions tendeixen a prioritzar la reducció (mitjana de 3,63 sobre 5) i el reciclatge (3,54 sobre 5) per sobre de la reparació i la remanufactura, amb un enfocament predominant en accions internes. A més, l'estudi revela una paradoxa significativa: moltes entitats apliquen pràctiques circulars sense vincular-les explícitament amb l'economia circular. Aquesta desconexió es reflecteix en una correlació baixa ($<0,330$), que indica que nombroses empreses fan servir estratègies pròpies de les “4R” sense ser conscients que contribueixen al model circular. Aquests resultats subratllen la necessitat de millorar la formació i la coordinació entre tots els actors implicats per assolir una transició efectiva cap a la circularitat.

A més de les estratègies esmentades, per tal que l'EC es pugui adaptar a diferents contextos, es consideren tres nivells diferents d'aplicació: el **macro** (regions i ciutats), el **meso** (xarxes ecoindustrials, on els residus d'una empresa es reconverteixen en recursos per a una altra) i el **micro** (millora ambiental en organitzacions concretes) (Yong, 2007; Yuan et al., 2008).

Tot i que la transició cap a l'EC requereix el suport de tots els sectors —societat civil, empreses i administració pública—, la majoria d'esforços es centren en els nivells macro i meso. En canvi, al nivell micro, les accions són més limitades i solen centrar-se en la gestió de residus alimentaris, plàstics o metalls preciosos. A més, cal tenir en compte que en aquests moments no es pot pensar en un enfocament universal de l'EC, ja que varia segons l'organització i especialment en funció dels productes o serveis que ofereixen cada una (Ritzén & Sandström, 2017).

2.1.2. Beneficis i limitacions

D'acord amb els estudis de Sehnem (2019), l'EC **presenta beneficis** en l'àmbit ambiental, econòmic i social, contribuint així a una economia més sostenible i equilibrada (Sehnem, 2019).

En l'**àmbit ambiental**, el benefici més important és la reducció dels residus i de les emissions de CO₂, resultat directe de la reutilització i el reciclatge de materials propis de l'EC (Linder i Williander, 2017; Esmaeili et al. 2015). Això comporta una menor dependència de matèries primeres verges i una reducció en la petjada ecològica de les activitats industrials, així com del seu consum energètic. A més, l'EC permet la reutilització de subproductes energètics entre empreses, fet que redueix el consum d'energia primària (Fraccascia, 2017; Paquin, 2015). Tot i que menys estudiat, un altre benefici ambiental destacable de l'EC és la millora en la gestió de l'aigua, mitjançant la reutilització d'aigües residuals industrials, reduint així tant la contaminació hídrica com el consum d'aigua dolça (Anctil i Le Blanc, 2015; Ashton, 2011).

Des d'una **perspectiva econòmica**, els beneficis se centren en la millora de l'eficiència dels costos, la generació de noves oportunitats de negoci i la creació de llocs de treball. L'estalvi de costos es deriva principalment de la reutilització de materials i recursos dins dels processos productius. Les oportunitats de negoci s'aconsegueixen gràcies a l'intercanvi de residus entre indústries, donant lloc a mercats secundaris basats en la venda de recursos reciclats. Aquest nou escenari fomenta la competitivitat empresarial i impulsa la creació de llocs de treball, especialment en sectors de reciclatge, reparació i manufactura (Lehr, 2013; Paquin, 2015).

Pel que fa a l'**àmbit social**, l'EC contribueix a la formació de comunitats col·laboratives, la generació d'ocupació laboral, la millora de la salut pública i la col·laboració entre individus. El desenvolupament d'economies locals a partir de pràctiques circulars enforteix el teixit comunitari. A més, el reciclatge i la manufactura generen ocupació en sectors emergents, com s'ha mencionat prèviament en l'àmbit econòmic. També, la millora en la qualitat de l'aire, resultat de la reducció de la contaminació atmosfèrica, té un impacte positiu en la salut de la població (Sgarbossa i Russo, 2017). Finalment, l'EC promou la col·laboració entre empreses, institucions i ciutadania, generant fluxos de materials entre empreses en sistemes circulars, la qual cosa afavoreix la transparència i la responsabilitat social corporativa (RSC).

Tot i els beneficis posats en relleu a l'apartat anterior, cal també tenir en compte que l'**EC comporta limitacions**, especialment en la seva implementació (Korhonen, JHönkasalo & ASeppälä J, 2017).

En primer lloc, la **limitació termodinàmica**. Qualsevol procés de reciclatge requereix energia, fet que comporta que un procés mai sigui completament eficient. Quan es realitzen processos per recuperar materials sempre hi haurà una pèrdua d'energia.

En segon lloc, la **limitació espai-temporal**. Es deu als problemes mediambientals, que es desplacen de manera geogràfica i temporal. Això pot provocar que una xarxa de reciclatge tingui un impacte negatiu en el lloc d'exportació o d'importació dels materials. Es contempla que, amb el foment de la reutilització de materials a llarga distància, és probable que hi hagi un impacte ambiental negatiu durant el transport dels materials reutilitzats. De la mateixa manera, l'impacte ambiental que hi ha a llarg termini és desconegut, les decisions actuals poden generar estructures econòmiques que dificultin la sostenibilitat futura (Korhonen et al., 2018).

En tercer lloc, la **limitació per dependència de tecnologies passades**. Normalment, la primera innovació que arriba al mercat és la que es consolida, creant barreres per a les tecnologies emergents i consegüentment dificultant l'adopció de models més sostenibles. Aquest fenomen, conegut com a *path dependency and lock-in*, redueix la capacitat d'adaptació dels sectors industrials a solucions innovadores de l'EC (Norton et al., 1998).

En quart lloc, la **limitació per la fragmentació governativa**, que dificulta la circulació de materials i d'energia dins de l'EC, especialment en entorns transfronterers. Aquestes limitacions es manifesten en tres dimensions: manca de coordinació en el lideratge, conflictes en l'assignació de responsabilitats i beneficis, i absència d'un marc normatiu i d'incentius alineats amb els objectius circulars.

En cinquè lloc, les **limitacions socials i culturals dels fluxos de materials**. El concepte de residu està socialment i culturalment construït, i varia al llarg del temps i entre regions, fet que dificulta l'establiment de polítiques coherents i de sistemes que permetin mesurar adequadament l'EC.

2.1.3. La digitalització i el seu rol en l'economia circular

La transició cap a l'EC s'ha vist impulsada per la **indústria 4.0**, que combina tecnologies digitals avançades de producció i operacions amb tecnologies intel·ligents, com l'*Internet of Things* (IoT), la intel·ligència artificial (IA) i sistemes ciberfísics (CPS). Aquestes tecnologies s'integren dins les organitzacions.

L'IoT connecta dispositius per recollir dades en temps real, la IA analitza grans volums de dades per identificar patrons i optimitzar processos, i el CPS combina el món físic amb el digital creant entorns de producció intel·ligents que s'autoajusten. L'aplicació conjunta d'aquestes tecnologies està transformant els models productius, maximitzant l'aprofitament dels recursos i mantenint els materials en circulació durant molt més temps, mentre es convergeix cap a un sistema industrial més alineat amb els principis de l'EC.

La combinació d'aquestes tecnologies està creant noves oportunitats per impulsar l'EC, que permet fer un seguiment en temps real dels recursos de manera més eficient, allargar la vida útil dels productes i automatitzar la recuperació i el reciclatge de productes i materials. Aquest enfocament tecnològic s'alinea directament amb el marc ReSOLVE, que defineix sis accions estratègiques per implementar l'EC amb el suport de la transformació digital (Ellen MacArthur Foundation, 2012). Aquestes accions són:

- *Regenerate*, les tecnologies digitals monitoritzen i redueixen l'impacte ambiental, promovent l'ús d'energies renovables (IoT);
- *Share*, les plataformes digitals habiliten models de consum col·laboratiu i prolonguen la vida útil mitjançant el manteniment predictiu (IA);
- *Optimize*, es maximitza l'eficiència dels recursos (IoT i IA);
- *Loop*, s'automatitzen el reciclatge i la remanufactura, tancant el cicle de materials amb processos més precisos (CPS);
- *Virtualize*, es desenvolupen solucions digitals que substitueixen productes físics; i
- *Exchange*, es dissenyen materials renovables i alternatives menys contaminants (IA i disseny algorítmic).

És important destacar que aquesta integració encara és emergent i està poc desenvolupada. Actualment, els esforços se centren en la millora de la remanufactura i el reciclatge, gràcies al monitoratge de processos, els sensors digitals i amb sistemes d'automatització. Paral·lelament, la implementació de l'IoT està permetent millores notables en la traçabilitat

dels materials al llarg de tot el seu cicle de vida. Tanmateix, s'observa un desequilibri en el desenvolupament d'aquestes tecnologies: mentre hi ha una major atenció en el reciclatge i la reutilització de materials, la remanufactura i el disseny es troben en un segon pla (Okorie et al., 2023).

