Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: AnellBarna

AUTOR: Mimoun Kalai El Khayat

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió

DIRECTORA: Neus Català Roig

DEPARTAMENT: Llenguatges i Sistemes Informàtics (LSI)

CENTRE: Escola Politècnica d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG)

DATA: 29/01/2014

TÍTOL: AnellBarna

COGNOMS: Kalai El Khayat **NOM:** Mimoun

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió

ESPECIALITAT: Gestió **PLA:** 92

DIRECTOR: Neus Català Roig

DEPARTAMENT: Llenguatges i Sistemes Informàtics (LSI)

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT **SECRETARI** **VOCAL**

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: □ Sí □ No

PROJECTE FINAL DE CARRERA

RESUM

Aquest projecte pretén facilitar la tasca de l'anàlisi, extracció, monitorització i comparació de les dades de trànsit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Les dades de trànsit s'emmagatzemen en una Base de Dades Oracle, la qual he optimitzat per augmentar-ne el rendiment. Aquesta tasca ha proporcionat més rapidesa en la execució del programari final.

L'objectiu d'aquest projecte ha estat satisfer una necessitat del Servei Català de Trànsit i ha dotat aquest organisme d'una eina fàcil d'utilitzar, amb un entorn amigable i capaç de realitzar un seguiment de l'estat del trànsit, en quant a la mobilitat, de forma totalment automàtica.

S'ha tingut molt en compte la participació del client per tal d'arribar a una solució que cobrís la demanda de dades de trànsit, tant a nivell dels mitjans de comunicació com d'altres entitats que realitzen peticions d'aquestes dades.

S'han creat uns paràmetres que són molt útils a l'hora de conèixer els punts i hores més conflictives pel que fa a l'ocupació i capacitat de la xarxa viària que envolta la ciutat de Barcelona.

Paraules clau

ERU	ETD	Detector	Operació especial
Secció de mesura	Flux Net Acumulat	Particions	Tablespaces

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ 5

2. CONCEPTES BÀSICS SOBRE LES DADES DE TRÀNSIT 7

3. FONAMENTS DE L'ANELLBARNA 14

3.1 Anell de punts de mesura 14

3.2 Càlcul d'entrades i sortides 14

3.3 Càlcul del Flux Net 18

3.4 Requisits 18

4. REQUERIMENTS DE L'APLICACIÓ 20

4.1 Requeriments funcionals 20

4.2 Requeriment d'execució 21

4.2.1 Entorn de desenvolupament 21

4.2.2 Visualització de les dades 22

4.2.3 Base de Dades 22

4.3 Requeriments no funcionals 22

5. ESPECIFICACIÓ 24

5.1 Diagrama UML 24

5.2 Diagrama de casos d'ús 25

5.2.1 Cas d'ús 01 - Crear una nova configuració 26

5.2.2 Cas d'ús 02 - Carregar una configuració existent 26

5.2.3 Cas d'ús 03 - Emmagatzemar una configuració 27

5.2.4 Cas d'ús 04 - Executar un estudi de trànsit 28

5.2.5 Cas d'ús 05 - Actualitzar dades de trànsit 28

5.3 Diagrames de seqüència 29

5.3.1 DS 01 - Obrir formulari configuració 29

5.3.2 DS 02 - Configurar estudi 30

5.3.3 DS 03 - Activar estudi 31

6. OPTIMITZACIÓ DE LA BASE DE DADES 32

6.1 Antecedents 33

6.2 Model relacional de les BBDD 33
6.3 Taules de dades històriques 36
6.3.1 Tipus de dades que s'emmagatzemen 36
6.3.2 Període de disponibilitat 36
6.3.3 Espai necessari 37
6.4 Esquema abans de l'optimització 37
6.5 Migració i optimització 38
6.5.1 Particions 38
6.5.2 Tablespaces 40
6.6 Comparativa 41
7. DISSENY DE LA INTERFÍCIE 43
7.1 Formulari Principal 43
7.2 Crear un nou estudi 44
7.3 Afegir un estudi 45
7.4 Afegir carreteres 46
7.5 Visualitzar les gràfiques 47
7.5.1 Gràfiques d'intensitats per sentit 47
7.5.2 Gràfiques d'intensitat acumulada per sentit 48
7.5.3 Gràfiques de flux net acumulat 49
7.5.4 Gràfiques d'intensitat horària del període actual 49
7.6 Opcions de les gràfiques 50
7.7 Comparatives 50
7.8 Mobilitat 51
8. PLANIFICACIÓ I ESTUDI ECONÒMIC 53
8.1 Planificació 53
8.1.1 Anàlisi dels requeriments 53
8.1.2 Especificació i disseny 54
8.1.3 Optimització de la base de dades 54
8.1.4 Proves de rendiment de la base de dades 54
8.1.5 Disseny de la interfície 54
8.1.6 Codificació 55
8.1.7 Proves 55

8.1.8 Redacció de la memòria 55
8.2 Estudi econòmic 56
9. CONCLUSIONS I TREBALL FUTUR 58
10. BIBLIOGRAFIA 60

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Esquema espires magnètiques 7
Figura 2. Mòdul de detecció simple 9
Figura 3. Mòdul de detecció doble 10
Figura 4. Fotografia d'espires dobles a les carreteres 12
Figura 5. Mapa continu de trànsit 13
Figura 6. Estacions de mesura de l'Anell 1 15
Figura 7. Casos d'ús 25
Figura 8. Formulari per crear un nou estudi 44
Figura 9. Afegir estudi 46
Figura 10. Formulari de configuració d'una carretera 46
Figura 11. Formulari de configuració complet 47
Figura 12. Desplegable per obrir gràfiques i/o comparatives 47
Figura 13. Gràfica d'intensitats de 15 minuts 48
Figura 14. Gràfica d'intensitat acumulada 48
Figura 15. Gràfica de Flux Net Acumulat 49
Figura 16. Intensitat horària del període actual 49
Figura 17. Menú contextual de les gràfiques 50
Figura 18. Taula de comparatives 51
Figura 19. Informació sobre la mobilitat 52
Figura 20. Diagrama de Gantt 53

1. INTRODUCCIÓ

Aquest projecte va sorgir de la necessitat de disposar d'un sistema automàtic per a la monitorització de les dades de trànsit en temps real. Des de fa dotze anys treballo al departament de Trànsit Vial i Marítim de l'empresa Indra. Els nostres principals clients són el Servei Català de Trànsit (SCT) i l'Ajuntament de Barcelona.

Les tasques que duem a terme per a aquests organismes són principalment el manteniment i la instal·lació dels elements ITS *(Intelligent Transport System)*. Aquests elements són tots els equips utilitzats per a la gestió del trànsit (càmeres, panells d'informació variable, estacions de presa de dades, lectors de matrícules, radars, etc.).

Tot aquest conjunt d'equips se centralitzen en els Centres de Control, que en el cas del Servei Català de Trànsit és el Centre d'Informació Viaria de Catalunya (CIVICAT), i en el de l'Ajuntament de Barcelona és el Centre de Control de Collserola (CCC).

Una de les principals tasques que duem a terme és l'elaboració d'informes i estadístiques sobre la mobilitat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Aquest treball és especialment important en els períodes de vacances, ponts, o els caps de setmana de l'estiu. En aquests períodes es produeixen molts desplaçaments de vehicles cap a destinacions molt similars i cal tenir una previsió de la quantitat de moviments que es produiran i d'aquesta manera preparar les mesures especials d'ordenació del trànsit necessàries per a les operacions sortida i entrada.

Aquest aspecte va ser la principal motivació per dur a terme aquest projecte, atès que abans d'existir aquest programari, l'extracció i anàlisi de les dades es realitzava manualment mitjançant consultes directes a la Base de Dades i bolcant-les a un full de càlcul prèviament configurat. Aquest sistema resultava molt lent i es podien cometre errors a l'hora de presentar les dades, ja que és molt fàcil confondre els sentits de la marxa o els punts de mesura emprats. També era imprescindible disposar de personal amb coneixements de SQL per poder respondre als clients en qualsevol moment de l'operació especial de trànsit.

Per aquest motiu vaig proposar al Servei Català de Trànsit elaborar un eina automàtica capaç de monitoritzar els desplaçaments dels vehicles en qualsevol moment que es requereixi.

L'objectiu d'aquest projecte és crear una aplicació capaç de extreure les dades de trànsit en temps real i poder-les comparar amb períodes anteriors. Les dades s'hauran de mostrar tant gràficament com numèricament.

El punt de partida és el model de la xarxa viària que envolta la ciutat de Barcelona, es recullen totes les vies de certa importància considerant el volum de trànsit que suporten. Es defineixen uns punt de mesura per a cada via, de manera que virtualment s'aconsegueix tancar un anell al voltant de la capital catalana. Mitjançant aquest anell es poden controlar els desplaçaments, tant d'entrada com de sortida, dels vehicles que accedeixen o surten de l'Àrea Metropolitana.

Totes aquestes dades s'emmagatzemen en una Base de Dades, el programari haurà de permetre realitzar consultes sobre la mobilitat de forma automatitzada recollint mostres cada 15 minuts.

Els motius pels quals vaig proposar crear aquest eina van ser:

- Assegurar l'absència d'errors de transcripció de dades, que es donaven freqüentment quan el procés es feia manualment.
- Minimitzar el temps de procés de cada mostra de dades, de forma que es pugui actualitzar la informació en el menor temps possible.

2. CONCEPTES BÀSICS SOBRE LES DADES DE TRÀNSIT

En una instal·lació de Control del Trànsit, la informació més important és precisament la que descriu l'estat dels trànsit a les vies: si hi ha congestió, la velocitat mitjana dels vehicles, etc.

Aquestes dades s'elaboren mitjançant un conjunt d'equips, sense els quals difícilment es podrien gestionar adequadament. En aquesta informació es basa per exemple el càlcul de temps de recorregut i la generació de recomanacions als conductors sobre rutes alternatives.

Existeixen diversos tipus de sensors amb la capacitat de detectar la quantitat de trànsit que circula en un punt concret de les carreteres. El més utilitzat en el nostres sistemes és l'espira magnètica. A continuació s'exposa el funcionament i la jerarquia de l'equipament necessari per dur a terme les mesures de les variables del trànsit.

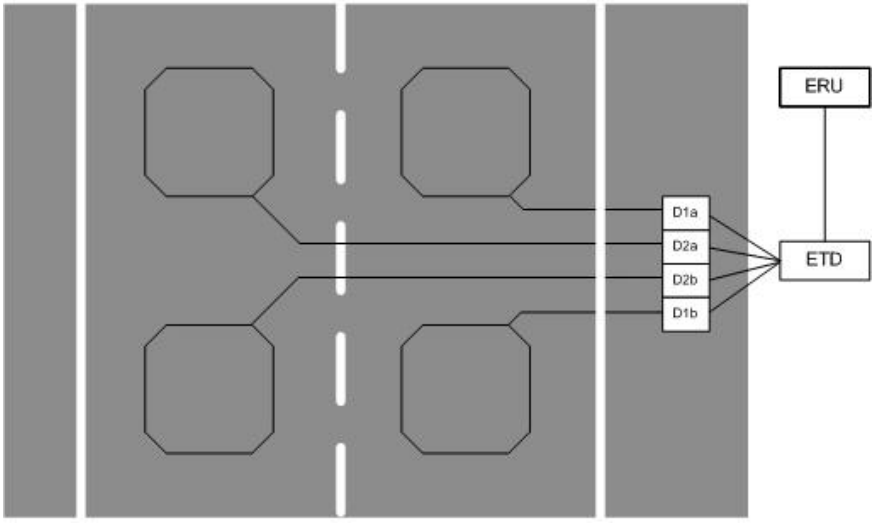


Figura 1. *Esquema espires magnètiques*

- **ERU** *(Estación Remota Universal)*: És l'equip de camp del Sistema de Control de Trànsit d'Indra Sistemes. Són els ulls, les orelles i les mans del sistema. Instal·lades a prop de la carretera, s'encarreguen de controlar i interactuar amb la resta dels equips instal·lats a les vies. Les principals funcionalitats d'aquest equipament són: recollir les dades de trànsit de les ETDs i encaminar

les ordres de senyalització que des de el Centre de Control s'envien als dispositius de senyalització. Constitueixen per tant el punt d'unió entre el Centre de Control i tot l'equipament que es pretén controlar, és el nexe entre el sistema i l'usuari.

Les principals característiques de les ERUs són les següents:

- Proveeix un enllaç intel·ligent entre el Centre de Control i l'equipament de camp.
- S'allotja sobre una plataforma PC, amb un Sistema Operatiu en temps real i totes les possibilitats de comunicacions i emmagatzematge de la informació que ofereix la tecnologia actual.
- Està dissenyada per ser segura i robusta davants les possibles fallides d'altres parts del sistema.
- Basa el seu funcionament en l'arquitectura client-servidor.
- S'ajusta a totes les normes més esteses en quant a les comunicacions i utilitza protocols homologats per al diàleg amb el Centre de Control.

- **ETD** *(Estación Toma de Datos)*: Es caracteritzen per treballar sobre una plataforma molt robusta i potent, l'ERU. Les ETDs poden estar instal·lades sobre el mateix Sistema Operatiu de la ERU (QNX) i en aquest cas s'anomenen ETD Integrades (ETDi). En altres casos poden estar connectades a les ERUs mitjançant una comunicació sèrie.
  Al disposar d'una plataforma potent, els càlculs necessaris per composar la informació del trànsit s'elaboren de forma molt precisa. Incorpora les darreres tecnologies en l'àmbit de la Enginyeria de Trànsit: detecció de congestió, vehicles en sentit contrari, canvi de sentit de la circulació, etc.

  També incorporen un mecanisme de calibratge d'espires, el qual assegura que tot i que les dimensions de les espires siguin dispars, la informació que composen les ETDs reflecteixen la realitat.

- **DETECTORS**: Els mòduls de detecció estan composats per un llaç inductiu i una targeta detectora. El detector és un oscil·lador (del qual les espires en formen part) i un circuit electrònic que interpreta les variacions de la freqüència causades per l'alteració del camp magnètic al pas dels vehicles sobre les espires instal·lades sota la calçada. En funció d'aquestes variacions de freqüència, generen polsos que van a les targetes (detectors). Segons la conformació d'aquests polsos, es dedueixen tots els paràmetres de l'estat del trànsit.

  El funcionament de l'oscil·lador és independent per a cada espira, per tant no existeix acoblament entre els circuits ni entre les espires adjacents.

  Segons els tipus de detectors s'obtenen més o menys dades, a continuació s'exposen els dos tipus més comuns de detectors:

  - **DETECTOR SIMPLE:** Aquests tipus de sensors, disposa només d'una sola espira, normalment s'instal·len als accessos de les carreteres.

    El procediment de detecció es mostra a la següent figura:

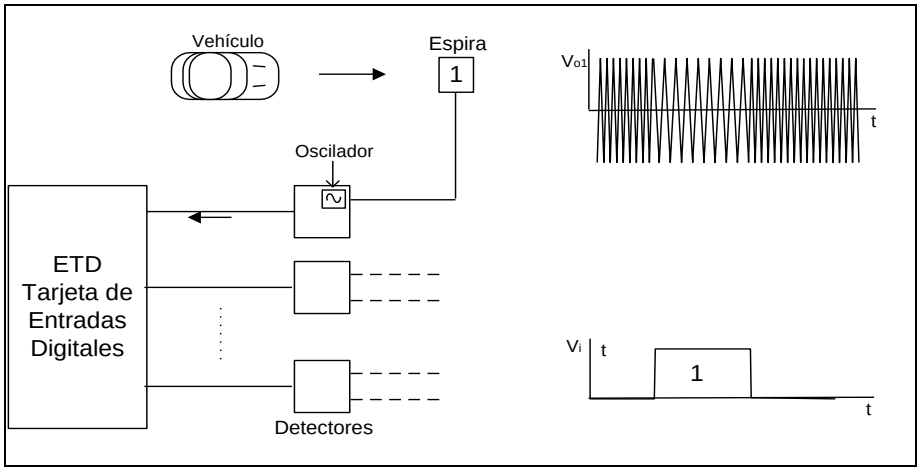


Figura 2. *Mòdul de detecció simple*

La informació que l'ETD elabora d'aquest tipus de detector és la següent:

- **Intensitat**: Nombre total de vehicles en un període de temps.

- **Ocupació**: Percentatges del temps que les espires estan ocupades.
- **Congestió**: Indica si la circulació està congestionada mitjançant l'algorisme HIOCC (*High Occupancy Algorithm).*
- **Vehicle en sentit contrari**: Detecta si un vehicle circula en sentit contrari.

- **DETECTOR DOBLE:** Aquests tipus de sensor disposa de dues espires, normalment s'instal·len a la calçada.