2.2. Simbiosi industrial

2.2.1. Introducció

La Simbiosi Industrial (**InSys**) és la col·laboració entre indústries o entitats per intercanviar tota mena de recursos: materials, energètics, aigua, actius o logística. El model aprofita els recursos que quasi no s'estan utilitzant en una indústria com a inputs d'una altra, amb l'objectiu d'optimitzar-ne l'ús i reduir els residus i les emissions (Lawal et al., 2021). Aquesta col·laboració és clau per reduir, de manera simultània l'ús de matèries primeres i els gasos d'efecte hivernacle.

El terme InSys va ser introduït per Frosch i Gallopoulos l'any 1989. El van concebre com una extensió de l'ecologia industrial, basada en l'autogestió eficient dels materials i l'energia. Es busca tractar els sistemes industrials com si fossin ecosistemes naturals. Això s'aconsegueix quan les empreses creen xarxes d'intercanvi de materials i energia, per tal de millorar l'eficiència dels sistemes productius i minimitzar l'impacte ambiental.

Un dels casos més destacats de la InSys és el **Parc Ecoindustrial de Kalundborg**, a Dinamarca. Allà, des del 1961, diferents empreses (incloent-hi una central elèctrica, una refineria, una granja de peixos, una farmacèutica i una fàbrica de panells de guix) col·laboren intercanviant recursos d'energia, aigua i subproductes, convertint els residus d'una empresa en recursos per a una altra. Per exemple, el vapor excedent de la central elèctrica s'utilitza per escalfar tant altres indústries com la xarxa de calefacció urbana, l'aigua de refrigeració es reutilitza en processos industrials i el sofre i el guix generats es transformen en materials útils per a altres sectors.

Aquest sistema ha aconseguit beneficis ambientals i econòmics: reduccions anuals de milers de tones de CO₂, grans estalvis en el consum d'aigua dolça i en costos operatius, així com un augment substancial de l'aprofitament de materials (Chertow, 2000).

Els factors clau d'èxit del parc ecoindustrial són: la proximitat geogràfica (que facilita el transport de recursos entre empreses) i la col·laboració activa entre les organitzacions per poder adaptar els recursos. Actualment, aquest parc serveix com a model global per al desenvolupament de més parcs ecoindustrials (Chertow, 2000).

2.2.2. Beneficis de la simbiosi industrial

La InSys presenta beneficis en els àmbits ambiental, econòmic i social. En aquest sentit, projectes com el de GRID Granollers actuen com a factors impulsors d'aquests intercanvis simbiòtics als polígons de Catalunya. A través d'iniciatives com aquesta, es facilita la connexió entre empreses per a la compartició de recursos, residus o energia, accelerant la transició cap a models circulars.

Els **beneficis ambientals** es donen per la reutilització de residus i l'optimització dels fluxos de materials i energia de les empreses, que permet una reducció en la utilització de matèries primeres verges i comportant una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Els **beneficis econòmics** es donen per la reutilització de productes i materials residuals, que permet a les empreses evitar la compra de nous recursos i reduir significativament els seus costos operatius (Sokka et al., 2011).

Finalment, **l'impacte ambiental** es dona pel foment de la col·laboració entre empreses i comunitats locals, que creen xarxes ecoindustrials que promouen un desenvolupament més sostenible. A més a més, aquesta col·laboració incrementa la conscienciació sobre l'adopció de pràctiques més responsables amb el medi ambient.

Els beneficis que té la InSys estan generant nous models de negoci, com és la creació d'una plataforma basada en la compartició de recursos entre empreses d'un ecosistema industrial. Aquest model emergent s'ha desenvolupat a Kouvola, Finlàndia, on UPM Kymmene Corporation, una fàbrica de paper actua com a nucli d'un ecosistema simbiòtic. Aquest model es basa en la compartició circular de recursos entre empreses properes, i genera beneficis ambientals i econòmics (Valtonen, 2005).

Els elements clau del model d'UPM Kymmene Corporation són similars als objectius de Grid Granollers, es basa en: els intercanvis materials, la gestió col·lectiva de residus i l'eficiència energètica.

- Els **intercanvis materials** es donen perquè, mentre que la fàbrica rep aigua purificada i escòries de plantes químiques veïnes, subministra vapor i electricitat a aquestes mateixes plantes, reduint-ne els costos energètics. Paral·lelament, s'aprofita el CO₂ dels seus fums com a matèria primera per a la producció de carbonat de calci.
- La **gestió col·lectiva de residus** es produeix perquè les cendres de la central tèrmica adjacent (13.700 tones anuals) es reutilitzen com a fertilitzant forestal, substituint productes químics. A més, els fangs residuals del municipi es tracten conjuntament amb els de la fàbrica, estalviant nutrients i reduint emissions.
- Pel que fa a l'**eficiència energètica**, la central tèrmica s'alimenta amb residus de fusta i fangs, subministrant calor residual al poble de Kouvola, evitant l'ús de combustibles fòssils.

Així, s'aconsegueix una **reducció de costos**, on els participants estalvien fins a un 20% en consum de materials verges i en gestió de residus, i **nous ingressos** gràcies a la venda de subproductes com les cendres o l'energia (Valtonen, 2005).

2.3. Impacte ambiental i econòmic

2.3.1. Indicadors ambientals: petjada de Carboni i reducció de CO₂

La petjada de carboni és un indicador ambiental que quantifica totes les emissions de gasos amb efecte hivernacle (GEH) associades a una activitat, organització o producte. Aquestes emissions s'expressen en unitats de CO₂, que permet comparar l'impacte de diferents processos o materials de manera estandarditzada.

Disposar d'un indicador del CO₂ ajuda a avaluar l'impacte ambiental de manera objectiva, a identificar oportunitats de reducció d'emissions i a establir metes de sostenibilitat.

Per facilitar l'estimació de l'estalvi d'emissions en utilitzar materials reutilitzats, s'ha elaborat una taula de referència (*figura 1*) amb els materials més fets servir als polígons industrials i les seves emissions associades per kilogram (kg CO₂/kg). Les dades s'han recopilat a partir de fonts científiques, tècniques i sectorial, oferint així una base quantitativa per avaluar l'impacte ambiental de la producció lineal.

Material	Kg/CO ₂	Referències
Cotó	0,32 kg CO ₂ /kg.	ABC Agronòmica (2023).
Llana	13 kg CO ₂ /kg.	La Opinión Austral (2023).
Seda	0,000394 kg CO ₂ /kg.	Mayfair Silk (2023).
Polièster	4 kg CO ₂ /kg.	Upcycled Fabrics (2021).
Fusta	0,06751 kg CO ₂ /kg.	SEDICI-UNLP (2020).
Plàstic	3,5 kg CO ₂ /kg.	Plataforma ZEO (2023).
Polietilè	0,02835 kg CO ₂ /kg.	Plataforma ZEO (2023).
Vidre	0,12 kg CO ₂ /kg.	SciELO Cuba, 2020
Ceràmica/Porcellana	15,8 kg CO ₂ /kg.	Granite Brand (2023).
Acer	1,65 kg CO ₂ /kg.	AutoForm (2023).
Alumini	16,1 kg CO ₂ /kg.	AutoForm (2023).
Televisors	897 kg CO ₂ /kg.	RAEE Andalucía (2023).
Telèfons	60 kg CO ₂ /kg.	RAEE Andalucía (2023).

Taula 1: Taula d'Impactes de CO₂/kg

2.3.2. Indicadors Econòmics: Estalvis i Eficiència de Recursos

Els indicadors econòmics mesuren l'eficiència en l'ús dels recursos i els estalvis associats a pràctiques sostenibles. Aquests inclouen l'avaluació de l'estalvi econòmic derivat de la implementació de tecnologies més eficients, la reducció del consum energètic i l'optimització de processos. Per exemple, l'ús eficient dels recursos pot traduir-se en una disminució dels costos operatius i una millora en la competitivitat de l'organització. A més, la implementació de pràctiques sostenibles pot obrir nous mercats i oportunitats de negoci, contribuint així a un desenvolupament econòmic més resilient i sostenible.

3. CONTEXT DEL PROJECTE DE GRID GRANOLLERS

3.1. Descripció de GRID Granollers

3.1.1. Objectius i filosofia

GRID Granollers és una iniciativa de l'Ajuntament de Granollers i de les Associacions d'empresaris dels polígons de Granollers, que té com a objectiu promoure la transició cap a l'EC a Granollers i els seus voltants (GRID Granollers, 2023a). La seva filosofia es basa en la reutilització de recursos materials entre empreses i entitats educatives i socials (instituts, escoles i organitzacions) de Granollers o zones properes, establint així un vincle entre sostenibilitat ambiental i desenvolupament econòmic. El propòsit últim és la generació de sinergies entre aquestes entitats per poder crear una **comunitat col·laborativa** compromesa amb la reducció dels residus i la minimització de l'impacte ambiental.

El projecte GRID Granollers no només busca beneficis ambientals, sinó que promou valors com la innovació, la col·laboració empresarial i la implicació amb la comunitat. Així, Granollers es consolida com un **model a seguir en sostenibilitat** i EC, alineant-se amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) de l'ONU.

Actualment, el projecte GRID Granollers ofereix quatre iniciatives diferenciades i complementàries: el mercat de recursos, coopera, ÀGORA i Gr-idees.

El **mercat de recursos** és una plataforma que promou l'EC, connectant empreses per intercanviar recursos sobrants, reduint residus i fomentant la col·laboració sostenible. Les empreses poden publicar ofertes o demandes i contactar directament per reutilitzar recursos (GRID Granollers, 2023b).

Coopera és una iniciativa per a connectar empreses, entitats i administracions i permetre impulsar projectes col·laboratius d'EC. S'hi promouen aliances estratègiques per desenvolupar solucions innovadores, compartir coneixement o crear sinergies en àrees com la logística sostenible, el reaprofitament d'aigües o la gestió de residus (GRID Granollers, 2023c). Entre els projectes actuals en què es treballa des de Coopera es pot destacar la creació d'un servei per a permetre avaluar el potencial solar en naus industrials, i per tant la viabilitat de la implementació d'un sistema d'energia solar fotovoltaic a les empreses de Granollers, fomentant l'ús de sistemes solars a les indústries ubicades en els polígons industrials. També

s'està duent a terme un estudi per a una mobilitat més sostenible a Coll de la Manya i Font del Radium, on es busca una manera que conjuntament es pugui incidir en una millor mobilitat.

ÀGORA és una iniciativa enfocada a unir ciutadania, empreses i institucions per debatre i co-crear solucions d'EC al territori, complementant les altres eines de GRID Granollers: mentre el Mercat de Recursos facilita intercanvis materials i Coopera impulsa projectes col·laboratius, l'ÀGORA actua com espai obert de diàleg, formació i innovació col·lectiva on compartir coneixement, discutir reptes sostenibles i participar en esdeveniments per avançar cap a una comarca més circular i resilient (GRID Granollers, 2023d).

Finalment, la competició **GR-IDEES** de GRID Granollers és una iniciativa que desafia empreses, emprenedors i universitaris a desenvolupar solucions innovadores d'EC per a reptes reals del territori. Els participants reben mentoratge, formació i l'oportunitat d'implementar els seus projectes, i els premis que es proposen inclouen suport tècnic i econòmic. Aquesta competició actua com a motor d'innovació sostenible, connectant talent amb necessitats empresarials i promovent sinergies entre els agents clau de l'ecosistema circular de Granollers (GRID Granollers, 2023e).

3.1.2. Actors clau de la iniciativa

Els actors principals de la iniciativa són l'Ajuntament de Granollers, les empreses locals (grans indústries i petites i mitjanes empreses (PIMES), així com entitats educatives i socials (instituts, escoles i organitzacions).

L'Ajuntament de Granollers és l'impulsor i coordinador del projecte, que facilita la infraestructura i recursos necessaris per poder desenvolupar la iniciativa, mentre que les empreses locals i les entitats educatives i socials són les que participen en la reutilització dels recursos i projectes col·laboratius (M. Cañamero i M. Vives, comunicació personal, 28 de gener de 2025).

3.2. Mercat de Recursos

3.2.1. Funcionament i dinàmica

El funcionament i dinàmica està ben descrit a l'apartat de “**Mercat de Recursos**” del web del GRID Granollers, on es pot trobar una guia simple de com convertir-se en una entitat donadora o prenedora (GRID Granollers, 2023b).

En aquest apartat, i a través de tres seccions complementàries es perfila el funcionament del servei. A la primera, “**troba el que necessites**”, hi ha el llistat amb tots els productes de què es disposa a GRID Granollers, cada un amb una etiqueta que el classifica en funció del nivell de reaprofitament del producte: “disponible” vol dir que encara es pot aprofitar, “reaprofitat” que una entitat ja ha fet ús del producte, i “parcialment reaprofitat” quan només part del producte ha sigut aprofitat, però encara els queda una part disponible. A la segona secció trobem les “**demandes**”, un espai on les empreses publiquen les seves necessitats de recursos que no troben disponibles al catàleg de GRID Granollers. D'aquesta manera, la resta d'empreses poden veure aquestes sol·licituds i, si disposen del recurs cercat, oferir-lo directament a qui ho necessita. Finalment, trobem “**Mira el que aconseguim**”, on es publiquen les notícies dels avenços de GRID Granollers, com ara el reaprofitament de més de 200 mòbils antics per part d'un projecte de la UPC.

El funcionament del mercat és el següent: el primer pas és el registre i la publicació del recurs. Després, mitjançant la plataforma, altres empreses interessades poden contactar amb els donants/prenedors i GRID Granollers gestiona la transacció.

3.2.2. Tipologia de recursos disponibles

GRID Granollers compta amb una àmplia varietat de recursos disponibles, que s'emmagatzemen en diverses sales localitzades a la seu de la iniciativa GRID Granollers: Camí del Mig,22, Granollers, Barcelona.

Els recursos disponibles al GRID Granollers es poden classificar en diverses categories, com ara:

- **Materials fàcils de reutilitzar:** Fusta, palets, materials d'oficina, cartó.
- **Residus industrials:** Runes, metalls, plàstics durs, olis industrials.

- **Subproductes de producció:** Restes tèxtils, excedents de producció o materials defectuosos que encara poden tenir un valor funcional.
- **Excedents d'estoc:** Productes que ja no tenen sortida comercial, però que poden ser reutilitzats o transformats.



Figura 1: Emmagatzematge de recursos al Grid

Aquesta tipologia de recursos permet classificar-los segons el seu potencial de reutilització i els beneficis ambientals que poden generar (M. Cañamero i M. Vives, comunicació personal, 28 de gener de 2025).

A la *figura 1* es poden veure exemples de l'emmagatzemament d'alguns d'aquests recursos.

Cada producte està etiquetat amb el nom, una breu descripció, les seves mesures, quantitat, freqüència de generació, embalatge, “preu ex works” (producte gratuït, però recollida o gestió per compte de l'usuari), transport, informació del proveïdor i un contacte. D'aquesta manera poden tenir un ordre i més informació de manera física.

3.2.3. Resultats Actuals

GRID Granollers ha aconseguit resultats tangibles que evidencien el seu impacte a Granollers. La plataforma compta actualment amb més de 60 recursos publicats i una taxa de reutilització en augment constant. Fins ara s'han materialitzat 20 intercanvis satisfactoris entre companyies (GRID Granollers, 2023b).

Aquest dinamisme es veu reforçat per un increment en la participació empresarial, i cada vegada més organitzacions reconeixen en la iniciativa GRID Granollers una oportunitat per optimitzar costos, millorar la seva sostenibilitat i alinear-se amb els ODS, especialment amb l'objectiu 12, Producció i Consum Responsables.

Més enllà de les xifres, GRID Granollers ha aconseguit teixir xarxes de col·laboració estable entre empreses i situar Granollers com a pionera en la transició cap a models circulars, establint les bases per a un creixement sostenible que integri tots els agents del territori en aquesta transformació ecològica i econòmica.

3.3. Gestió actual de GRID Granollers

Actualment, GRID Granollers emmagatzema la informació en arxius digitals (com fulls de càlcul Excel) i la difon a través de la seva pàgina web, on es publiquen tant els recursos i projectes de cooperació com les notícies sobre aprofitaments (M. Cañamero i M. Vives, comunicació personal, 28 de març de 2025).

Les sol·licituds i consultes rebudes al correu electrònic grid@granollers.cat es gestionen mitjançant *Mailchimp*, on s'incorporen els contactes a una llista de subscriptors per a comunicacions futures.

Finalment, fins al moment la informació relativa a empreses, persones, activitats i recursos s'han anat enregistrant mitjançant un full de càlcul d'Excel. En aquest document, cada fila representa un producte o recurs donat per una empresa, mentre que les columnes recullen les dades associades, com el tipus de recurs, la quantitat, les dates rellevants i les dades de contacte. Tot i que aquest Excel ha funcionat com a base de dades interna provisional, presenta limitacions importants en termes d'escalabilitat, seguretat i eficiència, especialment a mesura que el volum d'informació creix.

3.4. Perspectives de futur

GRID Granollers busca organitzar tota la informació del projecte de manera clara i accessible. La prioritat és tenir ben enregistrats tots els moviments que es van generant: els recursos que les empreses posen a disposició, les activitats que es duen a terme i els intercanvis que es materialitzen. Això permetrà no sols guardar aquesta informació, sinó

també actualitzar-la constantment a mesura que el projecte creixi (M. Cañamero i M. Vives, comunicació personal, 28 de gener de 2025).

El veritable valor d'una organització més sistemàtica està en poder extreure i comprendre els resultats. Es tracta de veure de manera senzilla quantes empreses noves s'han incorporat cada cert temps, quants recursos s'han pogut reutilitzar en lloc de convertir-se en residus, o quina ha estat la reducció real d'emissions de CO₂ gràcies a aquestes accions. Aquest seguiment és clau per entendre l'impacte real de l'EC al territori.

Aquesta nova organització de les dades complirà dues funcions principals: d'una banda, facilitarà el seguiment intern del progrés del projecte, que permet una gestió més eficient i estructurada de la informació; de l'altra, proporcionarà dades clares i transparents que evidencin l'impacte real de la col·laboració entre empreses en la transformació del model productiu cap a una economia més sostenible i circular.