  El procediment de detecció es mostra a la següent figura:

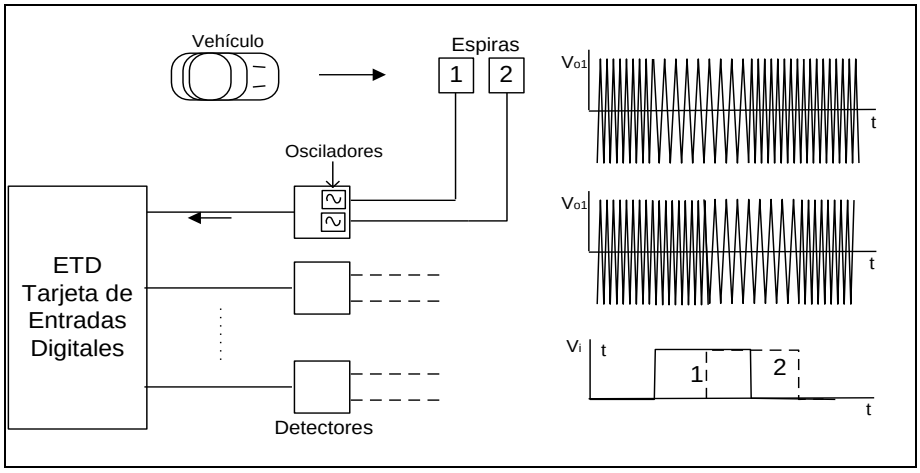


***Figura 3**. Mòdul de detecció doble*

La informació que l'ETD elabora d'aquests tipus de detector és la següent:

- **Intensitat**: Nombre total de vehicles en un període de temps.
- **Ocupació**: Percentatge del temps que les espires estan ocupades.

- **Congestió**: Indica si la circulació està congestionada mitjançant l'algorisme HIOCC (*High Occupancy Algorithm).*
- **Vehicle en sentit contrari**: Detecta si un vehicle circula en sentit

contrari.

- **Sentit de la circulació:** Directe o invers.
- **Velocitat mitjana** dels vehicles.
- **Distància mitjana** entre vehicles.
- **Longitud mitjana** dels vehicles.
- **Vehicles classificats per longitud** (lleugers o pesants).
- **Vehicles classificats per velocitat** (0-50 km/h, 50-100 km/h, >100 km/h).

Resumint, les ETDs estan constantment a l'espera de la recepció dels polsos de les targetes digitals (detectors). Quan reben un pols, l'emmagatzemen i analitzen la seqüència completa. Tenen un conjunt de seqüències definides que coincideixen amb el pas dels vehicles. En el cas que la seqüència coincideixi amb alguna de les configurades, s'analitza i es dedueix la dada del vehicle detectat. Cada minut les dades s'acumulen i es mantenen a l'espera que l'ERU les demani per servir-les a l'ETD. Anàlogament, l'ERU les emmagatzema i espera que el Centre de Control les demani per enviar-li. Finalment aquestes dades s'emmagatzemen a la Base de Dades Històrica.

Aquestes operacions es realitzen contínuament i el període mínim d'agregació és d'un minut.

Figura 4. *Fotografia d'espires dobles a les carreteres*

Un cop es disposen d'aquestes dades d'un minut a la Base de Dades, es generen les agregacions que el client considera interessants.

En el cas present es fan les següents agregacions i classificacions:

- Agregacions per carril: són les dades recollides per un sensor d'un carril en concret.
- Agregacions per secció: les seccions de mesura són l'associació lògica d'un conjunt de carrils ubicats en el mateix punt i sentit de la circulació.

Ambdues classificacions de dades s'agreguen en períodes de 15 i 60 minuts.

Una de les aplicacions que utilitza aquestes dades de trànsit cada minut és el Mapa Continu de Trànsit. Aquest programari consulta les dades de totes les espires de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i les representa en un mapa.

Mitjançant un codi de colors, es pot saber en temps real l'estat actual del trànsit del darrer minut.

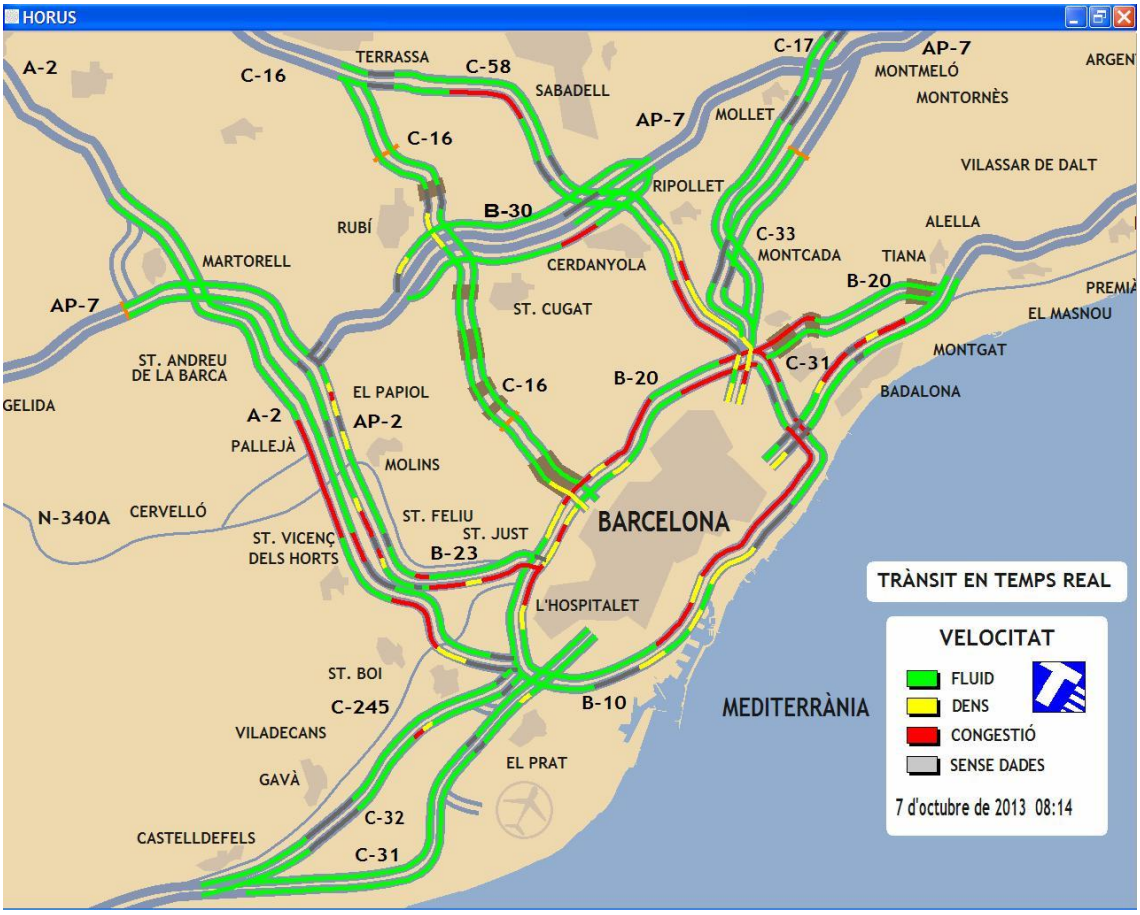


***Figura 5**. Mapa continu de trànsit*

3. FONAMENTS DE L'ANELLBARNA

3.1 Anell de punts de mesura

Per acotar el nombre de seccions de mesura per dur a terme els estudis sobre la mobilitat, l'any 2004 es va decidir crear un anell virtual que envoltés la ciutat de Barcelona. Aquest anell virtual es coneix com l'Anell 1.

A la confluència d'aquest anell amb les principals vies de comunicació es van escollir unes estacions de mesura i es van duplicar per fer un sistema redundant. És a dir, aquest anell disposava de seccions de mesura, però per fer-lo tolerant a les fallides, es varen duplicar aquests sensors, seguint els següents requisits:

- Ente els punts de mesura no podia existir cap entrada ni sortida de la via.
- La distància màxima entre els punts de mesura no havia de superar els 500 m.

D'aquesta forma es van constituir les estacions bàsiques i reserva, que són les que s'utilitzen per analitzar els moviments de trànsit de la ciutat de Barcelona. Per defecte s'escullen les estacions de mesura anomenades bàsiques, i com a *backup* les estacions de reserva.

Així doncs si durant el període de l'estudi hi ha una fallida en una estació bàsica, automàticament s'agafen les dades de l'estació reserva d'aquesta.

El nom d'aquest projecte "AnellBarna" va sorgir d'aquesta idea, un anell virtual que envolta l'Àrea Metropolitana i que està redundat per fer més fiables els estudis de trànsit.

3.2 Càlcul d'entrades i sortides

Com s'ha comentat anteriorment, es parteix de l'escenari de la xarxa viària que envolta la ciutat de Barcelona i que presenten una mobilitat considerable. El següent quadre mostra aquestes vies, que són les que es controlaran per dur a terme els estudis de trànsit.

Accessos Sud	**C-31 (S)**	**C-32**	**A-2**	**B-23**	**C-16**
Accessos Nord	**C-58**	**C-33**	**C-17**	**B-20**	**C-31(N)**

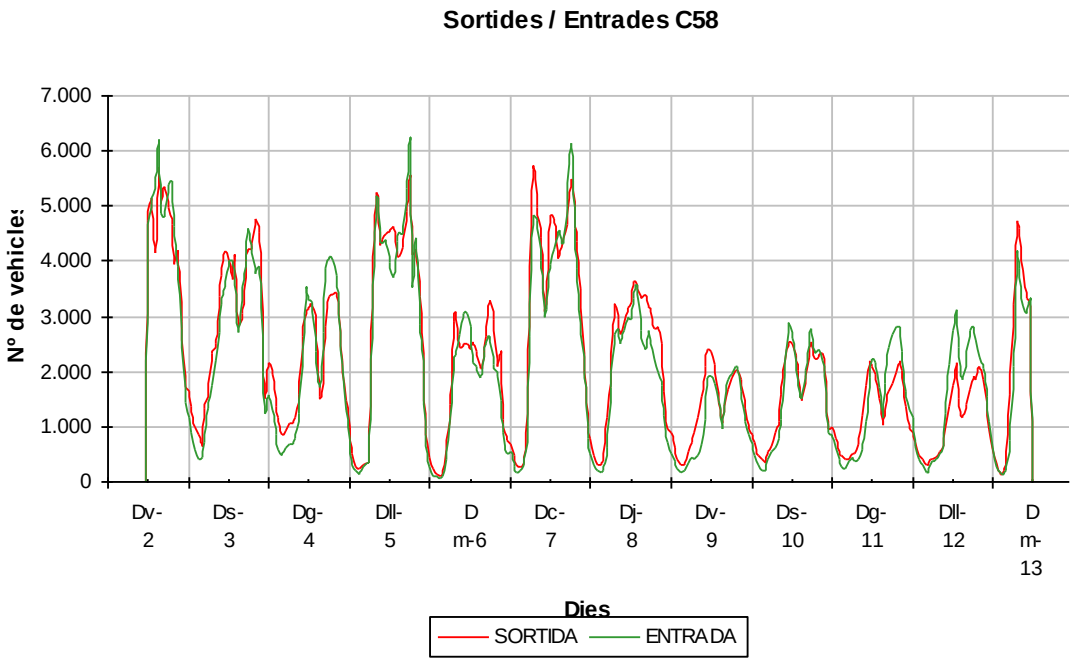
Els punts de mesura escollits per a aquestes vies es mostren en el següent mapa:

***Figura 6**. Estacions de mesura de l'Anell 1*

El sumatori de les intensitats de sortida d'aquestes vies en els punts de mesura escollits durant un període de temps determinat reflecteixen el nombre total de vehicles que abandonen l'Àrea Metropolitana. Anàlogament, la suma de les intensitats d'entrada per al mateix període de temps, serà el nombre de vehicles que entren a

l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Aquests sumatoris es poden realitzar en períodes de temps discrets, el que es fa servir habitualment és el període de 15 minuts.

A continuació es representen aquestes dades de forma gràfica per a una carretera. Es poden veure tant les sortides com les entrades del punt de mesura escollit per a la via C-58.

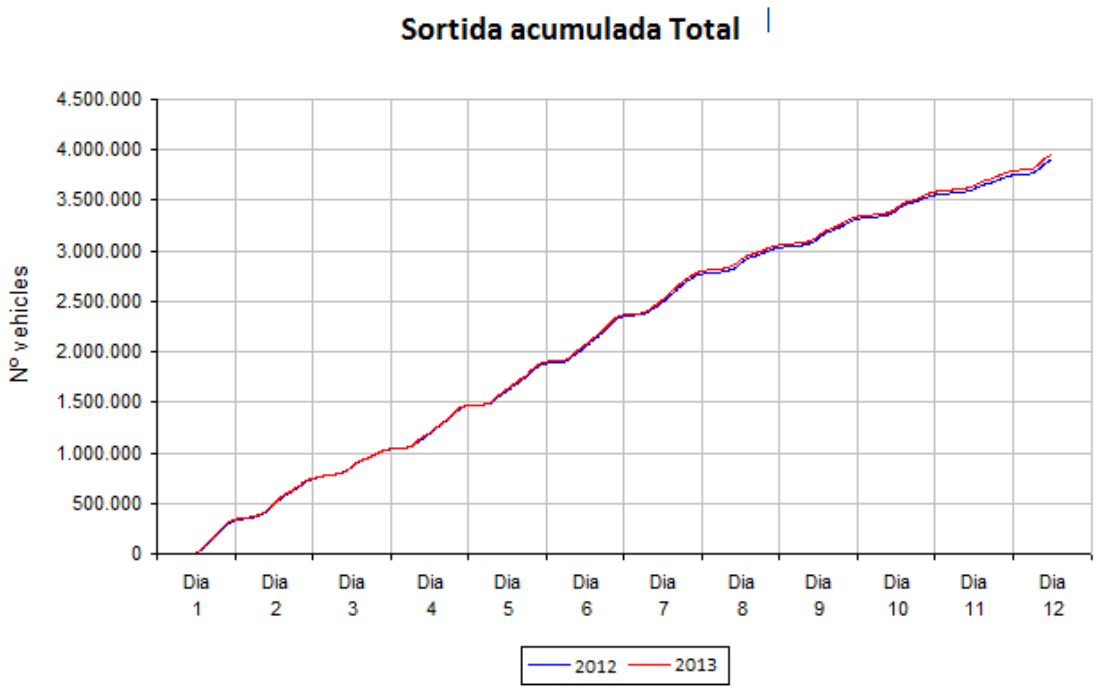


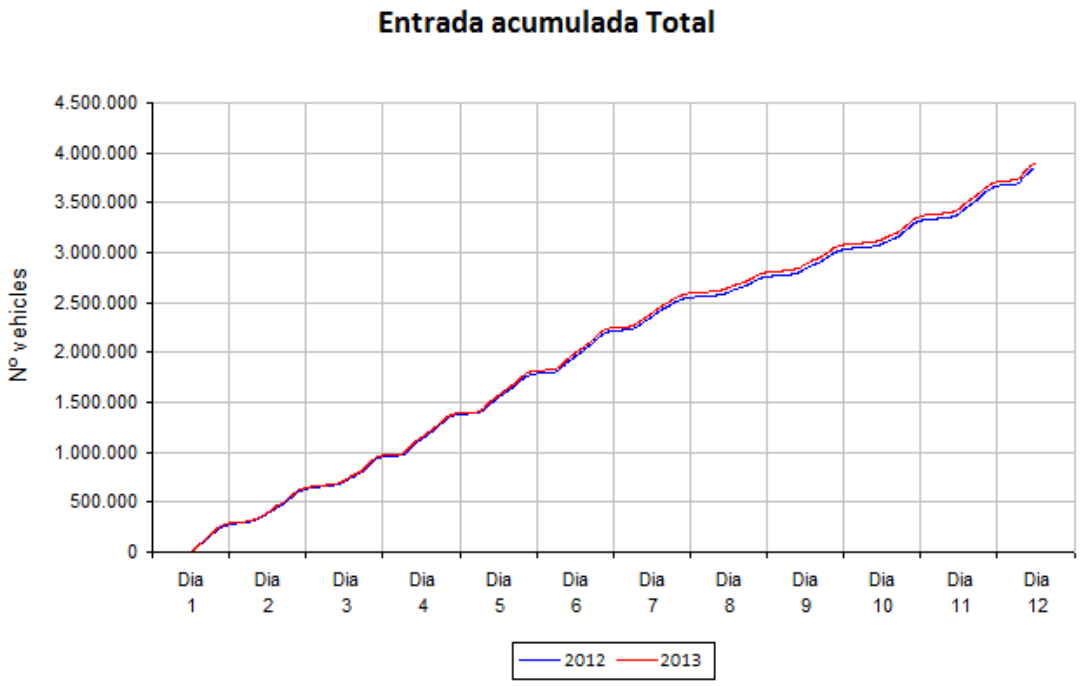
Finalment, si s'acumulen les dades de les intensitat en sentit sortida, s'obtindrà un histograma del volum dels desplaçament que surten de Barcelona, així com el nombre total de desplaçaments. Lògicament, aquest procediment també s'aplica als vehicles que circulen en sentit entrada.