4. PROPOSTA DE LA GESTIÓ PER A GRID GRANOLLERS

4.1. Introducció

Per poder complir amb les expectatives del GRID Granollers per emmagatzemar la informació de manera eficient, s'ha proposat realitzar una base de dades relacional. D'aquesta manera la informació estarà ben estructurada en un sistema flexible i serà menys susceptible a errors humans. A més permet fer consultes més ràpidament, obtenir una millor traçabilitat i una millor anàlisi de l'impacte ambiental.

Perquè aquesta base de dades sigui segura i fàcil d'utilitzar per al GRID Granollers, la proposta incorpora un *front-end*, que permet introduir nova informació mitjançant formularis d'entrada de dades. A més, les consultes estan programades segons les seves necessitats específiques, de manera que no calgui escriure codi manualment.

4.2. Creació de la nova base de dades

4.2.1. Creació de les taules i relacions

L'estructura de les taules i les connexions entre elles són clau per la funcionalitat de la base de dades. La proposta que s'ha fet per al conjunt de la informació que necessita gestionar el GRID Granollers incorpora un total de 18 taules interconnectades, que permeten gestionar de manera eficient els tres àmbits principals de la iniciativa: ÀGORA, Mercat de Recursos i Coopera.

En el nucli del disseny trobem les **entitats que participen** en GRID Granollers: empreses, persones i subscriptors.

La taula '**Empresa**', com a element central, s'ha estructurat per garantir un enfocament normalitzat, que eviti duplicitats i asseguri la consistència de les dades que s'hi emmagatzemaran. Inicialment, es va plantejar la creació de tres taules auxiliars: '**Rol Empresa**', '**Tipus Empresa**' i '**Ubicació**'. Aquestes taules pretenien optimitzar l'emmagatzematge, simplificar del manteniment i prevenir errors en la introducció de dades.

No obstant això, en considerar les possibles limitacions d'espai amb el creixement de les dades emmagatzemades, es va optar per simplificar el model. En lloc de crear taules separades, es va integrar directament el camp "rol" i "tipus" a la taula principal d'empresa. Això permet que, des del *front-end*, els usuaris seleccionin valors predeterminats (amb un menú desplegable) sense necessitat de taules addicionals, mantenint els avantatges de consistència i estalviant espai.

La taula Empresa inclou camps essencials: un identificador únic (id), nom, telèfon, correu electrònic, pàgina web, data d'alta, i indicadors per saber si segueixen a GRID Granollers a Instagram i LinkedIn. A més, els camp rol i tipus s'han afegit com a valors predeterminats, evitant duplicar informació sense ocupar espai extra amb taules auxiliars.

D'altra banda, la taula "**Ubicació**" es va mantenir com una entitat separada, ja que una empresa pot tenir múltiples ubicacions físiques. Aquesta taula conté camps com adreça, municipi, codi postal, polígon industrial i una clau forana que enllaça amb l'id de la taula Empresa. Aquesta decisió respon a la necessitat de gestionar relacions "un a molts" (una empresa, diverses ubicacions),

La taula '**Persona**' complementa aquesta estructura reflectint els treballadors de les empreses participants que tenen alguna relació amb activitats del GRID Granollers. El seu disseny implementa una clau forana establint la relació amb la taula d'empresa, permetent traçar les connexions entre les empreses i els seus membres. A més, inclou el nom i cognoms del treballador, el telèfon, el correu electrònic, el càrrec que ocupa a l'empresa i si segueix GRID Granollers a Instagram i LinkedIn, amb una resposta predeterminada de 'Sí' o 'No'.

Per acabar, la taula '**Subscriber**' està dissenyada per acollir la diversitat de perfils que poden subscriure's a la Newsletter de GRID Granollers. Mitjançant una arquitectura que combina una taula principal amb dues de relació, s'ha trobat una solució que permet incloure tant les empreses com els treballadors i els particulars, sense que hi hagi camps redundants o buits. En aquestes taules de relació l'única informació que hi ha són les claus foranes de la taula que relaciona. En la taula de subscriptors s'emmagatzema la informació més rellevant: l'id, mail, data d'alta, si és representant de l'empresa on treballa i si està inscrit a la Newsletter.

L'estructura de la informació necessària per al **projecte ÀGORA** s'ha modelat mitjançant un disseny relacional que reflecteix les activitats i la participació dels diferents agents. La implementació consta de dues taules que articulen aquesta funcionalitat.

La taula '**Activitats**' actua com a nucli central i permet emmagatzemar tots els atributs essencials de cada activitat. Recull els camps de l'id de l'activitat, el títol, la descripció, el tipus, quan comença i quan acaba.

Originalment, es va plantejar crear una taula auxiliar '**Tipus Activitat**' per estandarditzar les categories. No obstant això, per optimitzar l'espai (similar al cas de 'Tipus Empresa' i 'Rol Empresa'), es va decidir integrar el camp tipus directament a la taula 'Activitats'. Així, el tipus d'activitat es defineix mitjançant valors predeterminats, sense necessitat d'una taula separada.

També s'ha de contemplar la interrelació entre les activitats i els participants. Com que tant empreses com persones poden participar, s'han implementat dues taules de relació: '**Activitats Empresa**' i '**Activitats Persona**'. Aquestes taules actuen únicament com a connectors eficients entre els diferents actors del sistema, d'aquesta manera no queden camps buits a la taula d'activitat i permet una relació N-N.

El nucli del **Mercat de Recursos** es basa en un sistema de transaccions entre les empreses participants i els productes. La taula '**Transaccions**' captura totes les dades rellevants de l'intercanvi. De cada transacció queda emmagatzemat: un codi únic per cada transacció, la data de lliurament, l'estat d'aquesta, observacions qualitatives, la quantitat transferida, i els impactes mesurables: en termes d'emissions de CO₂ estalviat i benefici econòmic generat. El disseny contempla diverses relacions clau: una amb la taula d'aprofitament per indicar l'estat del producte, una altra amb la taula del producte transferit, i una tercera amb la taula d'empresa, per identificar tant el donant com el receptor.

La taula '**Aprofitament**' introdueix un sistema de classificació que quantifica l'èxit de l'economia circular, categoritzant els productes (disponible, parcialment reaprofitat o reaprofitat), i acompanyat d'un camp numèric que precisa el percentatge concret de l'aprofitament.

La taula '**Producte**' representa l'inventari dels recursos actuals i passats gestionats pel GRID Granollers. A més dels camps bàsics d'identificació i descripció, incorpora un camp d'estat per relacionar-lo amb el sistema de transaccions i reaprofitament. Té múltiples relacions amb diferents taules: a més a més de vincular-la amb la taula de transaccions, es lliga amb dues altres taules a través d'una relació 1-N: d'una banda, amb l'empresa que ha donat el producte i de l'altra amb una taula on s'especifica el tipus de recurs que és. Especialment, estableix una relació N-N amb la taula de '**Materials**' a través d'una taula intermèdia que s'ha anomenat '**Producte-Material**'. Aquesta última estructura és necessària per documentar la composició dels materials dels productes, permetent cerques i filtres que es basen en els materials constituents.

Així mateix, la taula de transaccions estableix una doble relació amb la taula d'empresa, ja que cal identificar tant l'empresa donant com la receptora mitjançant els seus respectius identificadors.

En últim lloc, s'ha dissenyat la taula '**Mencions Web**', que actua com a sistema de monitoratge de la difusió de les transaccions. Mitjançant camps booleans optimitzats, registra si cada transacció ha estat destacada en els diferents canals digitals de GRID Granollers (web principal, espai GRID o Gridees). Aquesta taula permet analitzar l'impacte comunicatiu de les diferents transaccions i la seva correlació amb la participació en la plataforma.

Per emmagatzemar les dades relacionades amb els **serveis de Coopera**, s'ha creat la taula '**Coopera**' que recull la informació pertinent. Com que no hi ha un conjunt predefinit de serveis, s'ha optat per normalitzar les dades, els camps que formen la taula són: un identificador únic per servei, el títol, l'any que s'ha realitzat el servei, la data d'inici i una descripció detallada del servei. A més, s'hi registren els impactes que ha generat, concretament els àmbits d'energia, aigua, emissions i economia, cadascun en el seu camp corresponent.

Ja que la relació entre empresa i servei és de tipus N-N, és a dir, una empresa pot participar en múltiples serveis i un servei pot comptar amb més d'una empresa, s'ha creat una taula intermèdia per gestionar correctament aquesta relació. Aquesta taula emmagatzema els enllaços entre empreses i serveis.

A la *figura 2* es pot veure de manera gràfica com es relacionen entre sí les diferents taules i quins camps conté cadascuna.