Totes les dades del conjunt de l'anell, un cop acumulades, es poden visualitzar de forma gràfica.

Com es pot observar a les següents gràfiques, el fet d'acumular les dades s'obté una sèrie monòtona creixent. Aquest exemple mostra dos períodes (any 2012 i 2013), el més antic és el període de referència i el més actual és el període analitzat.

Si sumem els valors acumulats de sortida i entrada s'obté el valor de la mobilitat total.

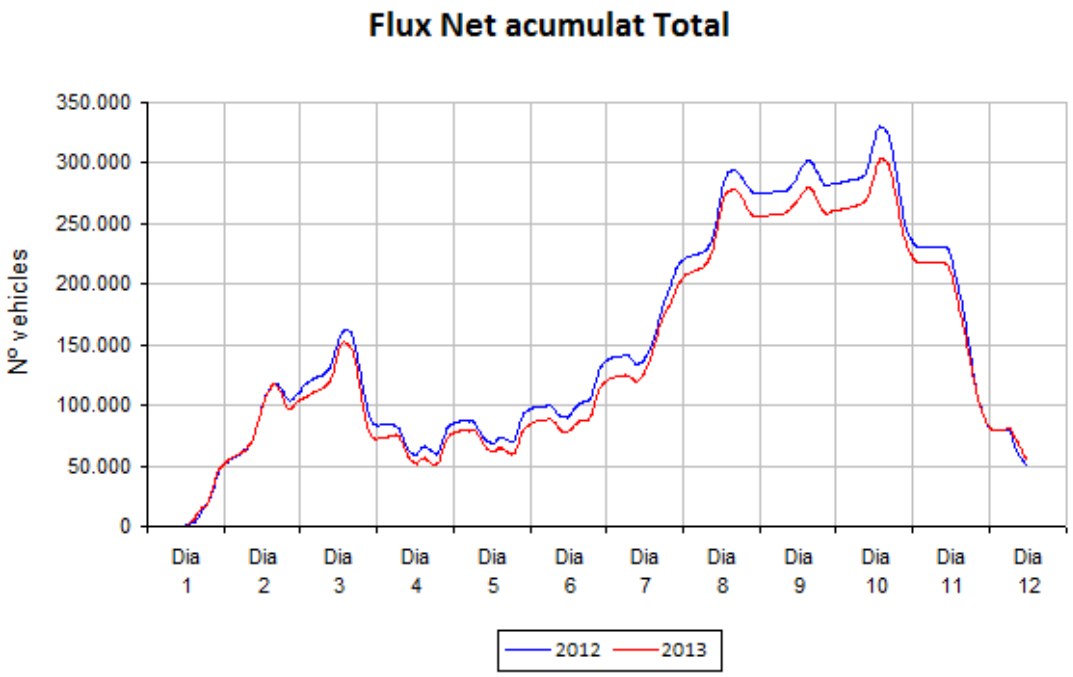




3.3 Càlcul del Flux Net

Si es disposen de les dades de sortida i entrada totals podem obtenir el valor del Flux Net fent la diferència (resta) entre els vehicles que han sortit de Barcelona i els que han entrat en el mateix període de temps.

Si acumulem totes les dades del Flux Net s'obté una sèrie de valors que indiquen a cada instant el nombre de vehicles que han sortit de l'anell i que encara no han tornat a entrar. El resultat gràfic d'aquest càlcul quedaria de la següent forma:



Com en el cas anterior, s'ha comparat la sèrie de dades actuals amb un període anterior.

3.4 Requisits

Per dotar de sentit aquests càlculs, s'han de complir unes condicions mínimes de treball:

- És necessari disposar de totes les dades, tant de sortida com d'entrada, de tot el conjunt de les vies que conformen l'anell. És a dir, no podem realitzar un estudi fidedigne si una de les vies no proporciona dades de trànsit.

- S'ha de començar a comptar en una situació d'estabilitat, de forma que no es perdin períodes de temps que presentin un volum elevat de desplaçaments. Si per exemple es comença a comptar massa tard en una operació sortida, es perdran un nombre considerable de moviments de sortida, i l'estudi es veurà distorsionat. De la mateixa forma, s'ha de tenir en compte tot el retorn de vehicles a la fase d'operació retorn o entrada.
- L'anell ha d'englobar un àrea suficientment representativa. Si escollim punts de mesura molt propers al nucli urbà es comptabilitzaran tots els desplaçaments derivats de la mobilitat obligada, els quals no s'haurien de tenir en compte. Per tant la mobilitat total augmenta en funció de la proximitat al nucli urbà.

4. REQUERIMENTS DE L'APLICACIÓ

4.1 Requeriments funcionals

L'objectiu que ha d'assolir aquest projecte és el comptatge dels vehicles que entren i surten de l'Àrea Metropolitana de Barcelona en temps real. També ha de ser capaç de comparar el nombre de vehicles que es desplacen en operacions especial de les mateixes característiques de períodes anteriors. L'exemple més significatiu és la Setmana Santa, atès que tots el anys disposa dels mateixos dies festius.

La representació de les dades s'ha de fer tant gràficament com numèricament, reflectint les corbes de les intensitats i alguns indicadors que s'explicaran més endavant.

Per realitzar aquestes comparatives, el programari ha de permetre seleccionar un conjunt de punts de mesura que envolten la ciutat de Barcelona, i també una data inicial i una data final. A més, s'han de poder escollir diversos períodes del passat per dur a terme les comparatives.

Ha de permetre emmagatzemar la configuració dels estudis per poder consultar-los en qualsevol moment i que la càrrega de les dades sigui automàtica. Les dades que ha de mostrar han d'estar agrupades en períodes de 15 minuts, per tant les dades es publicaran amb un retard màxim de 15 minuts.

El programari ha de disposar d'una opció per exportar les dades en un full de càlcul en qualsevol moment de l'operació especial, perquè es puguin tractar i realitzar les anàlisis que el client consideri interessants.

La interfície del programari ha de permetre visualitzar diverses gràfiques simultàniament per poder fer un seguiment exhaustiu de les diferents carreteres o del conjunt de totes les vies d'accés. Aquestes gràfiques s'hauran de dividir també en funció del sentit dels vehicles (entrada o sortida). D'aquesta manera, quan comença una operació especial de trànsit els protagonistes són els vehicles que surten de Barcelona, i quan finalitza l'operació, es varien les gràfiques per mostrar la tornada d'aquests vehicles.

4.2 Requeriment d'execució

4.2.1 Entorn de desenvolupament

El departament de Transport Vial i Marítim d'Indra disposa de les llicències de l'entorn de desenvolupament de Microsoft Visual Studio, per tant, vaig utilitzar aquest entorn per tal de no incrementar els costos d'implementació del programari. També va ser un motiu a considerar, la facilitat de crear formularis i el objectes que componen, ja que el Microsoft Visual Studio disposa d'una gran quantitat d'objectes implementats i que els usuaris finals coneixen perfectament.

El llenguatge de programació que vaig escollir va ser C#. Les raons van ser les següents:

- És el llenguatge natiu de la plataforma MS Visual Studio .NET, i per tant està dissenyat i totalment integrat per crear aplicacions en entorns Windows.
- Disposa de molts dels avantatges dels llenguatges C, C++ i la productivitat del JAVA.
- Disposa d'una gran quantitat de documentació i nombrosos controls que es poden heretar i adaptar a les nostres necessitats.
- Disposa d'una biblioteca enorme de llibreries útils, ben implementades i fàcils d'utilitzar.
- Dóna suport a la interoperabilitat de diversos llenguatges, és a dir, C# pot accedir a codi escrit en qualsevol llenguatge compatible amb .NET.
- A través de C# es pot accedir fàcilment a les APIs de Windows, així com accedir als components COM.

Els problemes i dubtes que em van sorgir durant la codificació, els vaig poder resoldre mitjançant diverses pàgines web (veure referències [1], [2] i [3]).

D'altra banda també vaig considerar utilitzar una altre llenguatge de programació, com per exemple el Java. Aquest, disposa d'un entorn de programació gratuït i no caldria adquirir cap llicència. També té l'avantatge de ser multiplataforma i els programes poden córrer tant en entorns Windows, Linux o Mac.

Un dels desavantatges de Java és la gestió de la memòria, ja que aquest requereix de grans quantitats de memòria per funcionar correctament.

4.2.2 Visualització de les dades

Per mostrar les dades de trànsit de forma gràfica s'ha hagut d'adquirir una llicència d'un component de visualització de dades. Es va escollir el *Dundas Chart Data Visualization* pels següents motius:

- És un component totalment integrat a l'entorn del MS Visual Studio.
- Disposa d'una gran quantitat de tipus de gràfics.
- El disseny dels gràfics es poden configurar personalitzant els colors, la tipografia, els títols, les llegendes, etc.

Amb l'adquisició d'aquest component (veure referència [4]) s'ha estalviat el cost en temps del desenvolupament de la part gràfica, atès que no és una tasca fàcil i el resultat final segurament no hauria satisfet el client.

4.2.3 Base de Dades

La Base de Dades en la qual s'emmagatzema tota la informació dels vehicles que circulen per l'Àrea Metropolitana de Barcelona ja existia abans d'executar aquest projecte. A l'any 2002 el Servei Català de Trànsit treballava amb Informix, tanmateix, a causa de l'elevat volum de dades que es generen i de l'evolució de les tecnologies, van migrar el seu Sistema Gestor de BD a Oracle. Primer es va adquirir l'Oracle 9i i actualment s'ha realitzat una actualització a la versió Oracle 10g. En aquest document es dedica un apartat en el qual s'explica quines modificacions es van realitzar per agilitzar el resultat de les consultes SQL per tal de disposar dels resultats en el menor temps possible.

El disseny de les taules i les relacions entre aquestes és un disseny heretat que Indra utilitza en molts dels projectes de trànsit a nivell mundial.

4.3 Requeriments no funcionals

- Usabilitat

Aquest programari ha de facilitar les tasques de control i anàlisi del trànsit a qualsevol persona que treballi al Centre de Control del CIVICAT. Per tant ha de tenir un entorn amigable i de fàcil ús, sense que els usuaris tinguin cap tipus de coneixement tècnic sobre la Base de Dades ni del llenguatge SQL.

Ha de disposar d'un entorn basat en els formularis de MS Windows, ja que és la plataforma més emprada al Centre de Control, i que tot el personal sap utilitzar.

- Robustesa

Aquest programari s'utilitzarà no solament en les Operacions Especials, si no que també es podrà executar tots els caps de setmana. Per tant, ha de ser un programa estable, atès que romandrà actiu durant diversos dies de manera continuada, totes les setmanes de l'any.

- Accessibilitat

Principalment, el programa s'executarà a un VideoWall existent al CIVICAT. De forma que tot el personal del Centre de Control podrà visualitzar en temps real les dades que publica el programari sobre unes pantalles de grans dimensions.

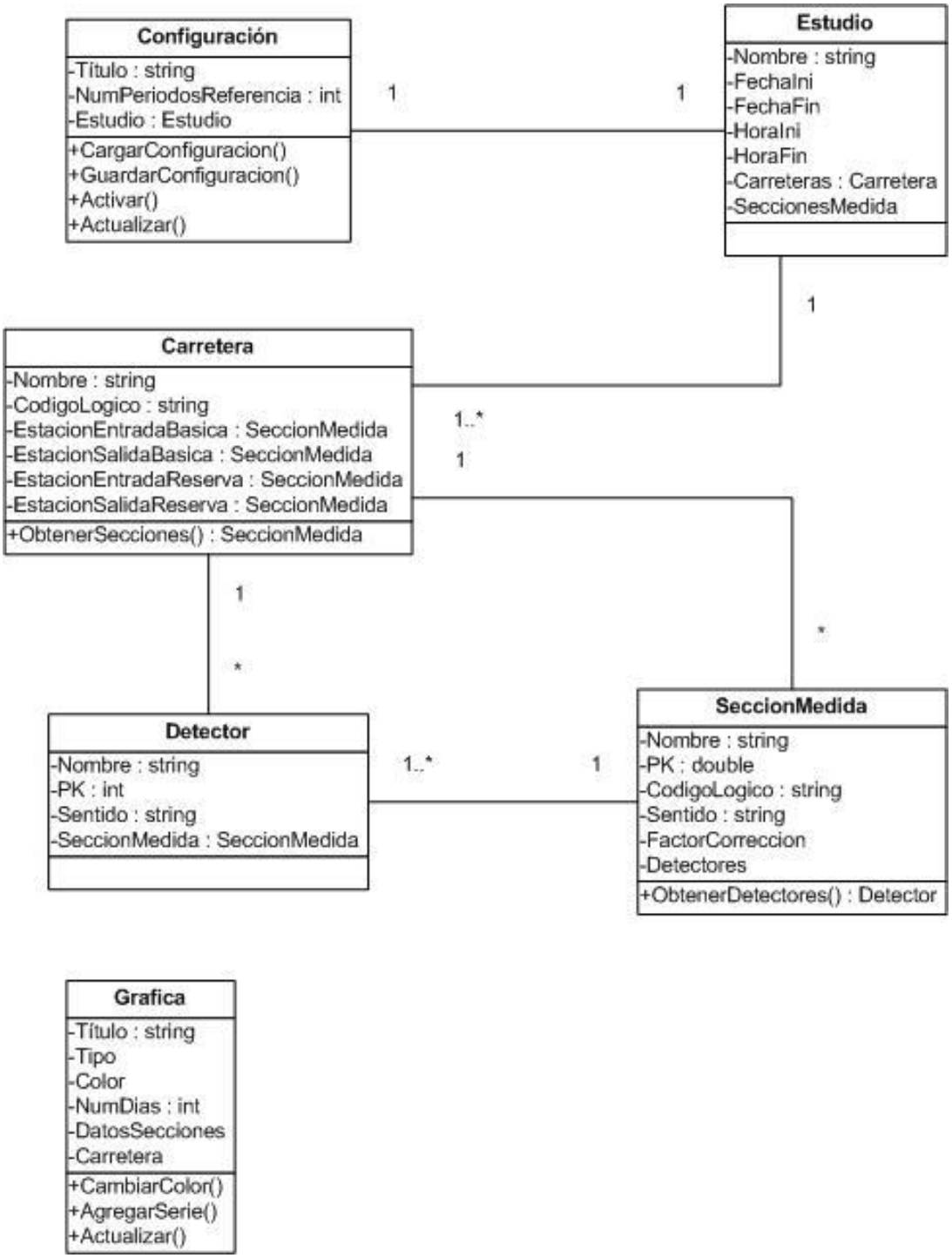
D'altra banda, també s'ha de poder instal·lar a qualsevol estació de treball que tingui accés a la Base de Dades de trànsit.

5. ESPECIFICACIÓ

Per fer aquest apartat, m'ha sigut de gran ajuda el llibre "UML y Patrones" (veure referència [5]).

5.1 Diagrama UML

A continuació es mostra l'esquema UML del diagrama bàsic de classes.



5.2 Diagrama de casos d'ús

En aquest apartat s'exposa una representació dels casos d'ús que conformen el sistema. Cada cas d'ús mostra els escenaris que indiquen com el sistema interactua amb l'usuari per assolir un objectiu específic. És a dir, els casos d'ús són una seqüència d'interaccions que es desenvolupen entre un sistema i els seus actors en resposta a un esdeveniment que inicia l'actor sobre el sistema.

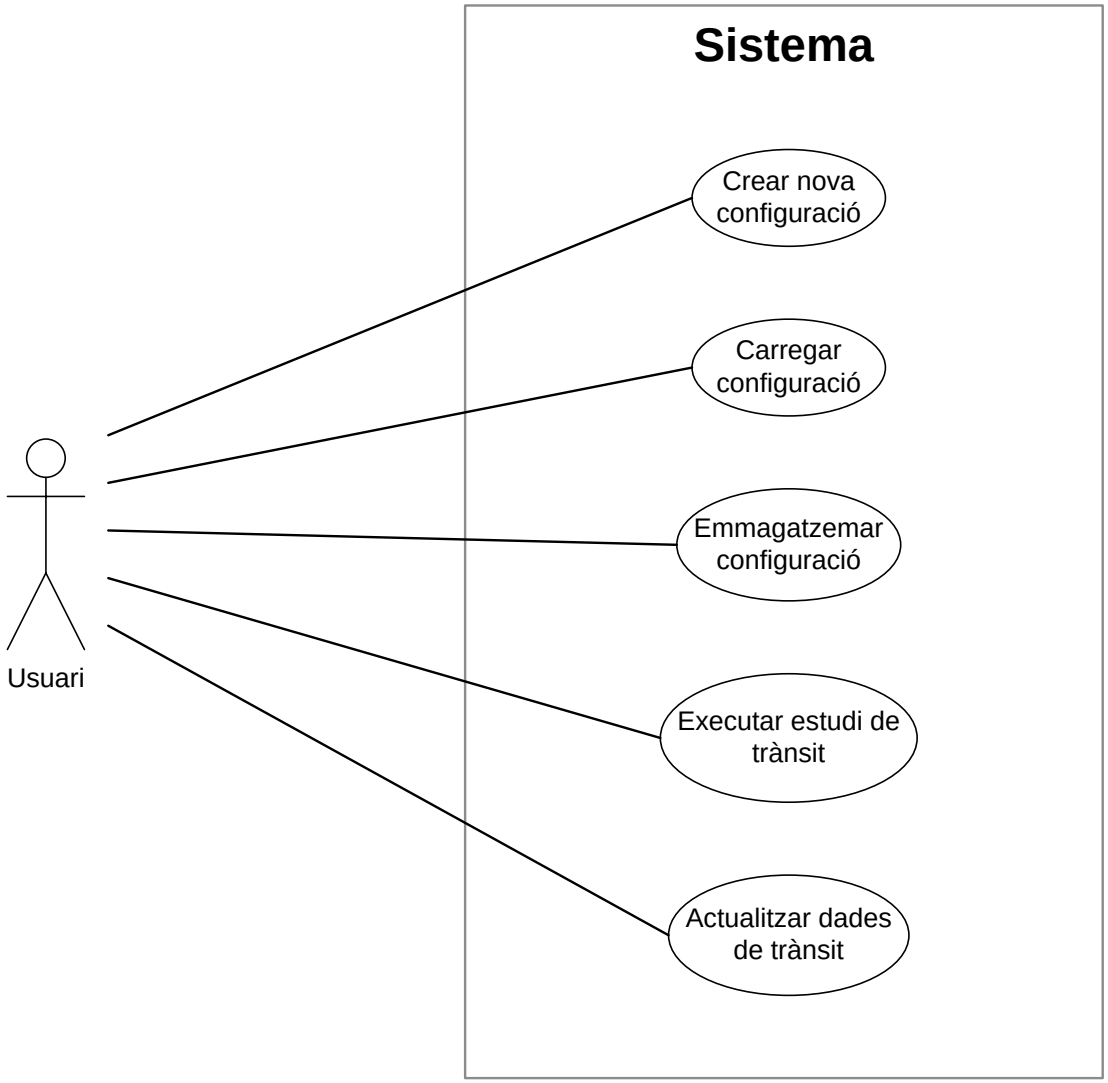


Figura 7. *Casos d'ús*

5.2.1 Cas d'ús 01 - Crear una nova configuració

CU-01 - Crear nova configuració	
Objectiu	Configurar un estudi de trànsit
Precondicions	L'aplicació ha de tenir connexió a la BD
Postcondicions	Configuració de l'estudi creada

Flux d'esdeveniments bàsic - Crear nova configuració

1. L'usuari inicia l'aplicació.
2. El sistema mostra el formulari principal.
3. L'usuari selecciona la opció "Nou estudi".
4. El sistema mostra el formulari de configuració d'estudis.
5. L'usuari insereix les següents dades:
    - Títol de la configuració de l'estudi.
    - Nombre de períodes de referència.
        - Nom període referència.
        - Data i hora inicial
        - Data i hora final
        - Carretera o conjunt de carreteres
        - Seccions de mesura de les carreteres

5.2.2 Cas d'ús 02 - Carregar una configuració existent

CU-02 - Carregar una configuració existent	
Objectiu	Carregar una configuració prèviament existent
Precondicions	L'aplicació ha de tenir connexió a la BD
Postcondicions	Configuració de l'estudi carregada

Flux d'esdeveniments bàsics - Carregar una configuració existent

1. L'usuari inicia l'aplicació.
2. El sistema mostra el formulari principal.
3. L'usuari selecciona l'opció "Carregar estudi".
4. El sistema mostra el formulari per escollir el fitxer de configuració.
5. L'usuari selecciona el fitxer de configuració.
6. El sistema carrega les dades al formulari de configuració.

Flux alternatiu - Fitxer de configuració erroni

Pas 5. L'usuari selecciona un fitxer de configuració incorrecte.

Pas 6. El sistema mostra un missatge d'error informant a l'usuari que el fitxer de configuració no es pot carregar perquè no és correcte.

5.2.3 Cas d'ús 03 - Emmagatzemar una configuració

CU-03 - Emmagatzemar una configuració	
Objectiu	Guardar una configuració al disc dur.
Precondicions	Configuració creada.
Postcondicions	Emmagatzemar la configuració d'un estudi.

Flux d'esdeveniments bàsics - Emmagatzemar una configuració

1. L'usuari selecciona l'opció "Guardar estudi".
2. El sistema mostra el formulari per escollir el directori en el qual desitja emmagatzemar la configuració.
3. L'usuari introdueix el nom del fitxer.
4. El sistema guarda la configuració en un fitxer de text.

5.2.4 Cas d'ús 04 - Executar un estudi de trànsit

CU-04 - Executar un estudi de trànsit	
Objectiu	Iniciar l'execució del estudi de trànsit. Consultar les dades a la BD i/o fulls de càlcul.
Precondicions	Configuració creada.
Postcondicions	Carregar les dades a la memòria.

Flux d'esdeveniments bàsics - Executar estudi de trànsit

1. L'usuari selecciona l'opció "Iniciar".
2. El sistema consulta les dades de trànsit del període actual a la BD.
3. El sistema carrega les dades dels períodes anteriors (si existeixen a la configuració) dels fulls de càlcul.
4. El sistema carrega a la memòria totes les dades de trànsit.

Flux alternatiu - Fitxer/s de períodes de referència erronis

Pas 3. L'usuari ha carregat un o diversos fitxers de dades erronis.

Pas 4. El sistema informa a l'usuari que el fitxer de dades no és correcte.

5.2.5 Cas d'ús 05 - Actualitzar dades de trànsit

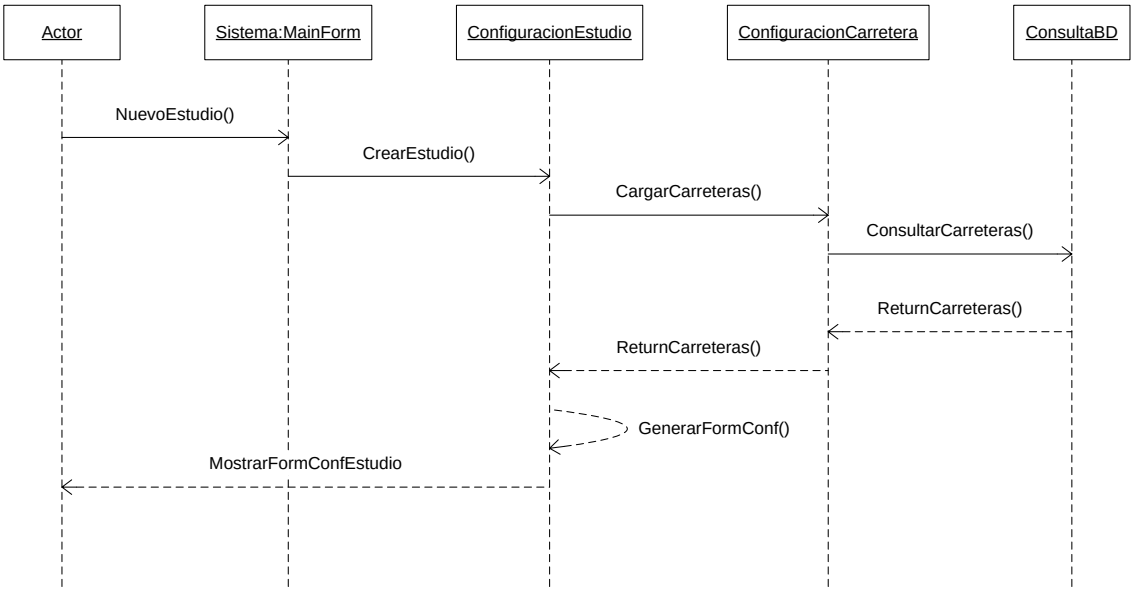
CU-05 - Actualitzar dades de trànsit	
Objectiu	Actualitzar les dades de trànsit de l'últim quart d'hora.
Precondicions	S'ha executat un estudi de trànsit. La data final del període actual és posterior a la data del sistema.
Postcondicions	Actualitzar les dades carregades a la memòria.

Flux d'esdeveniments bàsics - Actualitzar dades de trànsit

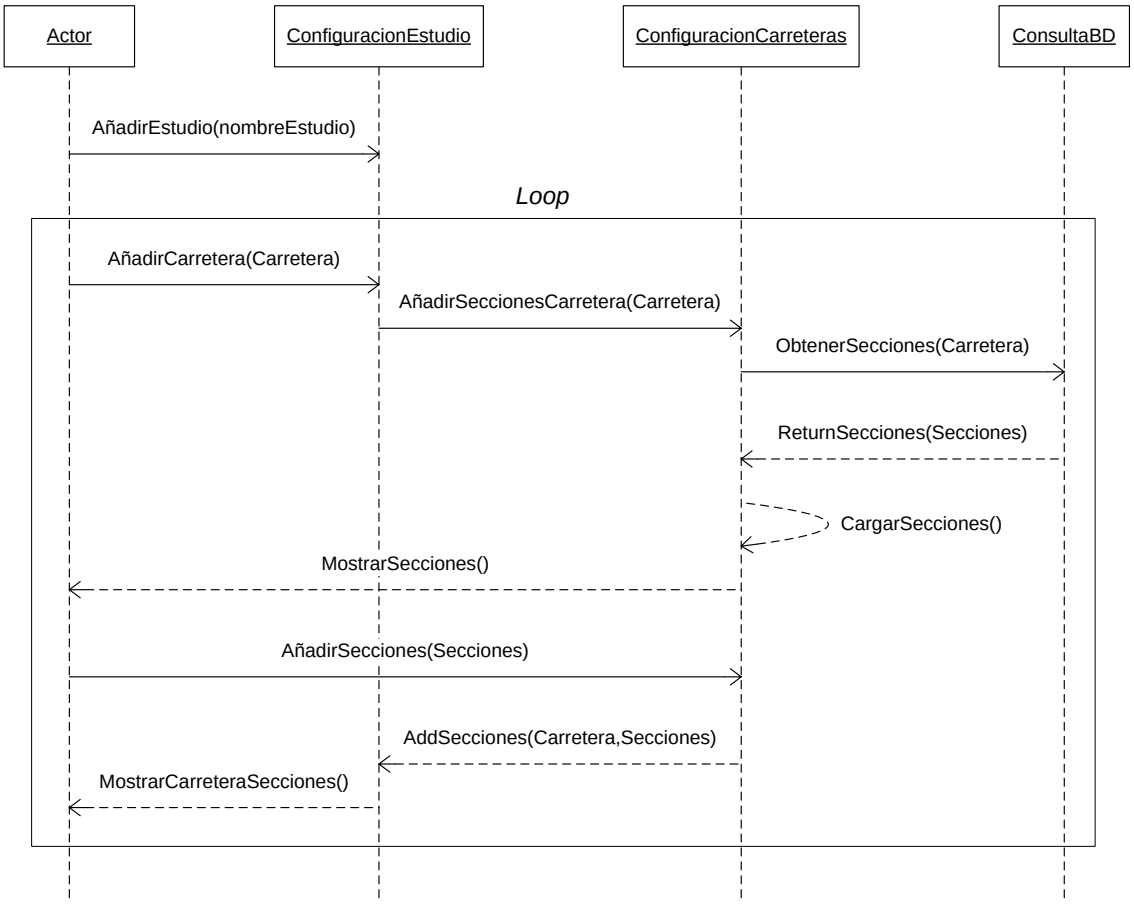
1. L'usuari selecciona l'opció "Actualitzar".
2. El sistema consulta les dades de trànsit de l'últim quart d'hora a la BD.
3. El sistema carrega a la memòria totes les dades de trànsit actualitzades.

5.3 Diagrames de seqüència

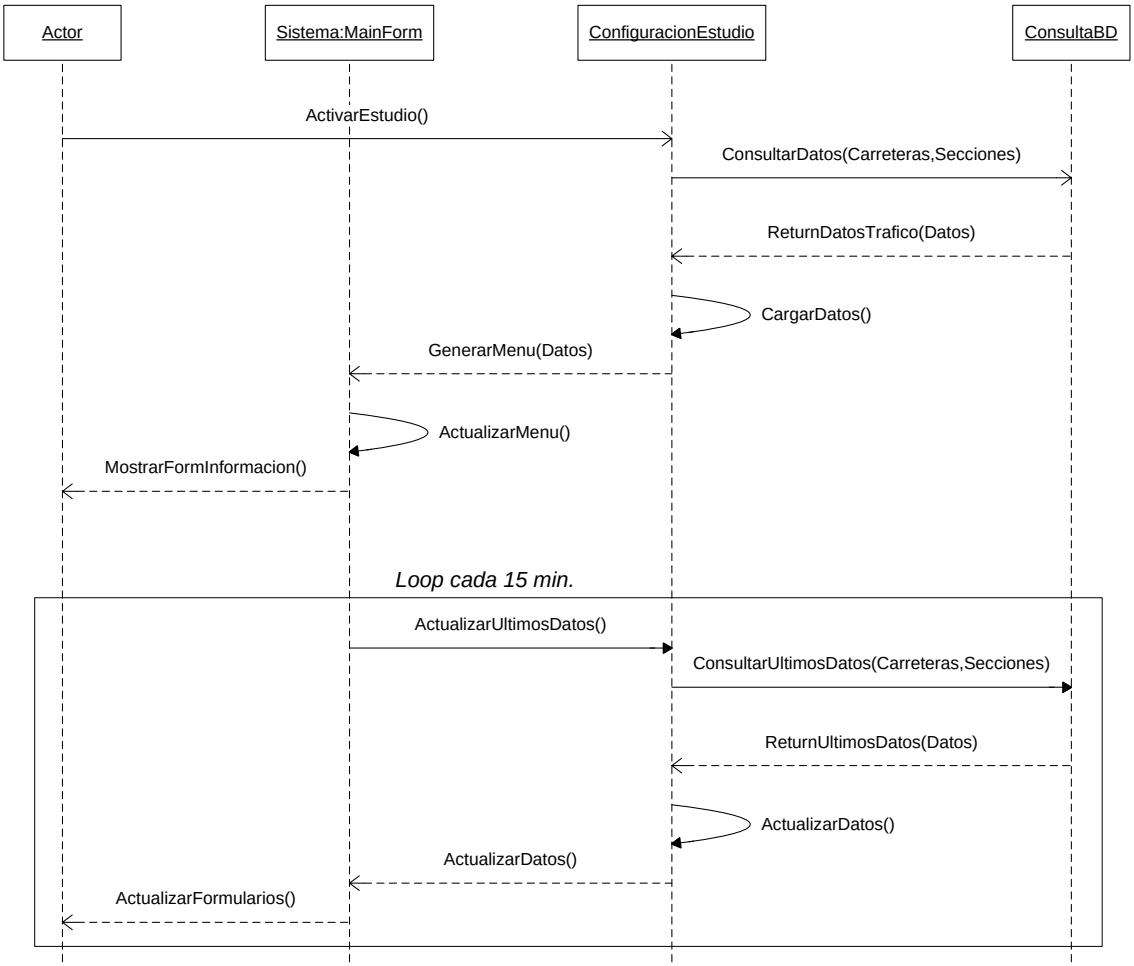
5.3.1 DS 01 - Obrir formulari configuració



5.3.2 DS 02 - Configurar estudi



5.3.3 DS 03 - Activar estudi



6. OPTIMITZACIÓ DE LA BASE DE DADES

L'execució d'aquest projecte va coincidir amb la migració de la Base de Dades Històrica del Servei Català de Transit. Aquesta BD emmagatzema totes les dades referents al volum de trànsit de les diverses carreteres i es classifiquen en funció dels períodes d'agregació i del tipus de dada.

El motiu pel qual he decidit afegir aquest apartat en el projecte és explicar amb detall com vaig optimitzar el resultat de les consultes que utilitza l'AnellBarna en una Base de Dades ja existent.

Una de les premisses que havia de complir aquest programari era l'actualització de les dades cada 15 minuts. Les respostes de les consultes trigaven més de 15 minuts davant la quantitat d'operacions que es realitzen a la BD cada minut i l'elevat volum de dades existents, així doncs no s'aconseguia complir amb aquest requisit.

Per dur a terme la millora de la Base de Dades i a causa de no disposar d'un servidor per dur a terme les proves, vaig haver de crear un servidor virtual mitjançant el programari VMWare. Sobre aquest servidor, vaig instal·lar el mateix Sistema Operatiu que utilitza el servidor en producció (Windows 2003 Server R2). Després vaig instal·lar el SGBD d'Oracle 10g, vaig exportar l'esquema de la BD sense els registres i el vaig importar al servidor virtual.