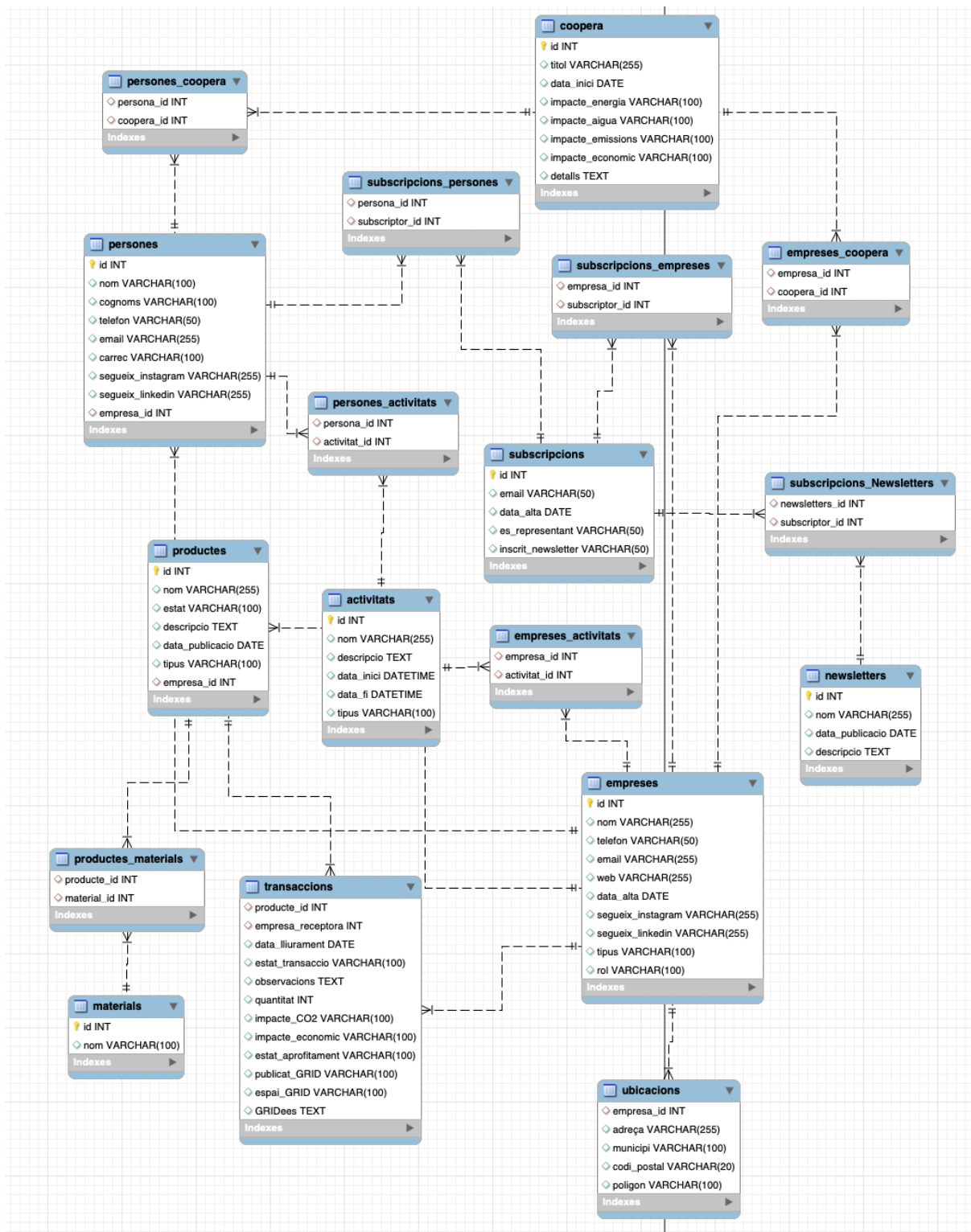


figura 2: Diagrama ER de les taules

4.2.2. Creació de la BBDD

Per a la creació de la base de dades inicialment es va optar per la utilització de **MySQL Workbench** com a entorn de desenvolupament. Aquesta eina ofereix una bona visualització de l'estructura de la base de dades de manera gràfica en qualsevol moment, inclou funcionalitats per optimitzar les consultes SQL, facilita la gestió de dades, i sobretot, utilitza el llenguatge *MySQL*, a més que és una eina totalment gratuïta.

No obstant això, *MySQL Workbench* presenta una limitació important: només permet treballar en entorns locals. Però ja que GRID Granollers necessita accedir a la base de dades de manera remota i compartida, és indispensable migrar-la a un entorn al núvol. Abans de triar una plataforma Cloud, va ser necessari avaluar la complexitat de la base de dades, per així tenir en compte el volum de codi i la quantitat i tipus de consultes. Aquesta avaluació va justificar el treball inicial en local i va permetre desenvolupar i provar el sistema abans de plantejar-ne la pujada al núvol.

Un cop finalitzat el desenvolupament local, **Cloudflare D1** es va consolidar com l'opció més adequada per diversos motius: està dissenyat per aplicacions web, ofereix mesures de seguretat integrades com el xifratge automàtic de dades, i disposa d'un pla gratuït. Encara que utilitza SQLite com a llenguatge base, Cloudflare D1 compta amb un procés de migració des de MySQL, permetent la simplificació del procés.

El procés de migració segueix una metodologia ordenada. En primer lloc, cal crear un arxiu que contingui tota l'estructura de la base de dades local. A continuació, s'ha d'adaptar el format i sintaxi, ja que malgrat les similituds, existeixen diferències. Finalment, mitjançant l'eina *Wrangler*, l'arxiu es penja al núvol i es verifica que els elements s'han migrat de forma correcta.

4.2.3. Creació de les consultes

Les consultes s'han realitzat localment mitjançant *MySQL Workbench*, cosa que ha permès verificar-ne la validesa i assegurar que la base de dades estigués correctament relacionada. Un cop feta la comprovació, es van migrar.

Aquestes consultes estan codificades i integrades en el *front-end*, facilitant-ne el seu ús perquè cap persona del GRID Granollers hagi d'introduir codi de manera manual.

Les **consultes a la base de dades** són una eina fonamental per a GRID Granollers, ja que permeten recuperar, canviar o manipular la informació de la base de dades. Per exemple, obtenir llistats amb el nombre d'empreses donadores, canviar el nom d'una activitat, saber la quantitat d'activitats que s'han realitzat en un període de temps determinat, etc. Per tenir una millor organització, s'han dividit pels apartats de GRID Granollers: ÀGORA, Mercat de Recursos i Coopera. A continuació es detallen les consultes de cada apartat, elaborades a partir de l'estudi de les necessitats previstes pel GRID Granollers (M. Cañamero i M. Vives, comunicació personal, 24 d'abril de 2025).

Per a l'**ÀGORA**, centrada en activitats com esmorzars tallers o cercles de debat, es requereix identificar quantes empreses i treballadors participen en cada activitat, i es remarca la diferenciació entre els participants nous i habituals. Per exemple, per als esmorzars, es confecciona un llistat d'empreses que participen per primera vegada o el nombre de treballadors per municipi. En el cas dels tallers i formacions, es vol mesurar l'assistència per curs i detectar empreses que s'incorporen per primer cop.

En el **Mercat de Recursos**, les consultes es centren a quantificar els recursos oferts i reaprofitats. Per als recursos oferts, es prioritza conèixer el volum per tipus de material (plàstic, fusta, etc.) i el seu estat (disponible, reaprofitat). Analitzant tant el volum reutilitzat com el perfil dels participants: prenedors nous, donadors recurrents o recursos reaprofitats parcialment.

Finalment, per **Coopera**, dedicat a projectes d'economia circular, les consultes busquen avaluar l'estalvi econòmic generat per cada projecte i empresa, així com la participació per àmbit (aigua, energia, emissions). Es requereix, per exemple, saber quants projectes s'han dut a terme anualment per vector o quin estalvi acumulat ha obtingut una empresa en els darrers anys.

4.2.4. Creació del front-end

El desenvolupament del *front-end* s'ha implementat mitjançant HTML com a llenguatge base, amb l'ús de **Visual Studio Code** com a entorn de desenvolupament integrat (IDE) principal. Per a l'elecció del llenguatge s'ha tingut en compte essencialment la senzillesa i facilitat d'aprenentatge, ja que ofereix una sintaxi i estructura clares, amb etiquetes fàcils d'entendre.

Per definir l'estructura del *front-end* s'ha tingut en compte que els treballadors de GRID Granollers no tenen coneixements informàtics. Per això s'ha buscat un disseny de la interfície que fos particularment clara i intuïtiva. A més, donades les múltiples activitats i projectes que ha desplegat la iniciativa de GRID Granollers, és clau definir una estructura adient pel dit *front-end*.

Tots els apartats del *front-end* tenen una capçalera similar, realitzada seguint els passos que es descriuen a continuació:

En primer lloc, s'ha triat un **format pel disseny**, que inclou la tipografia i la paleta de colors, escollint els colors que representen la mateixa pàgina web de GRID Granollers. A continuació, **s'estructura la pàgina**, dotant-la d'una capçalera visible amb el títol de la pàgina, i s'han definit els mateixos colors, espaiat i ombres per totes les seccions d'un mateix apartat. Finalment, es **descriuen els elements del formulari**, definint les etiquetes i els camps, les disposicions flexibles (per tal que, quan hi ha més d'un camp en la mateixa fila, s'adaptin automàticament) i els elements interactius, com el botó principal, el de tornar i el de guardar la informació.