Un cop tenia la maqueta funcionant, vaig procedir segons les fases que s'expliquen a continuació (anàlisi de la BD existent, estudi de les solucions, implementació, proves i posada en marxa). El web d'Oracle (veure referència [6]) i el web d'en Tim Hall (veure referència [7]) van ser indispensables per poder aplicar aquesta millora.

6.1 Antecedents

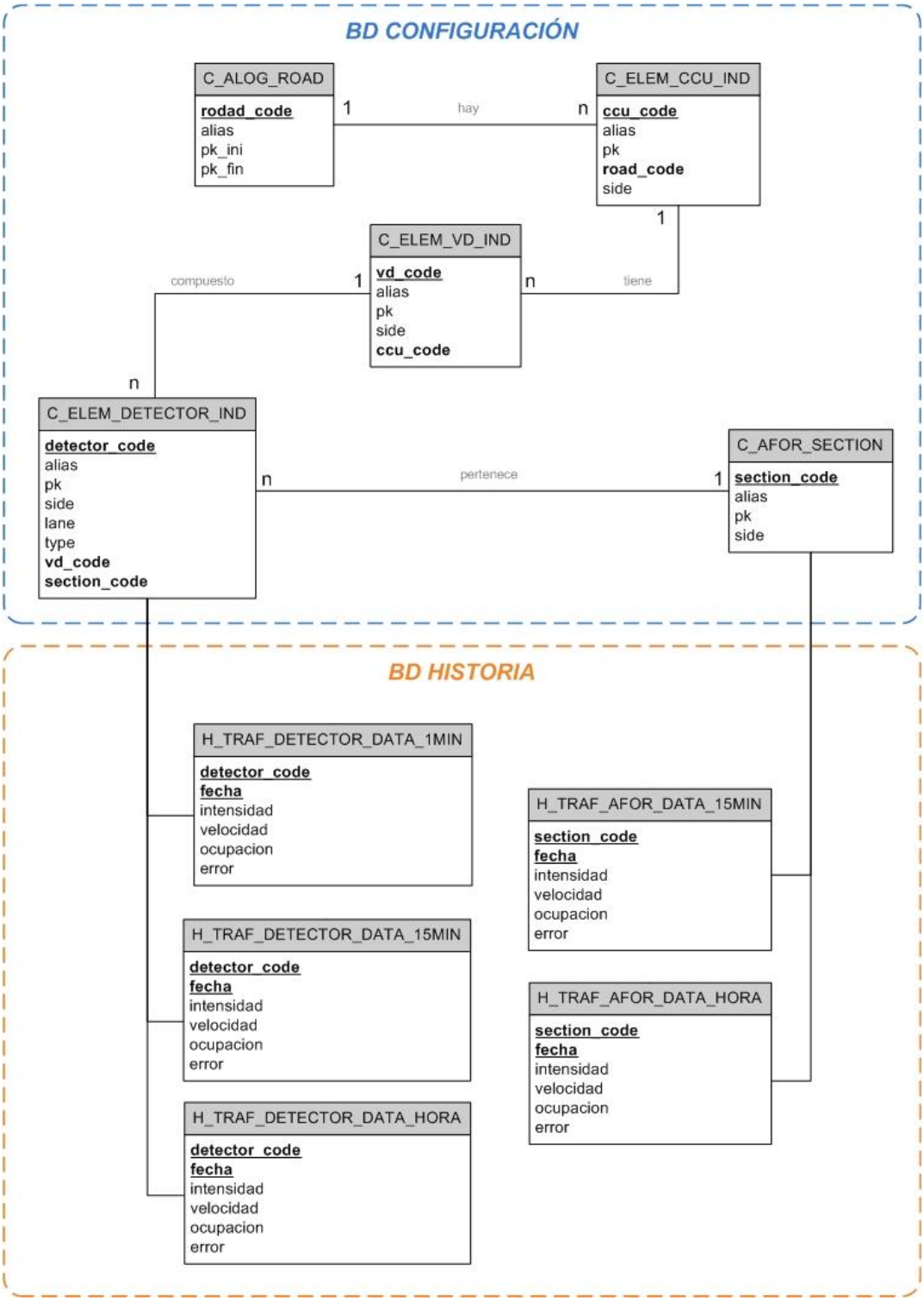
La Base de Dades estava implementada, des de l'any 2004, sobre un servidor en el qual residia una instància d'*Oracle 9i Enterprise Edition*. El disseny d'aquesta BD és un estàndard que fa servir Indra per a tots els projectes de Trànsit a nivell internacional. Aquest disseny no es pot modificar ja que tots el sistemes d'Indra treballen tenint en compte els noms de les taules, els camps i les relacions d'aquetes.

En aquest servidor existeixen dues bases de dades:

1. **BD CONFIGURACIÓ**: És on es guarda la configuració de tots els elements ITS. El volum de dades és molt estable, atès que tan sols es defineixen els elements i les característiques d'aquets i només creix quan s'instal·la un nou equipament a les carreteres.
2. **BD HISTÒRICA**: En aquesta BD és on s'emmagatzema tota la informació històrica de tots i cadascun dels sensors que pertanyen a l'SCT. Es guarden les dades des de l'any 2000 i realitzen més de 4.000 insercions per minut. Les tasques de millora s'han realitzat sobre aquesta BD

6.2 Model relacional de les BBDD

A continuació es representa el model relacional de les BBDD. Aquest model és una simplificació de les BBDD existents i només té en compte les taules que utilitza el programari AnellBarna i els camps més importants.


BD CONFIGURACIÓN
C_ALOG_ROAD
rodad_code
alias
pk_ini
pk_fin
1
hay
n
C_ELEM_CCU_IND
ccu_code
alias
pk
road_code
side
1
C_ELEM_VD_IND
vd_code
alias
pk
side
ccu_code
compuesto
1
n
tiene
n
C_ELEM_DETECTOR_IND
detector_code
alias
pk
side
lane
type
vd_code
section_code
n
pertenece
1
C_AFOR_SECTION
section_code
alias
pk
side
BD HISTORIA
H_TRAF_DETECTOR_DATA_1MIN
detector_code
fecha
intensidad
velocidad
ocupacion
error
H_TRAF_DETECTOR_DATA_15MIN
detector_code
fecha
intensidad
velocidad
ocupacion
error
H_TRAF_DETECTOR_DATA_HORA
detector_code
fecha
intensidad
velocidad
ocupacion
error
H_TRAF_AFOR_DATA_15MIN
section_code
fecha
intensidad
velocidad
ocupacion
error
H_TRAF_AFOR_DATA_HORA
section_code
fecha
intensidad
velocidad
ocupacion
error

BD CONFIGURACIÓ

- **C_ALOG_ROAD**: En aquesta taula es configuren les diferents carreteres amb equipament ITS.
- **C_ELEM_CCU_IND:** En aquesta taula és on es configuren les ERUs de cada via.
- **C_ELEM_VD_IND:** En aquesta taula es defineixen les ETDs de cada ERU.
- **C_ELEM_DETECTOR_IND:** En aquesta taula es configura el nombre de detectors de cada ETD.
- **C_AFOR_SECTION:** En aquesta taula es configuren les seccions de mesura, que són una associació lògica d'un conjunt de detectors ubicats en un mateix punt quilomètric i sentit d'una via.

BD HISTÒRIA

- **TAULES DETECTOR**
    - **H_TRAF_DETECTOR_DATA_1MIN:** S'emmagatzemen les dades de cada carril en un període d'agregació d'un minut.
    - **H_TRAF_DETECTOR_DATA_15MIN:** S'emmagatzemen les dades de cada carril en un període d'agregació de 15 minuts.
    - **H_TRAF_DETECTOR_DATA_HORA:** S'emmagatzemen les dades de cada carril en un període d'agregació d'una hora.
- **TAULES DE SECCIÓ**
    - **H_TRAF_AFOR_DATA_15MIN:** S'emmagatzemen les dades de cada secció de mesura en un període d'agregació de 15 minuts.
    - **H_TRAF_AFOR_DATA_HORA:** S'emmagatzemen les dades de cada secció de mesura en un període d'agregació d'una hora.

6.3 Taules de dades històriques

La BD Històrica disposa de 155 taules. Per dur a terme una optimització del rendiment a l'hora de fer consultes s'han classificat aquestes taules en funció del tipus de dades que s'emmagatzemen, el període que han de romandre disponibles i l'espai que ocupen.

6.3.1 Tipus de dades que s'emmagatzemen

La Base de Dades disposa de diversos tipus de dades, les quals s'han classificat en els següents apartats per tal de dissenyar els Tablespaces d'Oracle (espais de disc on es trobaran físicament les dades).

- Dades d'estats i alarmes dels equips.
- Dades de senyalització dels panells lluminosos.
- Dades de trànsit del sensors.
    - Dades de detector d'1 minut.
    - Dades de detector de 15 minuts.
    - Dades de detector d'una hora
    - Dades de secció de 15 minuts.
    - Dades de secció d'1 hora.

6.3.2 Període de disponibilitat

A causa de l'elevat volum de dades que s'emmagatzemen no és viable disposar de totes les dades històriques per qüestions d'espai en disc. Per aquest motiu, s'ha acotat la disponibilitat de les dades en funció dels interessos del Servei Català de Trànsit i de la capacitat del servidor.

La següent taula mostra la disponibilitat mínima del servidor a la qual ens vam comprometre:

TIPUS DE DADES	PERÍODE
Estats i alarmes	1 any
Senyalització	8 anys
Detector 1 minut	15 dies
Detector 15 minuts	5 anys

Detector 1 hora	10 anys
Secció 15 minuts	10 anys
Secció 1 hora	10 anys

6.3.3 Espai necessari

Tenint en compte els compromisos amb el client, la reserva d'espai per a futures ampliacions d'equipament a les carreteres i les dades històriques existents, es va fer una estimació de l'espai necessari per complir amb aquests requisits.

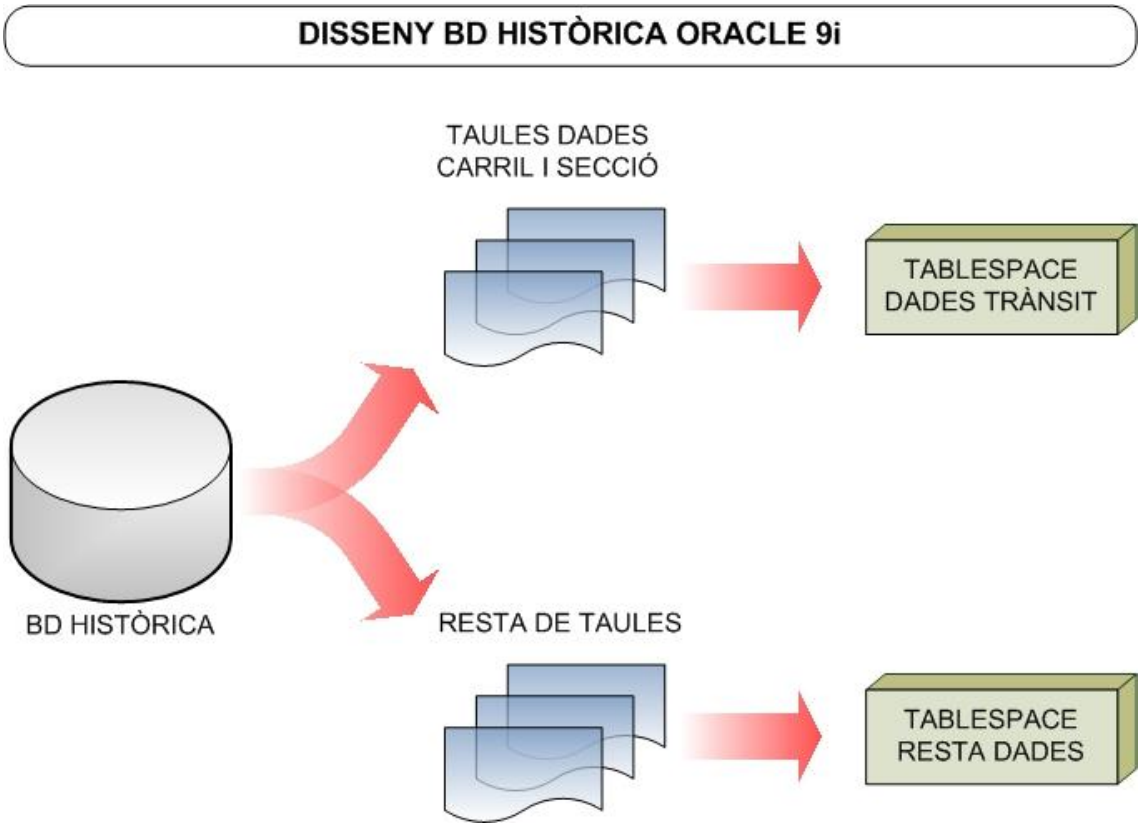
Per simplificar el càlcul, es va analitzar l'espai que ocupaven les dades existents en períodes unitaris (anys i dies) i també es van calcular el promig de registres en funció dels períodes.

TIPUS DE DADES	PERÍODE UNITARI	Nº REGISTRES	ESPAI EN DISC
Estats i alarmes	1 any	13.000.000	700 Mb
Senyalització	1 any	5.000.000	500 Mb
Detector 1 minut	1 dia	2.500.000	200 Mb
Detector 15 minuts	1 any	60.000.000	6 Gb
Detector hora	1 any	15.000.000	1,5 Gb
Secció 15 minuts	1 any	20.000.000	1 Gb
Secció hora	1 any	5.500.000	500 Mb

Per tant, l’espai necessari per emmagatzemar totes les dades serà de 67 GB. A més, cal aplicar un marge del 50% per incloure l’espai dels índex i per tant l’espai necessari que ocuparà finalment la Base de Dades serà d'uns 100 Gb aproximadament.

6.4 Esquema abans de l'optimització

Abans de la migració, la Base de dades disposava de dos tablespaces, un per a les taules de dades de trànsit i l’altre per a la resta de taules. Aquests tablespaces no eren autoextendibles, per tant, sempre s’havien de redimensionar manualment. Aquest fet provocava un continu manteniment de la BD i es varen donar casos en els quals no es podien emmagatzemar les dades perquè el tablespace no disposava de suficient espai. Amb la migració i optimització, es varen resoldre aquestes mancances.



6.5 Migració i optimització

Com s'ha descrit anteriorment, el motiu per dur a terme l'optimització de la BD va ser el temps de resposta a l'hora de fer les consultes amb l'AnellBarna. També l'actualització de la versió d'Oracle va permetre dur a terme aquesta millora, ja que es podien realitzar les proves amb una BD que no estava en producció i que treballava en paral·lel a la versió anterior.

6.5.1 Particions

La clau per augmentar el rendiment de la BD va ser particionar totes les taules que emmagatzemen gran quantitat de dades i sobre les quals es realitzen les consultes per realitzar els estudis de trànsit.

A continuació es descriu breument els tres mètodes que ofereix Oracle a l'hora de particionar les taules i quina va ser la solució més adient per a la Base de Dades Històrica de l'SCT.

PARTICIONS BASADES EN LLISTES

Permeten controla explícitament el nombre de files que s'assignen a les particions. S'han de definir una llista de valors clau i les particions emmagatzemaran tots els valors d'aquestes claus.

L'avantatge de fer aquest tipus de particions es que permeten organitzar llistes no ordenades i sense relació entre les dades.

No es va implementar aquest mètode ja que s'haurien d'haver fer particions per a cada detector i per a cada secció, I això s'hauria traduït en més de 3.500 particions. A més, s'haurien d'haver creat noves particions cada vegada que augmentés el nombre de detectors.

PARTICIONS HASH

Permeten una divisió de les dades que no ha de complir amb els requisits de les particions anteriors. Es recomana implementar aquest tipus de particions quan no es coneixen la quantitat de dades d'un rang determinat.

No es va implementar aquest tipus de particions perquè es té coneixement de quantes dades s'emmagatzemaran.

PARTICIONS PER RANG

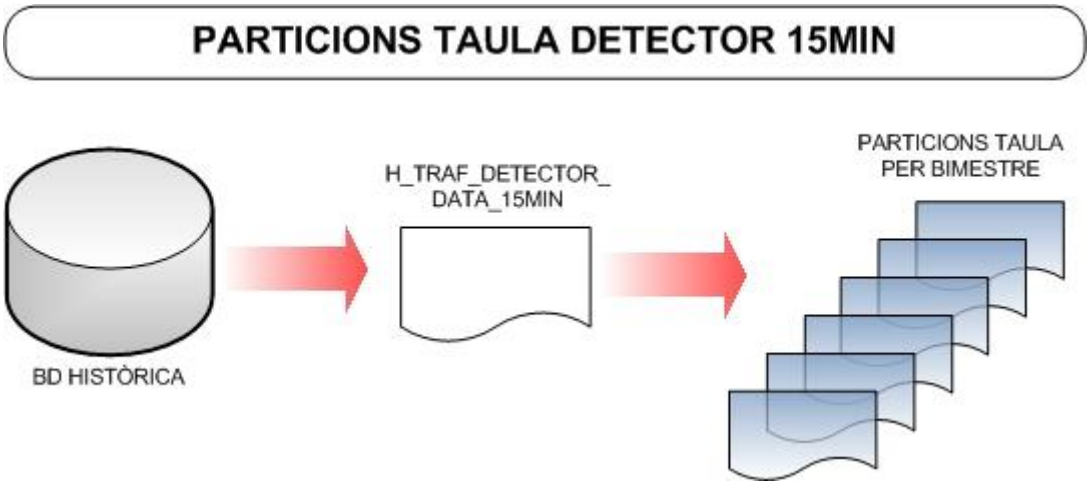
Permeten una divisió de les dades que es basa en valors clau en funció d'un rang. És el tipus més comú de les particions i sovint s'usa per organitzar les dades en funció de les dates.

Tenint en compte aquestes definicions es va decidir utilitzar les particions per rang perquè les dades dels sensor disposen d'una data i es poden organitzar fàcilment per rangs de dates. Si augmentés el nombre de detectors, automàticament aquestes dades s'emmagatzemarien a la partició de la data que li correspongués.

A continuació s'exposen les particions que es van definir per a les dades de detector i secció:

- H_TRAF_DETECTOR_1MIN: Es van crear particions per dia, és a dir, les dades dels detectors d'un minut s'emmagatzemen en particions diàries. Com que el requisit és guardar el últims 15 dies, es van crear 18 particions per emmagatzemar aquests darrers 15 dies i 3 més de marge.
- H_TRAF_DETECTOR_DATA_15MIN: Es van crear particions bimestrals. De forma que cada any disposa de 6 particions.
- H_TRAF_DETECTOR_DATA_HORA: Com que el volum d'aquestes dades es substancialment inferior es van crear particions anuals.
- H_TRAF_AFOR_DATA_15MIN: Es van crear particions semestrals, per tant cada any disposa de dues particions.
- H_TRAF_AFOR_DATA_HORA: En aqueta taula es van crear particions anuals.

El següent esquema és un exemple de particions per bimestre:



6.5.2 Tablespaces

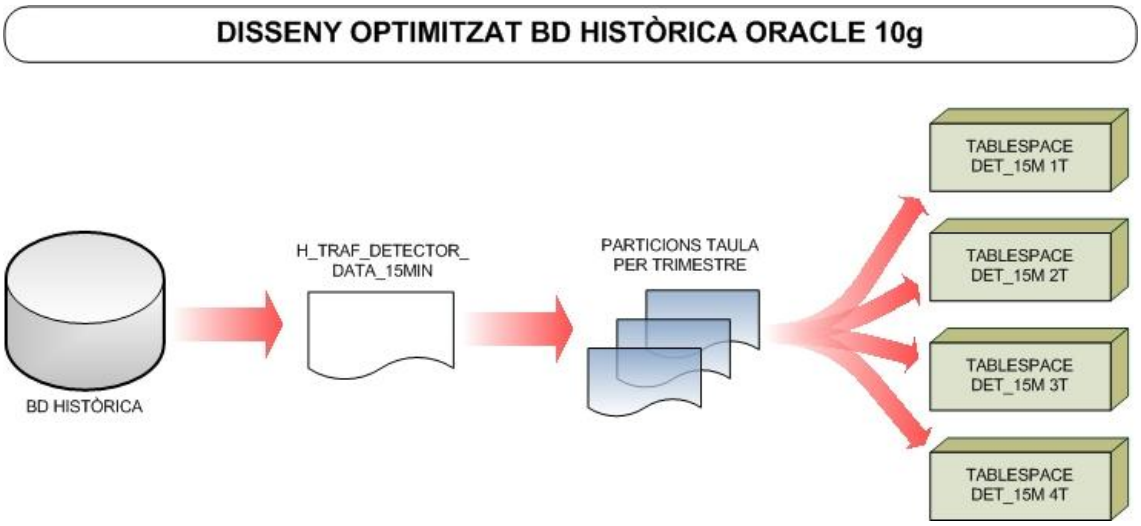
Els tablespaces són el lloc en el qual s'emmagatzemen les dades de la Base de Dades. Proporcionen una capa d'abstracció entres les dades físiques i lògiques. Serveixen per assignar l'espai d'emmagatzematge que ocuparan les dades al suport físic.

Com s'ha descrit anteriorment, abans de l'optimització de la BD només existien dos tablespaces i aquests tenien les dimensions fixes. Això implicava redimensionar-los quan es quedaven sense espai i augmentava considerablement els temps de resposta de la BD.

Seguint el patró de les particions, vaig decidir crear un tablespace per a cada partició i a més fer-los extensibles, això significa que incrementen l'espai automàticament quan les dades necessiten més espai.

Aquest mètode estalvia un continu manteniment de la BD i organitza aquestes en segments en els quals només s'emmagatzemen un tipus de dades.

A continuació es presenta un exemple del resultat de dur a terme l'optimització de la Base de Dades creant particions a aquelles taules en les quals s'emmagatzemen gran quantitat de registres i les quals disposen dels seus propis tablespaces. S'ha aplicat aquesta tècnica a les taules de l'apartat anterior.



6.6 Comparativa

En aquest punt es presenta una comparativa amb els resultats obtinguts amb el disseny de la BD anterior i l'actual disseny optimitzat. S'han executat les mateixes consultes per a ambdues Bases de Dades. Es conclou que el rendiment ha augmentat considerablement.

	Oracle 9i (antic Històric)	**Oracle 10g** (actual Històric)	**% Diferencial**
Detector 1 min.	13:22 min.	3:51 min.	**247%**
Detector 15 min.	33 seg.	19 seg.	**74%**
Detector hora	30 seg.	8 seg.	**275%**
Secció 15 min.	20 seg.	10 seg.	**100%**
Secció hora	17 seg.	7 seg.	**142%**

7. DISSENY DE LA INTERFÍCIE

En aquest apartat es mostren totes les pantalles de l'aplicació i es fa una descripció de totes les parts que la composen.

7.1 Formulari Principal

Aquest és el primer formulari que apareix quan s'executa l'aplicació. És un formulari que només es visualitza quan es passa el cursor per la part superior-central de la pantalla.

A continuació es descriuen totes les funcionalitats de les icones que hi apareixen.

Aquesta icona serveix per obrir el formulari de creació d'un nou estudi.

Aquesta icona ens obra un estudi prèviament configurat, ens demanarà el directori i el nom de l'arxiu de configuració.

Aquesta icona serveix per emmagatzemar la configuració d'un estudi que hem configurat com a nou.

Aquesta opció permet exportar en un full de càlcul les dades de l'estudi que s'està executant actualment.

Aquesta icona desplega totes les gràfiques disponibles a l'aplicació. Quan s'escull un tipus de gràfic, obre una finestra amb la representació d'aquest.

Aquesta opció obre la interfície de configuració, es pot configurar la connexió a la Base de dades.

Quan es prem sobre aquesta icona, sortim de l'aplicació.

7.2 Crear un nou estudi

Quan es desitja crear un nou estudi, s'obre el següent formulari en el qual es detallen les entrades que haurem d'introduir.

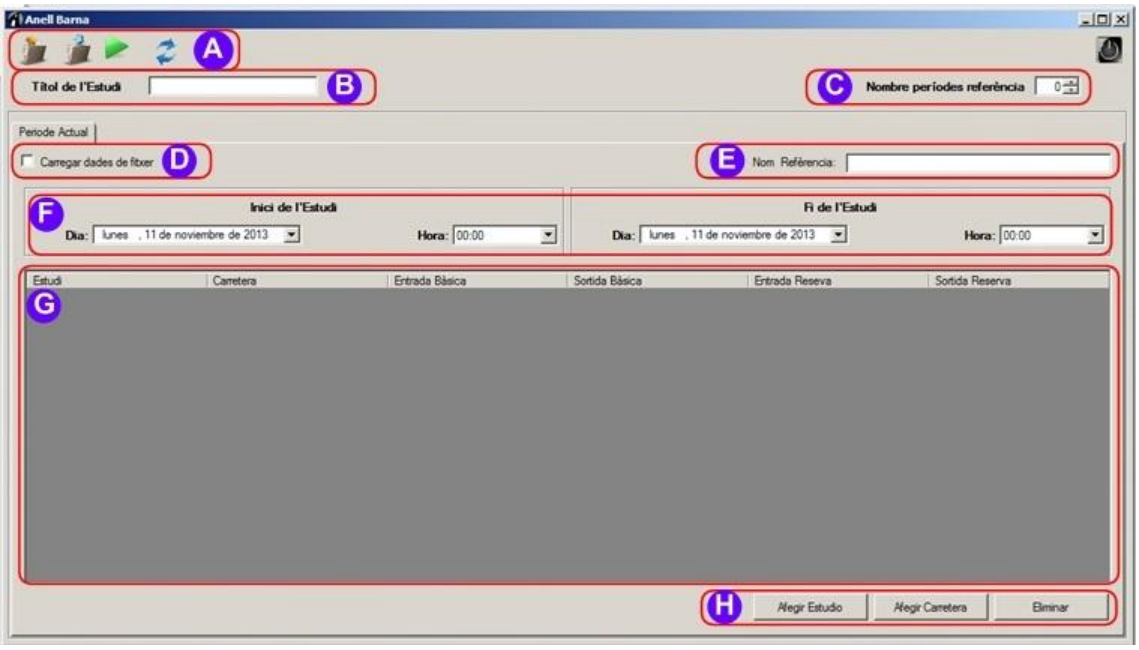
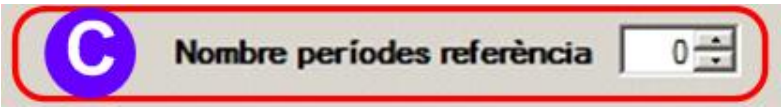


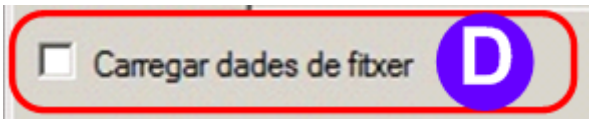
Figura 8. *Formulari per crear un nou estudi*

Botons per obrir, guardar, activar o actualitzar un estudi.

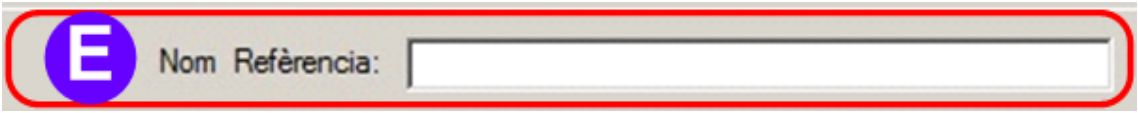
Títol de l'estudi.



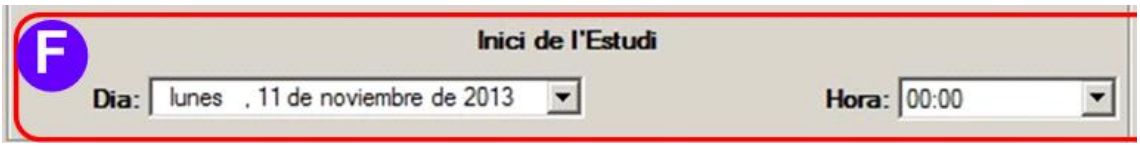
Nombre de períodes de referència. Períodes històrics que es volen comparar.



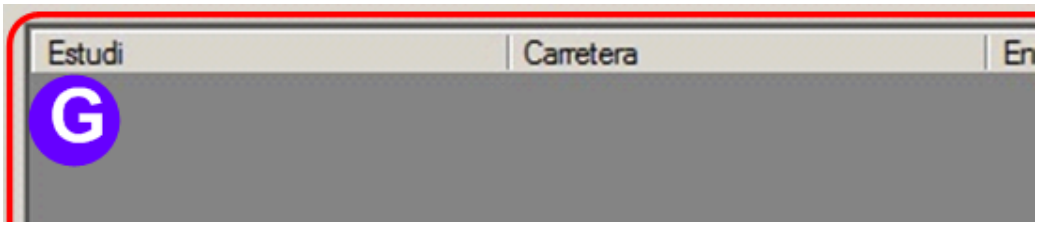
Per a cada període històric, s'han de carregar les dades mitjançant un fitxer.



Nom del període de referència. Per exemple es pot posar l'any.



Data i hora inicial i final de cada període.



Configuració de l'estudi: carreteres i seccions de mesura.

Botons per afegir o eliminar estudis i carreteres.

7.3 Afegir un estudi

Un cop obert el formulari anterior s'ha d'afegir un nou estudi. Se'ns obrirà un formulari en el qual ens demana el nom de l'estudi.

Figura 9. *Afegir estudi*

7.4 Afegir carreteres

Després d'afegir el nom de l'estudi, es procedirà a afegir les carreteres i les seccions de mesura que pretenem utilitzar.

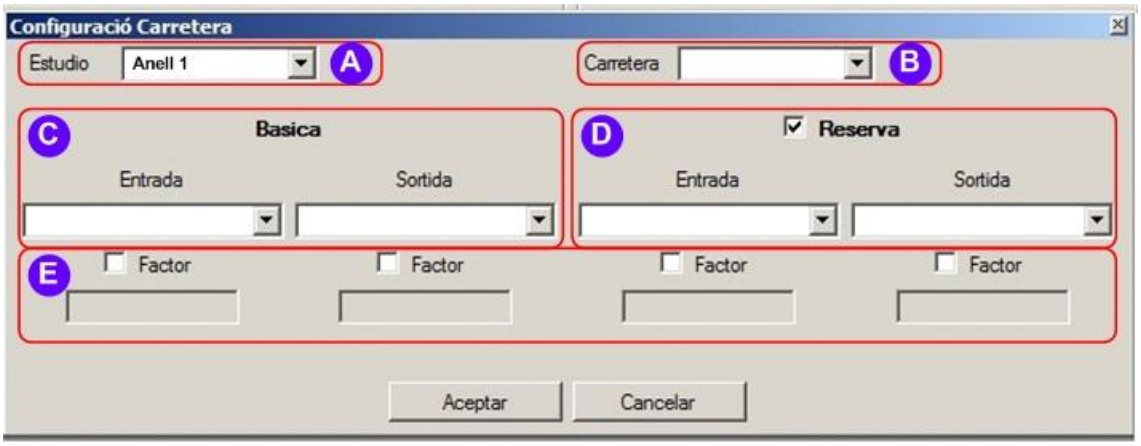


Figura 10*. Formulari de configuració d'una carretera*

A. Desplegable per seleccionar l'estudi al qual es vol afegir una carretera.
B. Desplegable per escollir la carretera.
C. Desplegables per escollir les seccions de mesura bàsiques.
D. Desplegables per escollir les seccions de mesura reserva. Aquesta és opcional, per activar-la s'ha de seleccionar el *checkbox*.
E. Si en alguna secció de mesura es vol aplicar un coeficient de correcció de les dades s'ha de seleccionar el *checkbox* i introduir el factor de correcció.

A continuació es mostra el formulari de l'estudi amb una configuració completa. Com es pot veure, té un títol, dos períodes de referència i les carreteres amb les seccions de mesura.

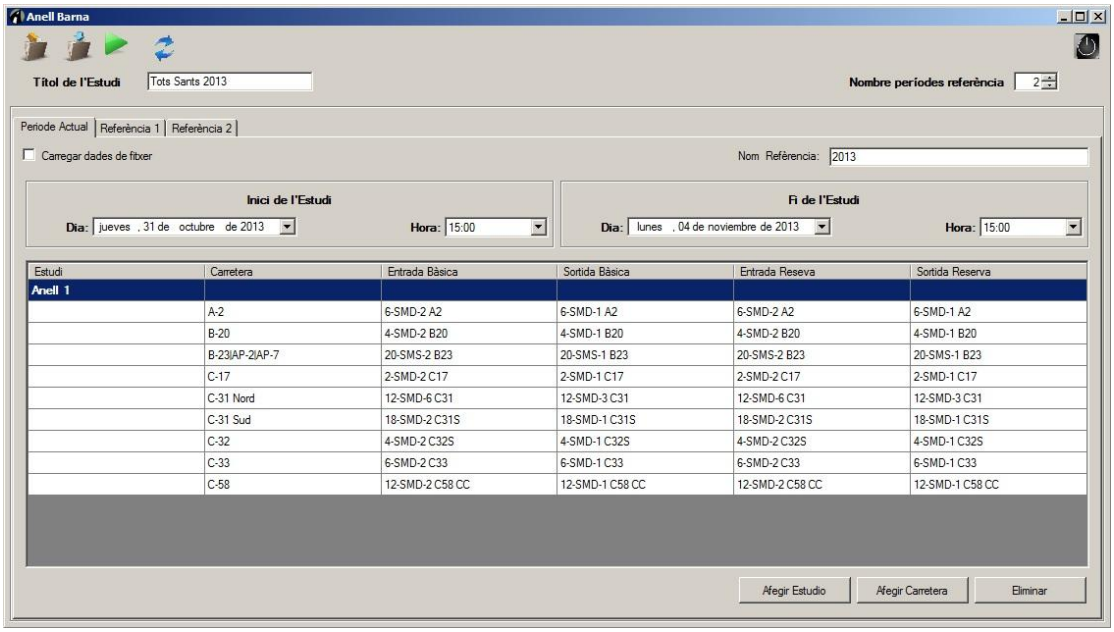


Figura 11. *Formulari de configuració complet*

7.5 Visualitzar les gràfiques

Un cop carregat un estudi i executada la consulta mitjançant el botó *play*, es poden consultar les gràfiques i/o formularis de comparativa.