S'han creat tres tipus diferents de *front-end*: per pàgines principals (que enllaça amb altres pàgines), per afegir empreses i per fer consultes.

Com podem observar a la *figura 3*, la primera pàgina que es veurà és la **pàgina principal**, en la que es presenten els elements clau que es gestionen des del projecte GRID Granollers: les empreses, persones, productes, activitats, serveis cooopera, transaccions, newsletter i subscriptor. En el botó de seleccionar una acció de cada taula es pot decidir si es vol afegir dades o fer consultes (*figura 4*). A més, s'ha afegit com a darrere de les taules del *front-end* un conjunt de consultes que permet visualitzar tota la informació emmagatzemada a la base de dades.

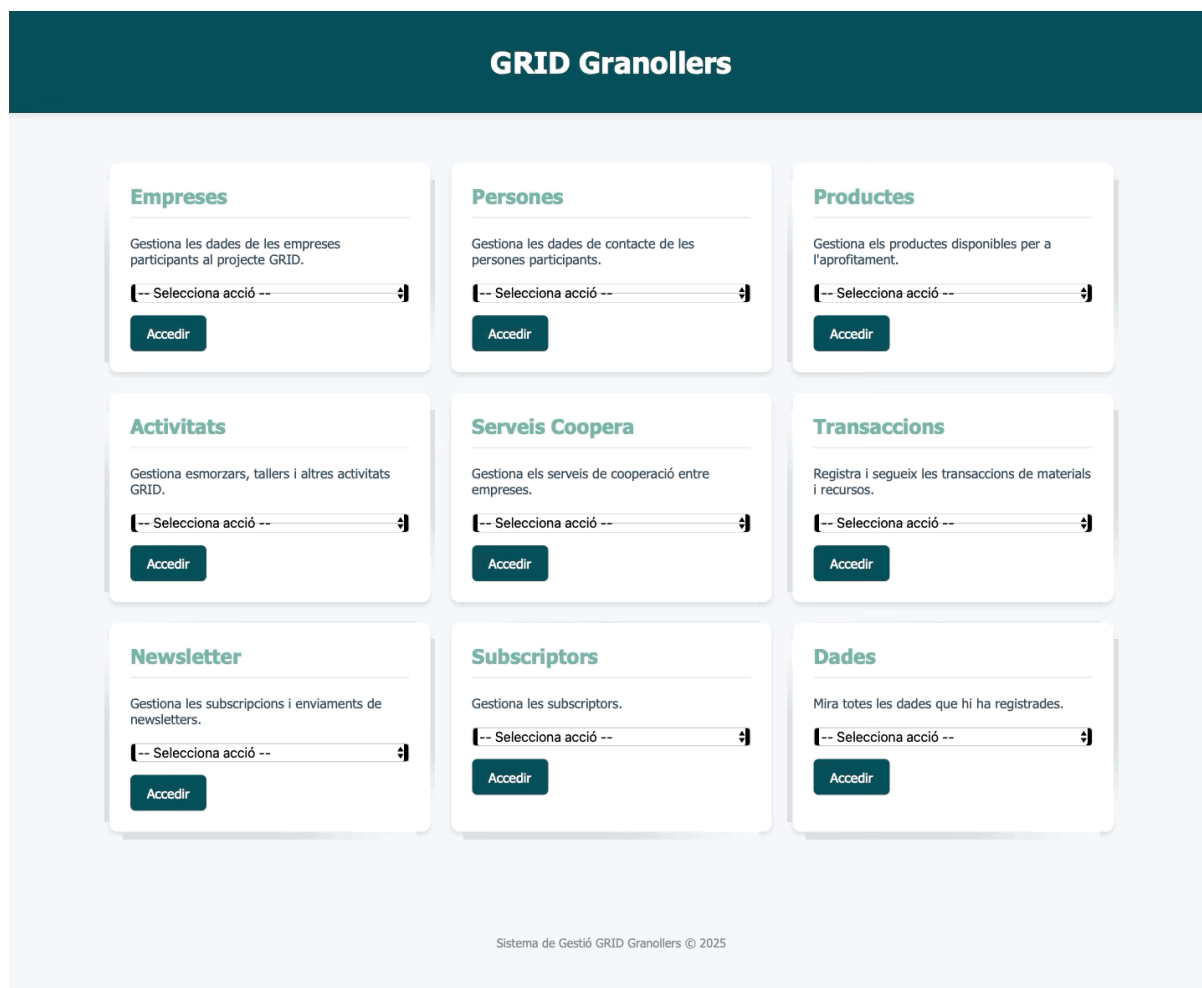


Figura 3. Imatge de la pantalla principal del front-end creat per a la base de dades del GRID



Figura 4. Exemple de les opcions disponibles als desplegable per cada apartat de la pantalla principal

Per afegir dades a la base de dades, cal només escollir la taula a la qual es vol afegir informació i fer clic al botó per seleccionar aquesta opció. A continuació, cal triar l'opció d'afegir, que pot tenir un nom diferent segons la taula (per exemple, "afegir nova activitat",

"nova empresa", etc.). Un cop seleccionada aquesta opció i premut el botó d'accedir, la pàgina redirigirà directament al formulari per afegir les dades.

[illegible]

Figura 5: Afegir a través del front-end activitats

Com a exemple, a la *figura 5* es mostra la pàgina dissenyada perquè GRID Granollers pugui afegir activitats a la base de dades. L'estructura és força senzilla i està dividida en diferents seccions segons les relacions que té l'empresa i la taula de la base de dades a la qual pertany.

En el cas de la *figura 5*, s’hi han inclòs tots els camps de la taula ‘Activitat’. Com que el tipus d’activitat ve predeterminat, s’ha incorporat com un camp més amb un desplegable que conté les opcions disponibles.

Per afegir persones i empreses s’ha utilitzat un codi similar. L’estructura bàsica de la pàgina inclou una secció per introduir l’ID de les empreses i un camp ocult on s’assigna automàticament l’ID de l’activitat. La funcionalitat clau és el botó ‘Afegir empresa’, que permet generar nous camps dinàmics per afegir múltiples empreses de manera senzilla. . A més, existeix un botó propi per eliminar camps en cas que s’hagin introduït més noms dels necessaris. Aquests camps s’envien com un *array* (*empresa_activitat[]*) per poder processar múltiples empreses, d’aquesta manera s’envia el formulari on es processen totes les dades específiques.



figura 6: selecció de tipus d'activitat per fer consultes

El codi HTML per realitzar les consultes és el més simple. Quan una taula té tipus diferents (per exemple, les consultes per realitzar les activitats es divideixen depenent dels tipus d’activitats) s’ha creat una pàgina mitjana on es pugui seleccionar a quin tipus de consulta es vol anar (*figura 6*).

Un cop s’escull el tipus d’activitat que es vol consultar hi ha un llistat amb tots els tipus de consultes existents. A cada camp hi ha el títol de la consulta amb un botó a la dreta que, en fer-hi clic, mostra el resultat de la consulta (*figura 7*).

[Tornar](#)

Tallers i cursos de formació

Total

Llistat de les empreses que han participat en cada curs/taller i el total:

[Consultar](#)

Empresa	Ubicació (municipi)	Ubicació (polígon)	Nº de persones de la mateixa empresa	Temàtica del taller/formació	Total d'empreses
Wonder	Barcelona	Poligon B	1	Tallers prova	2
Wonder	Granollers	Poligon A	1	Tallers prova	2
Zara	França	Poligon C	1	Tallers prova	2
Zara	Girona	Poligon D	1	Tallers prova	2

Nombre de treballadors que han participat a cada curs/taller i el total:

[Consultar](#)

Nombre de treballadors de cada empresa que han participat a cursos/tallers:

[Consultar](#)

Llistat de treballadors que han participat a cada curs/taller:

[Consultar](#)

Llistat d'empreses noves (que no havien participat anteriorment a cursos/tallers):

[Consultar](#)

Llistat de treballadors nous (que no han participat anteriorment en cursos/tallers):

[Consultar](#)

figura 7: consultes de Tallers i cursos de formació

4.2.5. Creació del Middleware

El *middleware* funciona com a pont segur entre el *front-end* i la base de dades, s'ha implementat mitjançant Cloudflare Workers. En l'àmbit del projecte del GRID Granollers, aquest component centralitza la lògica de negoci, gestiona les sol·licituds de dades i garanteix un flux d'informació eficient, segur i escalable.

```

1  export default {
2    async fetch(request, env) { // HTTP handler
3      const { pathname } = new URL(request.url);
4
5
6