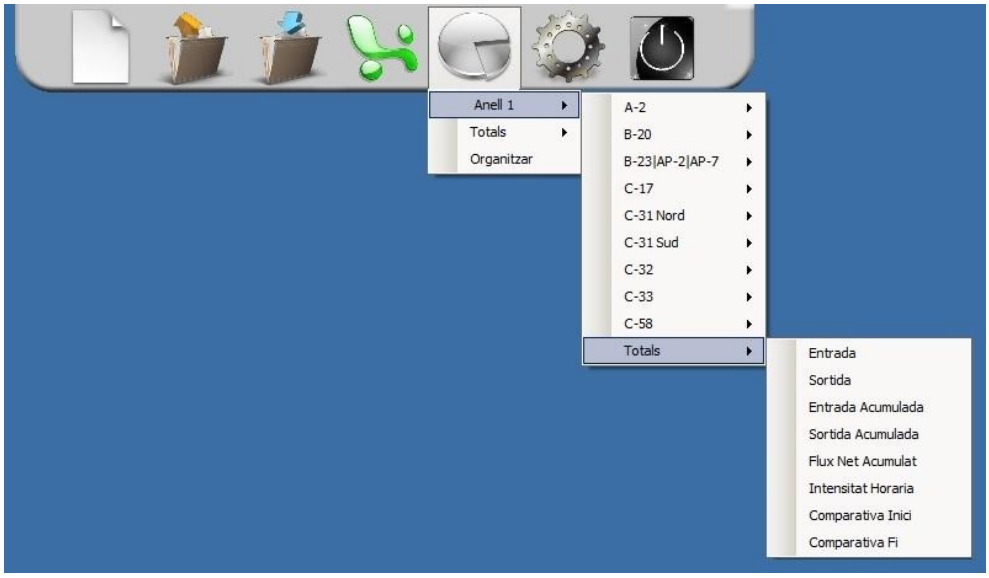


Figura 12. *Desplegable per obrir gràfiques i/o comparatives*

7.5.1 Gràfiques d'intensitats per sentit

Les gràfiques d'intensitat mostren la quantitat de vehicles que han circulat cada quart d'hora en un sentit concret (sortida o entrada) i per a cada període configurat.

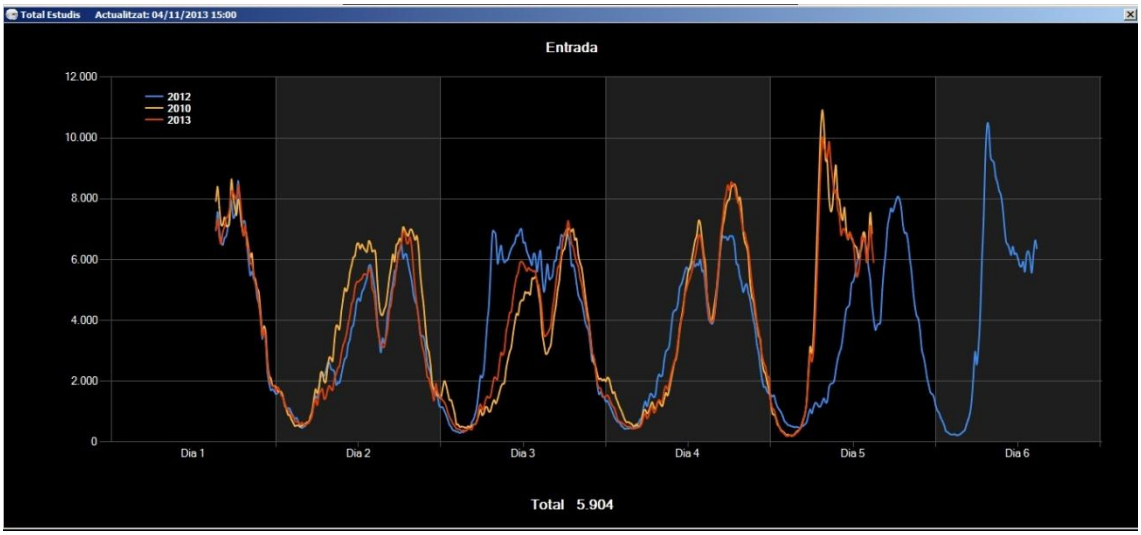


Figura 13. *Gràfica d'intensitats de 15 minuts*

7.5.2 Gràfiques d'intensitat acumulada per sentit

Les gràfiques d'intensitat acumulada mostren la quantitat de vehicles que s'han desplaçat en un sentit des de l'inici de l'operació i per a cada període configurat.

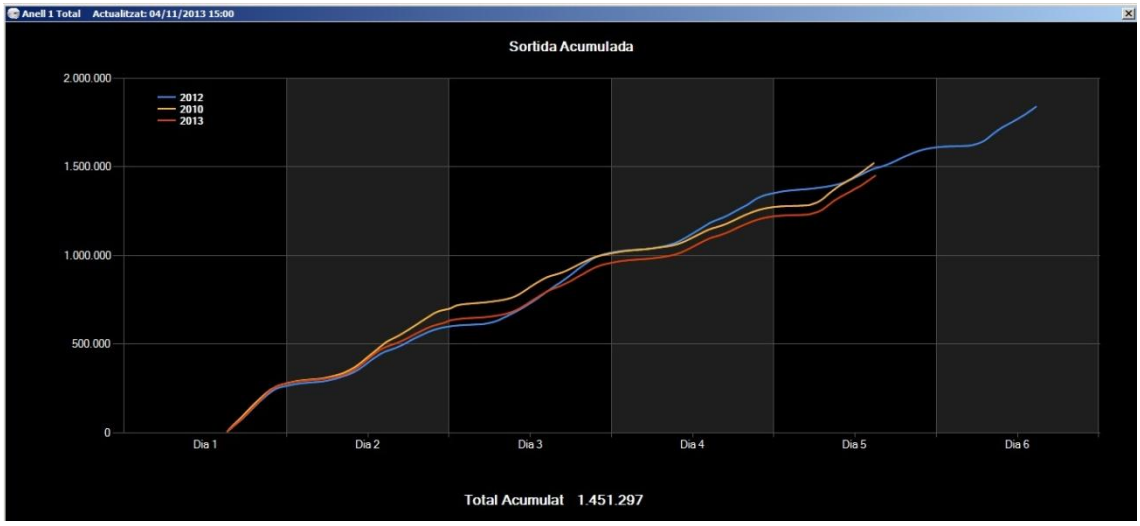


Figura 14. *Gràfica d'intensitat acumulada*

7.5.3 Gràfiques de flux net acumulat

El Flux Net acumulat és la diferència entre la sortida i la entrada acumulada. Quan el pendent d'aquesta gràfica és positiu, significa que hi ha més quantitat de vehicles que surten, quan és negatiu és que entren més vehicles. Quan no hi ha pendent vol dir que existeix un equilibri entre els vehicles de sortida i d'entrada.

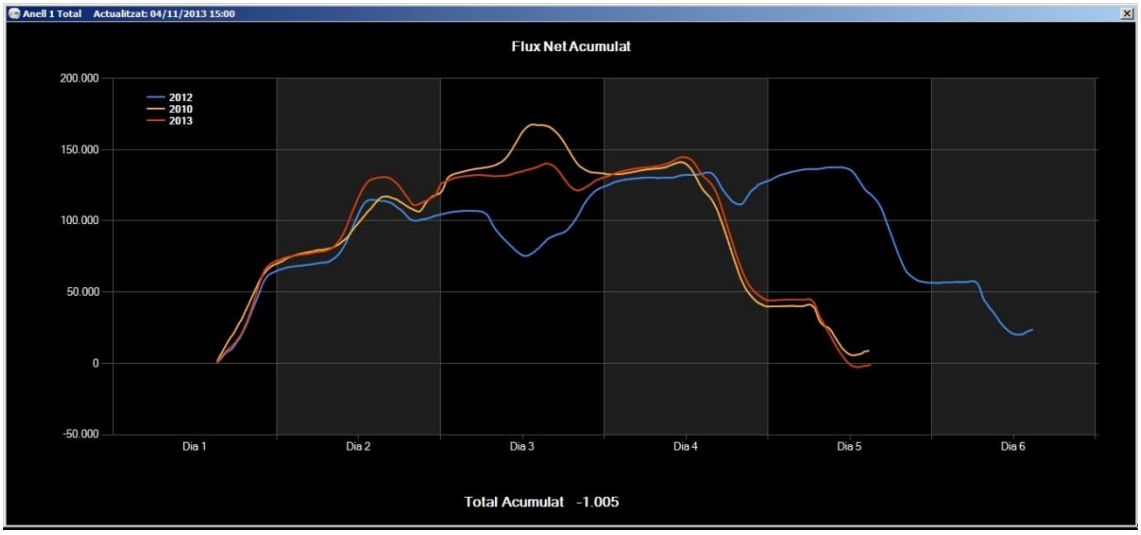


***Figura 15**. Gràfica de Flux Net Acumulat*

7.5.4 Gràfiques d'intensitat horària del període actual

La gràfica d'intensitat horària mostra la quantitat de vehicles que s'han desplaçat a cada hora del període actual i en ambdós sentits de la marxa.

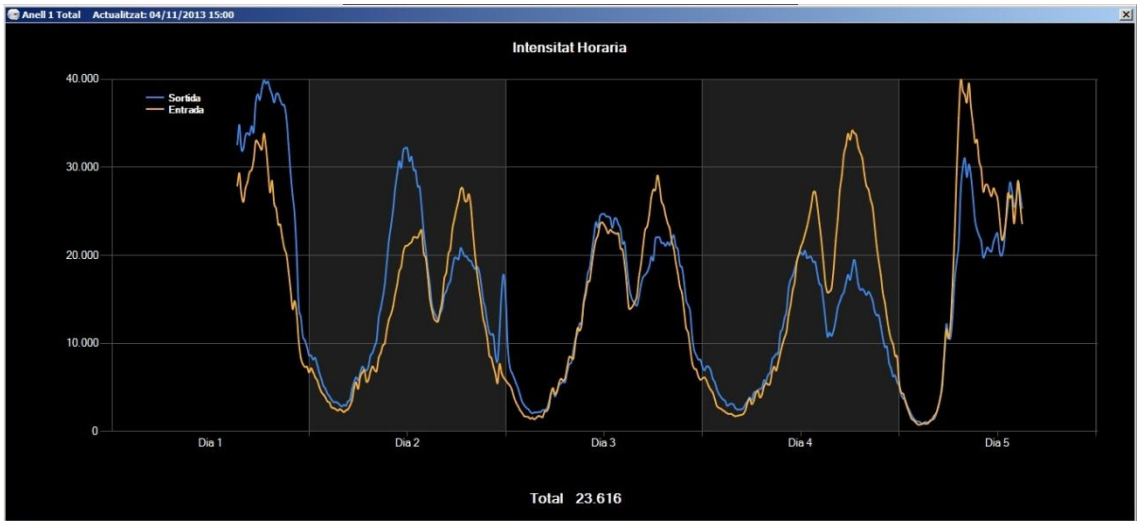


***Figura 16**. Intensitat horària del període actual*

7.6 Opcions de les gràfiques

Per a totes les gràfiques s'ha creat un menú contextual que permet visualitzar les zones d'especial interès en una operació de mobilitat. A continuació es descriuen les 5 opcions per visualitzar una gràfica.

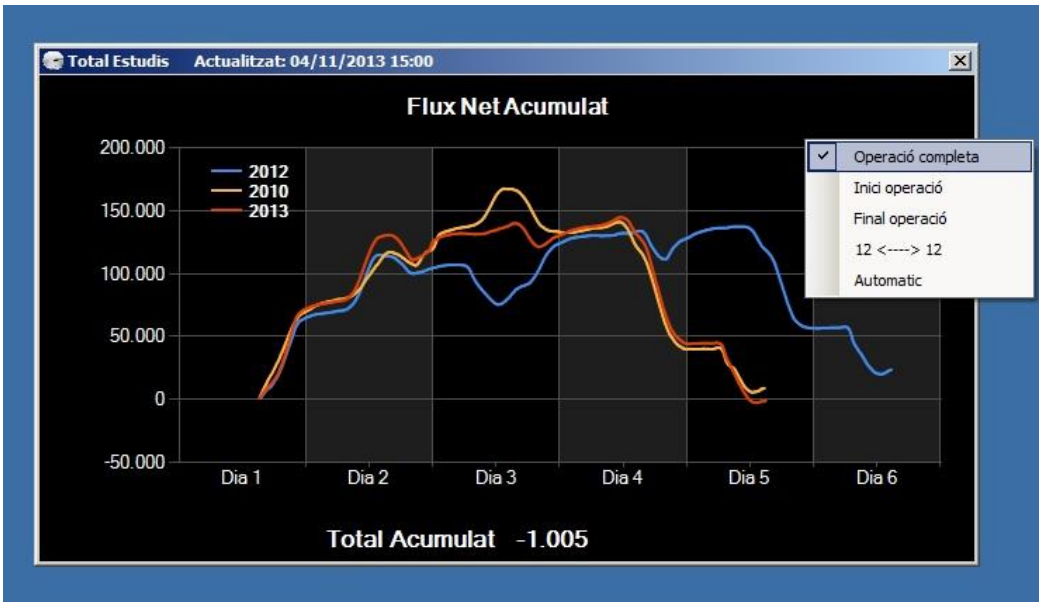


***Figura 17**. Menú contextual de les gràfiques*

- **Operació completa:** Mostra tots els dies de l'operació, des de l'inici fins al final.
- **Inici operació:** Mostra les primeres 24 hores de l'inici de l'operació.
- **Final operació:** Mostra les darreres 24 hores de l'operació.
- **12-12:** Realitza un zoom de 24 hores tenint en compte la data i l'hora actual. De forma que mostra les darreres 12 hores i les properes 12.
- **Automàtic:** En funció de cada moment de l'operació, les gràfiques s'actualitzen mostrant les dades de més interès en el següent ordre: Inici operació, 12-12 i final operació.

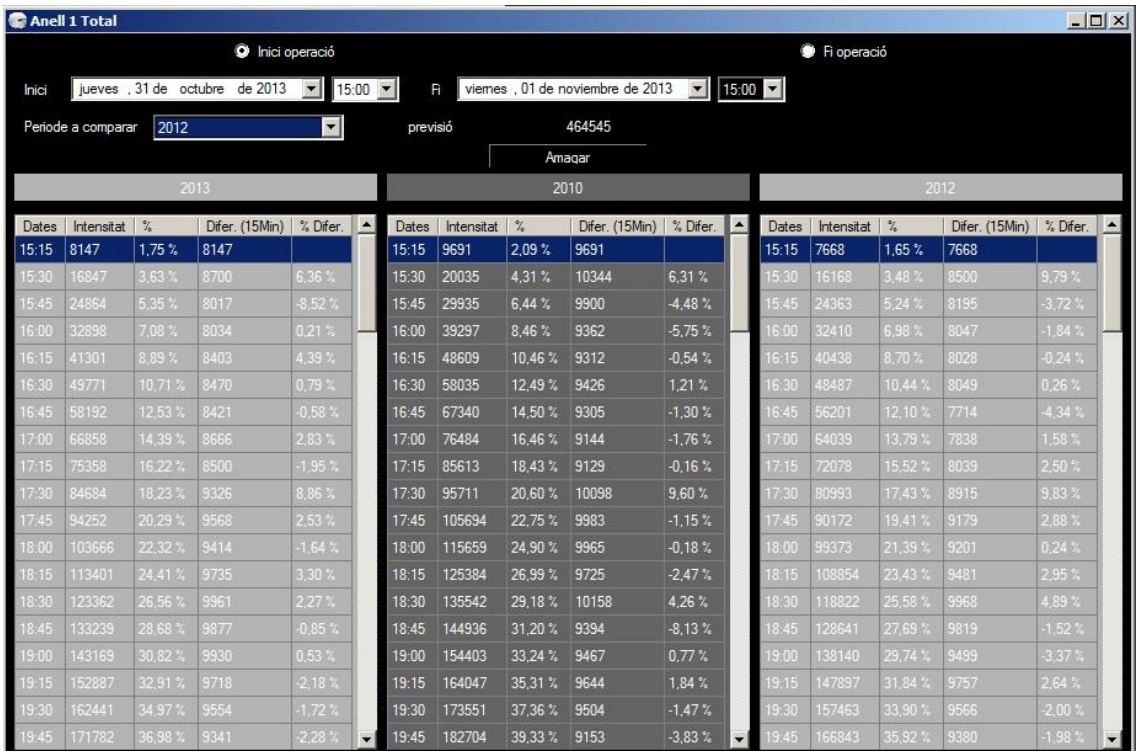
7.7 Comparatives

Aquest formulari permet comparar les dades numèriques de cada període. A l'inici de cada operació es comparen les dades de les primeres 24 h dels vehicles que surten de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Quan finalitza l'operació especial, es comparen les dades de les darreres 12 h d'entrada a la ciutat comtal.