```

figura 8: arquitectura bàsica del middleware

El nucli del *middleware* és una funció *fetch*, que actua com a pont centralitzat per totes les comunicacions HTTP. Aquesta funció intercepta cada petició, extreu el *pathname* (el camí de la URL) i l'utilitza com a identificador principal per decidir quina lògica aplicar en cada cas (figura 8).

```

// empreses
if (pathname === "/empresa/afegir") {
  const body = await request.formData();
  const { nom, telefon, email, web, data_alta, segueix_instagram, segueix_linkedin, tipus, rol } = Object.fromEntries(body);

  const ubicacions = [];
  for (let i = 0; body.has(`ubicacions[${i}][adreça]`); i++) {
    ubicacions.push({
      adreça: body.get(`ubicacions[${i}][adreça]`),
      municipi: body.get(`ubicacions[${i}][municipi]`),
      codi_postal: body.get(`ubicacions[${i}][codi_postal]`),
      poligon: body.get(`ubicacions[${i}][poligon]`)
    });
  }

  const { results } = await env.DB.prepare(
    "INSERT INTO empreses (nom, telefon, email, web, data_alta, segueix_instagram, segueix_linkedin, tipus, rol) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)"
  ).bind(nom, telefon, email, web, data_alta, segueix_instagram, segueix_linkedin, tipus, rol).run();

  for (const ubicacio of ubicacions) {
    await env.DB.prepare(
      "INSERT INTO ubicacions (empresa_id, adreça, municipi, codi_postal, poligon) VALUES ((SELECT id FROM empreses WHERE nom = ?), ?, ?, ?, ?)"
    ).bind(nom, ubicacio.adreça, ubicacio.municipi, ubicacio.codi_postal, ubicacio.poligon).run();
  }

  return Response.json(results);
}

if (pathname === "/empreses") {
  const { results } = await env.DB.prepare("SELECT * FROM empreses;").all();
  return Response.json(results);
}

```

figura 9: Middleware per afegir informació

El procés per **afegir informació** comença amb la recepció de les dades del formulari, que es processen inicialment mitjançant *Object.fromEntries(body)* per extreure els camps bàsics (nom, telèfon, etc.). A continuació, gestiona estructures complexes com les ubicacions: mitjançant un bucle que detecta camps dinàmics (ex: ubicacions [0] [adreça]), es construeix un *array* amb les múltiples ubicacions proporcionades. Posteriorment, executa dues operacions seqüencials a la base de dades: primer insereix la informació principal de l'empresa amb una consulta parametritzada i, segon, per a cada ubicació, cerca automàticament l'ID de l'empresa acabada de crear (amb *SELECT id FROM empreses WHERE nom = ?*) per inserir les dades geogràfiques amb precisió. El procés finalitza

retornant una resposta estructurada en format JSON (ex: { "id_empresa": 25, "ubicacions_afegides": 3 }), confirmant l'èxit de l'operació amo dades rellevants per al *front-end*. En la *figura 9* podem veure com quedaria tot el codi per afegir informació a la taula d'empresa i ubicacions.

Per altra banda, el *middleware* pel funcionament de les **consultes** té en compte el nom de les variables que s'afegeixen, ja que han de ser iguals tant al *front-end* com al *middleware*.

- Un cop l'equip de GRID Granollers inicia una consulta en el *front-end*, per exemple, la consulta de Tallers i cursos de formació, la consulta de llistat d'empreses noves, el *front-end* executa una funció *JavaScripts* que envia una petició HTTP a un *endpoint* específic del *middleware*, tal com es pot veure a la *figura 10*.

```
<li class="query-item">
  <span>Llistat d'empreses noves (que no havien participat anteriorment a cursos/tallers):</span>
  <button class="query-button" onclick="executarConsulta('taller5')">Consultar</button>
</li>
```

figura 10: Codi al front-end del botó de la consulta

Cada botó està associat a un *endpoint* únic, en aquest cas, com és la consulta número cinc de tallers s'ha anomenat "taller5", aquest identifica la consulta a executar.

- El *middleware* intercepta la petició i enruta la sol·licitud segons el *pathname*. Aquesta part té varies fases clau: la primera és l'enrutament, que identifica la consulta mitjançant el *pathname* (en aquest cas /taller5). Després es fa la preparació de la consulta, on s'utilitza sentències SQL parametritzades amb "*DB.prepare()*", evitant SQL injection. Més tard es realitza l'execució, que envia la consulta a la base de dades de Cloudflare D1 (basada en SQLite). Finalment, es fa la transformació, que converteix els resultats a format JSON per al *front-end*.

```

1539     if (pathname === "/taller5") {
1540         const { results } = await env.DB.prepare(`
1541             WITH primera_participacio AS (
1542                 SELECT
1543                     ea.empresa_id,
1544                     MAX(a.data_inici) AS primera_participacio_data
1545                 FROM empreses_activitats ea
1546                 JOIN activitats a ON ea.activitat_id = a.id
1547                 WHERE a.tipus = 'Tallers i cursos de formació'
1548                 GROUP BY ea.empresa_id
1549             ),
1550             ultim_esmorzar AS (
1551                 SELECT MAX(data_inici) AS ultima_data
1552                 FROM activitats
1553                 WHERE tipus = 'Tallers i cursos de formació'
1554             )
1555             SELECT
1556                 e.id AS id_empresa,
1557                 e.nom AS nom_empresa
1558             FROM empreses e
1559             JOIN primera_participacio fe ON e.id = fe.empresa_id
1560             JOIN ultim_esmorzar ee ON fe.primera_participacio_data = ee.ultima_data
1561             ORDER BY e.nom;
1562         `).all();
1563
1564         return Response.json(results);
1565     }
1566

```

figura 11: middleware d'una consulta

- Cada *endpoint* executa una consulta SQL específica, dissenyada per extreure dades complexes de múltiples taules relacionades, com és en la *figura 11* (la consulta estant en verd).
- El següent pas és el retorn de les dades al *front-end*, on el *middleware* retorna JSON (*figura 11*) estructurat amb: capçaleres implícites, corresponents als camps “AS” definits en els queries i les dades tabulars, que és un llistat de registres filtrats i ordenats segons la lògica de la consulta.
- Per últim, el *front-end* rep el JSON i actualitza dinàmicament la taula corresponent mitjançant JavaScript. On com a resultat l'usuari veu les dades actualitzades sense refrescar la pàgina, en la *figura 12* es veu part del codi del *front-end*, que estructura les dades en una taula.

```

166     <table id="taller5-table">
167         <thead>
168             <tr>
169             </tr>
170         </thead>
171         <tbody id="taller5-container">
172         </tbody>
173     </table>

```

figura 12: estructura una taula en la pàgina creada

Realitzar aquests codis per realitzar les consultes té una sèrie d'avantatges: seguretat, eficiència i mantenibilitat. Les consultes es parametritzen automàticament amb la funció *DB.prepare()*, bloquejant així injeccions, a més l'accés a la base de dades es limita als *endpoints* del *middleware*, no des del client. Per altra banda, cada consulta s'optimitza amb índexs i cacheig a Cloudflare. Finalment, la centralització de la lògica SQL al *middleware* facilita actualitzacions futures.

5. PROVES I VALIDACIONS

5.1. Proves i validacions en la base de dades

Les proves per validar el funcionament de l'estructura relacional s'han realitzat majoritàriament en entorn local, seguint un flux estructurat en quatre fases.

En la primera fase, es va crear un disseny conceptual amb les seves relacions lògiques (1-N, N-N) mitjançant diagrames E/R. Mentre es feien les relacions i les taules es van tindre revisions col·laboratives amb l'equip de GRID Granollers per assegurar l'alineament amb els requisits del projecte.

En la segona fase, es va fer una implementació tècnica, es va codificar les taules en SQL (create table, restriccions, claus foraneas, etc.), basant-nos en el disseny aprovat per GRID Granollers. En aquesta fase es van detectar i resoldre les inconsistències, com tipus de dades incorrectes i clau foranes mal definides.

En la tercera fase, es van simular càrregues reals, creant simulacions d'inserció d'informació en la base de dades (amb la funció *insert*) per verificar que totes les taules estaven lligades correctament.

En la darrera fase, es van crear les consultes que GRID Granollers va facilitar, d'aquesta manera es va poder verificar que tota la base de dades funcionés de manera correcta i que els *queries* estiguin ben redactats en SQLite.

5.2. Proves i validacions en el *front-end* i el *middleware*

El procés de validació del *front-end* i el *middleware* es va dissenyar seguint una metodologia progressiva, dividint les tasques en etapes i centrada en dos pilars: la **funcionalitat tècnica**, garantint que el sistema es comunicués sense errors i la **facilitat d'ús**, per garantir que la interfície fos intuïtiva i accessible per l'usuari final.

El primer pas es va centrar en les **proves d'usabilitat del *front-end***, desenvolupant prototips localment amb *Visual Studio Code*. Es van crear mitjançant pàgines HTML per a cada apartat del GRID. Aquest prototip va permetre avaluar: la intuitivitat de la interfície, la claredat dels formularis i la facilitat per navegar entre les diferents seccions.

Un cop validada l'estructura bàsica del *front-end*, es van iniciar les **proves de connexió del *middleware* amb la base de dades i el *front-end***. Aquesta fase es va executar inicialment en entorn local, utilitzant la terminal del mateix ordinador. Durant les proves, es van detectar problemes en la recuperació de dades i inconsistències en l'enviament de formularis, normalment els errors succeïen per camps que no estaven mapejats correctament entre el *front-end* i la base de dades. Aquests problemes es van resoldre mitjançant l'ajust de la lògica del *middleware*.

Les **proves finals** van consistir en simulacions integrals del flux complet del sistema: des de la introducció de dades a la base de dades fins a l'execució de consultes complexes a través del *front-end*. Per exemple, es van simular casos d'alta d'un nou recurs per part d'una empresa, la seva visualització en temps real del mercat de recursos i la generació d'informes d'estalvi ambiental. Aquestes proves van confirmar que la integració entre les tres capes (base de dades, *middleware* i *front-end*) era robusta.

6. CONCLUSIONS

Tenir l'oportunitat de fer el meu Treball de Fi de Grau contribuint a la funcionalitat de la gestió del GRID Granollers, una iniciativa compromesa amb l'economia circular i els objectius de desenvolupament sostenible, ha estat una experiència enriquidora i motivadora des del primer moment.

Quan vaig acceptar el repte, em va atraure especialment la possibilitat de col·laborar en un projecte real, amb impacte social i mediambiental positiu. Inicialment, la idea de crear una base de dades em semblava un repte assumible, tenint en compte que havia cursat una assignatura específica durant el segon any de carrera. No obstant això, a mesura que em vaig endinsar en el projecte, vaig descobrir la seva gran magnitud i complexitat: no es tractava només de dissenyar taules, sinó de construir un sistema complet, intuïtiu i comprensible per a persones sense experiència prèvia en eines digitals.

En aquest sentit, un dels principals reptes va ser precisament aquest: adaptar el sistema a un equip no especialitzat en informàtica. Això va requerir un esforç addicional per entendre exactament què necessitaven i com podien utilitzar-ho. A més, com era el meu primer cop treballant amb una entitat externa, sovint em trobava amb dubtes sobre què preguntar o com enfocar les meves consultes. Tot i així, l'equip de GRID Granollers va mostrar sempre una gran predisposició i ganes de col·laborar, fet que va facilitar molt el procés i el va fer més humà i proper.

Un altre gran repte personal ha estat l'aprenentatge autònom de tecnologies relacionades amb el desenvolupament de *front-end* i *middleware*, àrees que no havia treballat en profunditat durant el grau. Tot i així, sabent que era fonamental per al bon funcionament de l'eina que estava desenvolupant, estic molt satisfeta d'haver adquirit aquests coneixements pel meu compte i d'haver entès millor com es desenvolupa una pàgina web i com es comuniquen les diferents capes d'un sistema.

Malgrat totes les dificultats, l'experiència global ha estat extremadament positiva. No només he pogut posar en pràctica els coneixements adquirits durant la carrera, sinó que també he après a adaptar-me a contextos reals, on els requisits no estan sempre definits i on la paciència, la comunicació i la capacitat d'adaptació són essencials.

7. REFERÈNCIES

ABC de Sevilla. (2024, 29 setembre). Producción integrada de algodón.

<https://sevilla.abc.es/agronoma/noticias/cultivos/algodon/produccion-integrada-algodon/#:~:text=Uno%20de%20los%20datos%20más,de%20carbono%2C%20más%20del%20doble>

Accedit el 4 de març de 2025.

Anctil, A. y Le Blanc, D. (2015). An educational simulation tool for integrated coastal tourism development in developing countries. *Journal of Sustainable Tourism*, 24(5), 783-798.

Ashton, W. S. (2011). Managing performance expectations of industrial symbiosis. *Business Strategy and the Environment*, 20(5), 297-309.

AutoForm. (s.d.). Sostenibilidad en la producción de acero y aluminio.

<https://www.autoform.com/es/sobre-nosotros/sostenibilidad/produccion-de-aluminio-y-acero/#:~:text=La%20producción%20de%20materiales%20genera,kg%20en%20el%20del%20aluminio> Accedit el 4 de març de 2025.

Barreiro-Gen, M. y Lozano, R. (2020). How circular is the circular economy? Analysing the implementation of circular economy in organisations. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3484-3494.

Boons, F., Spekkink, W. y Jiao, W. (2014). A process perspective on industrial symbiosis: Theory, methodology, and application. *Journal of Industrial Ecology*, 18(3), 341-355.

Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe.

Esmaeili, M., Allameh, G. y Tajvidi, T. (2015). Using game theory for analysing pricing models in closed-loop supply chain from short- and long-term perspectives. *International Journal of Production Research*, 54(7), 2152-2169.

Fraccascia, L., Albino, V. y Garavelli, C. A. (2017). Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis. *International Journal of Production Economics*, 183(1), 273-286.

Frosch, R. A. y Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144-152.

GRID Granollers. (2023a). ÀGORA. <https://www.gridgranollers.com/ÀGORA>

GRID Granollers. (2023b). Coopera. <https://www.gridgranollers.com/coopera>

GRID Granollers. (2023c). Competició GR·IDEES
<https://www.gridgranollers.com/competicio-gr-idees>

GRID Granollers. (2023d). Mercat de recursos.
<https://www.gridgranollers.com/mercat-de-recursos/troba-el-que-necessites>

GRID Granollers. (2023e). Per què el GRID?
<https://www.gridgranollers.com/per-que-el-grid>

Grup Conforsa. (2023). Las 4 R del reciclaje.

La Opinión Austral. (2020, 24 agost). Huella de carbono: Carne y lana patagónica en desventaja.
<https://laopinionaustral.com.ar/edicion-impresa/huella-de-carbono-carne-y-lana-patagonica-en-desventaja-230530.html#> Accedit el 4 de març de 2025.

Lawal, M., Wan Alwi, S. R., Manan, Z. A. y Ho, W. S. (2021). Industrial symbiosis tools - A review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124327.

Lehr, C. B., Thun, J. H. y Milling, P. M. (2013). From waste to value - A system dynamics model for strategic decision-making in closed-loop supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(13), 4105-4116.

Linder, M. y Williander, M. (2017). Circular business model innovation: Inherent uncertainties. *Business Strategy and the Environment*, 26(2), 182-196.

Mayfair Silk. (2020, 7 de septiembre). Seda y sostenibilidad.

https://mayfairsilk.com/es/blogs/general/silk-and-sustainability?srltid=AfmBOooobBEH8tCxiIsqMl8JFhApVBWXQaBLZo1Y_uIdLFi3Oy9aOrLG Accedit el 4 de marzo de 2025.

Norton, B., Costanza, R. y Bishop, R. C. (1998). The evolution of preferences - Why 'sovereign' preferences may not lead to sustainable policies and what to do about it. *Ecological Economics*, 24(2-3), 193-211.

Okorie, O., Salonitis, K., Charnley, F., Moreno, M., Turner, C. y Tiwari, A. (2018). Digitisation and the circular economy: A review of current research and future trends. *Sustainability*, 10(9), 3009.

Paquin, R. L., Busch, T. y Tilleman, S. G. (2015). Creating economic and environmental value through industrial symbiosis. *Long Range Planning*, 48(2), 95-107.

Plataforma ZEO. (2020, 21 gener). ¿Cuánto CO₂ emite el plástico?.
<https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/> Accedit el 4 de marzo de 2025.

RAEE Andalucía. (s.d.). Huella de carbono de los aparatos electrónicos.
<https://www.raeeandalucia.es/actualidad/esta-es-huella-carbono-tus-aparatos-electronicos>
Accedit el 4 de marzo de 2025.

Ritzén, S. y Sandström, G. Ö. (2017). Barriers to the circular economy - Integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, 64, 7-12.

SciELO Cuba. (2020, 30 de septiembre). Huella de carbono en la producción de vidrio.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000400428#:~:text=A%20partir%20de%20los%20resultados,equivalente%2Ft%20de%20vidrio%20fundido
Accedit el 4 de marzo de 2025.

SEDICI UNLP. 2018. Determinación de la huella de carbono de madera aserrada (pg.197).
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/123056/Documento_completo.pdf?sequence=1#:~:text=De%20acuerdo%20a%20los%20resultados,kg%20de%20CO2eq%20por%20m3
Accedit el 4 de marzo de 2025.

Sehnem, S., Brito, M. y Serafim, M. (2019). Circular economy: Benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(6), 784-804.

Sgarbossa, F. y Russo, I. (2017). A proactive model in sustainable food supply chain: Insight from a case study. *International Journal of Production Economics*, 183(1), 596-606.

Sokka, L., Lehtoranta, S., Nissinen, A. y Melanen, M. (2011). Analyzing the environmental benefits of industrial symbiosis: Life cycle assessment applied to a Finnish forest industry complex. *Journal of Industrial Ecology*, 15(1), 137-155.

The Granite Brand. (s.d.). Huella de carbono del granito frente a otros materiales.

<https://www.thegranitebrand.com/es/actualidad/el-granito-y-su-baja-huella-de-carbono-frente-otros-materiales#:~:text=Gres%20esmaltado%3A%2010%2C1kg%20CO2equ,Baldosa%20cerámica%3A%2015%2C8kg%20CO2equ> Accedit el 4 de març de 2025.

Upcycled Fabrics. (s.d.). Informe sobre emisiones de materiales textiles.

https://upcycledfabrics.eu/assets/pdf/raport_ES.pdf Accedit el 4 de març de 2025.

Yong, R. (2007). The circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), 121-129.

Yuan, Z., Bi, J. y Moriguchi, Y. (2008). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 4-8.