Es generen tantes comparatives com períodes s'hagin configurat, i en aquests apareixen les següents dades:

- Hora
- Intensitat acumulada
- Percentatge de variació acumulat
- Intensitat sense acumular
- Percentatge de variació sense acumular

L'usuari pot escollir amb quin període de referència vol realitzar la comparativa, de forma que les diferències es calculen en funció del període escollit.



Dates	Intensitat	%	Difer. (15Min)	% Difer.
15:15	8147	1,75 %	8147	
15:30	16847	3,63 %	8700	6,36 %
15:45	24864	5,35 %	8017	-8,52 %
16:00	32898	7,08 %	8034	0,21 %
16:15	41301	8,89 %	8403	4,39 %
16:30	49771	10,71 %	8470	0,79 %
16:45	58192	12,53 %	8421	-0,58 %
17:00	66858	14,39 %	8666	2,83 %
17:15	75358	16,22 %	8500	-1,95 %
17:30	84684	18,23 %	9326	8,86 %
17:45	94252	20,29 %	9568	2,53 %
18:00	103666	22,32 %	9414	-1,64 %
18:15	113401	24,41 %	9735	3,30 %
18:30	123362	26,56 %	9961	2,27 %
18:45	133239	28,68 %	9877	-0,85 %
19:00	143169	30,82 %	9930	0,53 %
19:15	152887	32,91 %	9718	-2,18 %
19:30	162441	34,97 %	9554	-1,72 %
19:45	171782	36,98 %	9341	-2,28 %

Dates	Intensitat	%	Difer. (15Min)	% Difer.
15:15	9691	2,09 %	9691	
15:30	20035	4,31 %	10344	6,31 %
15:45	29935	6,44 %	9900	-4,48 %
16:00	39297	8,46 %	9362	-5,75 %
16:15	48609	10,46 %	9312	-0,54 %
16:30	58035	12,49 %	9426	1,21 %
16:45	67340	14,50 %	9305	-1,30 %
17:00	76484	16,46 %	9144	-1,76 %
17:15	85613	18,43 %	9129	-0,16 %
17:30	95711	20,60 %	10098	9,60 %
17:45	105694	22,75 %	9983	-1,15 %
18:00	115659	24,90 %	9965	-0,18 %
18:15	125384	26,99 %	9725	-2,47 %
18:30	135542	29,18 %	10158	4,26 %
18:45	144936	31,20 %	9394	-8,13 %
19:00	154403	33,24 %	9467	0,77 %
19:15	164047	35,31 %	9644	1,84 %
19:30	173551	37,36 %	9504	-1,47 %
19:45	182704	39,33 %	9153	-3,83 %

Dates	Intensitat	%	Difer. (15Min)	% Difer.
15:15	7668	1,65 %	7668	
15:30	16168	3,48 %	8500	9,79 %
15:45	24363	5,24 %	8195	-3,72 %
16:00	32410	6,98 %	8047	-1,84 %
16:15	40438	8,70 %	8028	-0,24 %
16:30	48487	10,44 %	8049	0,26 %
16:45	56201	12,10 %	7714	-4,34 %
17:00	64039	13,79 %	7838	1,58 %
17:15	72078	15,52 %	8039	2,50 %
17:30	80993	17,43 %	8915	9,83 %
17:45	90172	19,41 %	9179	2,88 %
18:00	99373	21,39 %	9201	0,24 %
18:15	108854	23,43 %	9481	2,95 %
18:30	118822	25,58 %	9968	4,89 %
18:45	128641	27,69 %	9819	-1,52 %
19:00	138140	29,74 %	9499	-3,37 %
19:15	147897	31,84 %	9757	2,64 %
19:30	157463	33,90 %	9566	-2,00 %
19:45	166843	35,92 %	9380	-1,98 %

Figura 18. *Taula de comparatives*

7.8 Mobilitat

A mesura que avança l'operació especial, a la part inferior de la pantalla es mostra la informació sobre la mobilitat. Apareixen tres dades importants:

- Intensitat d'entrada acumulada.

- Intensitat de sortida acumulada.
- Flux Net acumulat.

***Figura 19**. Informació sobre la mobilitat*

8. PLANIFICACIÓ I ESTUDI ECONÒMIC

8.1 Planificació

L'execució d'aquest projecte es va planificar per tenir una durada màxima d'un trimestre. Com mostra el diagrama de Gantt la durada del projecte ha estat de 51 dies laborables.

Cal remarcar que en un inici no es va preveure l'optimització de la Base de Dades, i convé destacar que finalment el temps dedicat a aquest punt ha estat clau per poder assolir els requisits d'aquest projecte.

Id.	Nom de la tasca	Inici	Fi	Durada
1	Anàlisi dels requeriments	02/09/2013	06/09/2013	5d
2	Especificació i disseny	09/09/2013	20/09/2013	10d
3	Optimització de la BD	23/09/2013	03/10/2013	9d
4	Proves BD	04/10/2013	07/10/2013	2d
5	Disseny interfície	07/10/2013	11/10/2013	5d
6	Codificació	14/10/2013	01/11/2013	15d
7	Proves	04/11/2013	08/11/2013	5d
8	Redacció de la memòria	21/10/2013	22/11/2013	25d

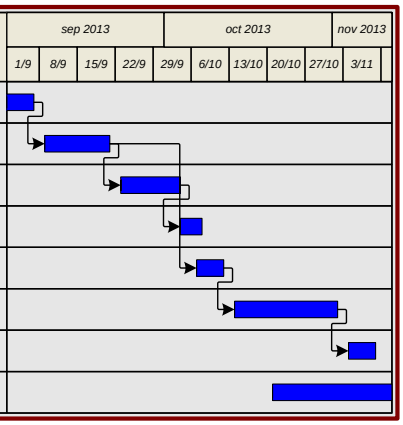


Figura 20. *Diagrama de Gantt*

8.1.1 Anàlisi dels requeriments

Aquest procediment el vaig realitzar conjuntament amb el personal del Servei Català de Trànsit. Va ser un procés de descobriment, refinament, modelatge i especificació. Es van definir els detalls dels requisits del sistema i les funcionalitats del programari.

La setmana que va durar el procés vaig plantejar al client la meva idea inicial. Ambdues parts vam tenir un paper molt actiu, i per la meva banda vaig actuar com a interrogador, com a consultor i com a negociador.

En aquesta etapa vaig passar per les següents fases:

- Plantejament i reconeixement del problema.
- Avaluació i síntesi.

- Modelatge.
- Especificació.
- I finalment la revisió.

Un cop aclarits tots aquests punts es va passar a la següent part del projecte.

8.1.2 Especificació i disseny

Va ser una de les fases més importants del projecte. En aquesta etapa vaig plasmar sobre paper totes les classes, mètodes i variables que tindria el futur programa. Vaig anar dividint el problema en mòduls per facilitar-ne després la codificació.

Vaig generar un diagrama UML i els casos d'ús més importants. D'aquesta manera el personal del Servei Català de Trànsit va poder comprendre el futur sistema que s'implementaria i posar de manifest alguns canvis que consideraven útils.

8.1.3 Optimització de la base de dades

Com he explicat anteriorment, en aquesta fase del projecte vaig aprofitar la migració d'Oracle 9i a Oracle 10g, per optimitzar les taules que contenen més informació i sobre les quals es realitzen més operacions.

Abans de passar la Base de Dades a producció vaig crear una màquina virtual que seria on faria les proves. Un cop instal·lat l'esquema de la Base de Dades al servidor virtual, vaig particionar les taules, els índex i dividir els tablespaces.

8.1.4 Proves de rendiment de la base de dades

Vaig procedir a la càrrega de tota la informació (tots els registres de totes les taules) i vaig executar un banc de proves. Els resultats van ser satisfactoris en comparació amb l'antiga versió d'Oracle. Finalment vaig procedir a instal·lar la Base de Dades definitiva i la vaig posar en producció.

8.1.5 Disseny de la interfície

El primer pas va ser dibuixar els formularis amb un eina de disseny, concretament vaig utilitzar MS Visio, atès que és un eina que utilitzo habitualment a la feina.

Vaig presentar aquests formularis al client i com que van quedar satisfets amb el disseny i la forma de mostrar la informació, vaig procedir a la codificació.

8.1.6 Codificació

Personalment va ser la part més "divertida" del projecte. Aprendre un nou llenguatge de programació, afrontar els problemes i buscar alternatives per solucionar-los ha estat gratificant. El llibre de Francisco Charte (veure referència [8]) i el d'Alfonso González (veure referència [9]) van ser un bon punt de partida.

Va suposar una fase d'investigació i documentació de totes les possibilitats que ofereix el C#. Gràcies a la gran quantitat d'informació que existeix a la xarxa, el projecte va progressar satisfactòriament.

8.1.7 Proves

Un cop finalitzada la codificació, vaig procedir a analitzar tots els resultats i comportaments de l'aplicació. Vaig ajustar algunes parts del codi per augmentar el rendiment, com per exemple, de la importació de les dades dels períodes de referència. En un principi vaig crear fitxers de text, però finalment em vaig decantar per usar un full de càlcul, ja que existeixen mètodes de càrrega massiva de dades mitjançant les API de MS Excel.

També vaig corregir els errors que van sorgir amb el control de les gràfiques (Dundas Chart), a l'hora de mostrar les dades.

8.1.8 Redacció de la memòria

Aquesta part m'ha suposat fer una recopilació de tota la documentació generada durant tot el projecte. Des dels primers esquemes plasmats a llapis, documentació del processament de les dades de trànsit, migració de la Base de Dades, representació gràfica i numèrica de les dades i els formularis de l'aplicació.

Un cop ordenada tota la informació i basant-me en el guió facilitat per la tutora, vaig començar a redactar tots els punt pels quals ha passat el projecte.

El present document és molt gràfic, atesa la meva experiència generant ofertes tècniques per a clients finals sense coneixements informàtics específics, un entorn en el qual una imatge val més que mil paraules.

8.2 Estudi econòmic

COST TECNOLÒGIC

La realització de l'estudi econòmic es compon de dues parts: les llicències del programari necessàries i les hores del personal implicat en el desenvolupament i les proves.

Cal remarcar que la llicència de l'entorn Microsoft Visual Studio no s'ha hagut d'adquirir atès que l'empresa Indra ja disposa d'un contracte Open Business amb Microsoft. El mateix cas succeeix amb la llicència d'Oracle. Tanmateix se n'ha inclòs els preus per tenir una estimació del cost total.

PROGRAMARI	PREU
Microsoft Visual Studio 2010	*387,00€
Dundas Dashoboard	248,00€
Oracle 10g	**24.240,00€
TOTAL	**24.875€**

* La llicència del MS Visual Studio no s'ha hagut d'adquirir, ja que es disposava d'una.

** La llicència d'Oracle tampoc s'ha hagut d'adquirir, el cost d'aquesta es calcula en funció dels Cores del Servidor (12.120€ per CPU).

COST DEL PERSONAL

La següent taula mostra el personal necessari per dur a terme aquest projecte. En aquest cas, jo he assumit tots el rols del personal.

PERSONAL	PREU HORA	HORES	TOTAL
Analista	35	120	4.200€
Dissenyador	28	40	1.120€

Programador	30	160	4.800€
Administrador BD	30	80	2.400€
Total			**12.520€**

COST TOTAL

COST TECNOLÒGIC	COST PERSONAL	TOTAL
24.875€	**12.520€**	**37.395€**

El cost total d'aquest projecte no inclou cap tipus de maquinari, ja que el Servei Català de Trànsit ja disposava dels equips necessaris.

9. CONCLUSIONS I TREBALL FUTUR

Dur a terme aquest projecte m'ha suposat l'aprenentatge d'un nou llenguatge de programació, atès que és el primer programa que desenvolupo amb Visual C#. Ha resultat ser més factible del que inicialment imaginava ja que és un llenguatge que té moltes similituds amb d'altres que hi estic familiaritzat (C, C++, Java...). Convé destacar que existeix una elevada documentació sobre aquest llenguatge i un gran nombre de llocs web amb exemples pràctics.

Crec que s'han assolit els objectius i requeriments plantejats a l'inici del procés, he introduït millores a mesura que avançava en la codificació que no han suposat un canvi de rumb important, però que han fet més còmode la usabiliat de l'aplicació.

Un punt clau que he inclòs en aquest projecte ha estat l'aprofundiment sobre el SGBD d'Oracle. Des de l'any 2009 he estat l'administrador de la Base de Dades històrica en la versió Oracle 9i. Migrar aquesta BD i optimitzar-ne el rendiment ha estat un procés gratificant perquè és un dels sistemes més importants del manteniment i els resultats han estat esplèndids. No tan sols n'ha millorat el rendiment, si no que també s'han disminuït les hores dedicades a la supervisió de la BD.

La tasca més difícil ha estat cercar un equilibri entre les funcionalitats que ofereix aquest programari amb les necessitats del client, atès que el Servei Català de Trànsit desitja conèixer amb antelació el punts més conflictius de la xarxa viària catalana i aquesta tasca no és tan factible. He deixat la porta oberta a un futur creuament de dades de trànsit amb la base de dades de retencions i d'aquesta manera intentar "predir" els possibles punts crítics en funció de l'operació especial.

Aquest projecte no s'acaba aquí, com a treball futur tinc previst implementar noves gràfiques que mostrin la mobilitat per a cada carretera i així conèixer quines són les vies amb més intensitat respecte a les altres. Aquesta tasca requerirà crear un gràfic radial, també conegut com a gràfic aranya.

Una altra implementació pendent serà poder emmagatzemar les dades de totes les operacions especials i caps de setmana a la Base de Dades, és a dir, un cop finalitzat el

període de l'estudi i validades les dades de trànsit, afegir una opció en la qual s'insereixin les dades definitives. Aquesta opció donarà lloc a poder consultar sempre les dades directament de la taula d'estudis, sense haver de carregar-les mitjançant un full de càlcul prèviament generat.

L'exportació del full de càlcul també és una de les millores que tinc pendents d'aquest projecte. És interessant generar un full de càlcul no només amb les dades numèriques, sinó que també seria interessant disposar dels gràfics tant per carreteres com pel conjunt de l'anell.

Un altra eina interessant que es podria integrar dins d'aquest projecte o bé complementar-lo, seria afegir una opció per comparar les dades de les estacions bàsiques i reserva, de forma que comparant aquestes estacions s'asseguraria el correcte funcionament de les ETDs, ja que les dades han de ser idèntiques atès que aquests punts de mesura es troben instal·lats gairebé als mateixos punts quilomètrics.

El resultat obtingut ha estat satisfactori tant per part meva com per part del client, ja que suposa una gran millora en la agilitat per crear estudis de trànsit. Ha dotat al Servei Català de Trànsit d'una eina senzilla, ràpida i que facilita una informació de gran utilitat.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] C. C. Team, «c-sharpcorner,» [En línia]. Available: http://www.c-sharpcorner.com. [Últim accés: 10 10 2013].

[2] CodeProject, «codeproject,» [En línia]. Available: http://www.codeproject.com. [Últim accés: 10 10 2013].

[3] Dani, «daniweb,» [En línia]. Available: http://daniweb.com/software-development/. [Últim accés: 27 09 2013].

[4] Dundas, «web dundas,» [En línia]. Available: http://www.dundas.com. [Últim accés: 20 10 2013].

[5] C. Larman, UML y Pattrones, 2ª ed., Pearson, 2002.

[6] Oracle, «web d'Oracle,» [En línia]. Available: http://www.oracle.com. [Últim accés: 10 09 2013].

[7] T. Hall, «Oracle base,» [En línia]. Available: http://www.oracle-base.com. [Últim accés: 12 09 2013].

[8] F. Charte, Viscual C# 2005, 1ª ed., Anaya, 2006.

[9] A. G. Perez, Programación de Base de Datos con C#, 1ª ed., Ra-MA, 2010.