

Títol del treball: Estudi de la dispersió de núvols tòxics al municipi de Tarragona i la seva replanificació preventiva.

Estudiant: Marc Llop Iglesias

Grau en: Ciències ambientals

Correu electrònic: welbis1991@hotmail.com

Tutor: Maria Jose Martin Sanchez

Cotutor*: Joan Carles Frances

Empresa / institució: Serveis territorials de Tarragona.

Vistiplau tutor (i cotutor*):



A blue ink signature, likely belonging to Maria Jose Martin Sanchez, the tutor.

Nom del tutor: Maria Jose Martin Sanchez

Nom del cotutor*: Joan Carles Frances

Empresa / institució: Serveis Territorials de Tarragona

Correu(s) electrònic(s):

maria.martin@udg.edu jcfrances@gencat.cat

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació:

Estudi de la dispersió de núvols tòxics al municipi de Tarragona i la seva replanificació preventiva.



Marc Llop Iglesias

Treball Final de Grau

Ciències Ambientals, Setembre 2016

INDEX

Resums	3
1. Introducció	6
1.1 Entorn i problemàtica	6
1.2 Situació geogràfica	6
1.3 Origen de les dades i selecció	7
1.4 Estabilitats atmosfèriques	8
1.5 Models de càlcul i de dispersió amb el programa ALOHA	8
1.6 Legislació europea, estatal i autonòmica sobre accidents industrials	10
2. Objectives	11
3. Metodologia	12
3.1 Conceptes utilitzats i claus per la interpretació de dades	12
3.1.1 Compostos químics i característiques	12
3.1.2 Explicació del software ArcGis	12
3.1.3 Toxicologia i estudi dels llindars a utilitzar	13
3.1.4 Planejament geogràfic	13
3.2 Tractament de dades primàries mitjançant el software ALOHA®	15
3.3 Interpretació geogràfica i tractament de dades per l'objectiu secundari	16
3.4 Replanificació territorial i anàlisi del POUM	19
4. Resultats	22
4.1 Abast dels escapaments	22
4.2 Danys sobre la població	25
4.3 Pla d'ordenació municipal	26
5. Conclusions	30
6. Reflexió ètica	31
7. Bibliografia	32

RESUM

El propòsit d'aquest treball és determinar les conseqüències que tindria un accident a la indústria química de Tarragona sobre el municipi.

Es comença el treball escollint les empreses que potencialment poden presentar els accidents més greus del sector, seguint els consells dels Serveis Territorials de Tarragona. D'aquest mateix servei és d'on s'ha extret informació bàsica per l'estudi.

Primerament s'ha delimitat l'abast que tindrien els núvols tòxics formats per un escapament de gas. Aquesta tasca s'ha realitzat mitjançant un software anomenat ALOHA®, que empra els models Gaussians per a la determinació de la propagació dels gasos. Aquests models aporten informació sobre la concentració i posició dels plomalls formats. En el mateix programa informàtic es fixen uns llindars mínims de concentració, que basats en els estudis realitzats per la EPA (Environmental Protection Agency), donen a conèixer els efectes d'aquests gasos sobre la salut de la població. Aquests intervals s'anomenen llindars AEGL.

Un cop delimitats els abasts dels plomalls generats per un accident potencial, cal determinar els danys sobre la salut de la població. A tal efecte s'han utilitzat dues equacions. La primera ha estat l'equació proxy que determina concentracions de gasos a l'interior dels edificis en funció de la concentració externa. La segona és l'equació pròbit, que dóna com a resultat valors de probabilitat de població afectada. Per a determinar els efectes sobre la salut humana a la zona, segons ha recomanat els serveis territorials, s'ha agafat els llindars AEGL com una concentració ponderada. A partir d'aquestes equacions es comprova que no hi ha víctimes.

Arribats en aquest punt del treball s'observa que tot i que no hi ha víctimes, sí que hi ha una gran part de la població afectada. Per aquest motiu es fa una reordenació del territori, que pretén incentivar la població futura i actual a habitar zones menys perilloses i allunyades de l'abast dels plomalls. Per a assolir aquest objectiu s'ha realitzat un estudi de perillositat per zones sobre el municipi. En aquesta anàlisi s'ha considerat el perill del les diferents zones segons els nombre d'accidents que les poden afectar, el nombre d'habitants afectats i la influència dels vents més freqüents al municipi. La suma d'aquests factors ha delimitat zones més segures. Aquestes zones posteriorment s'han consultat al POUM (Pla d'ordenament urbanístic municipal) de Tarragona per determinar la seva viabilitat a efectes d'orientar el creixement urbà cap aquestes àrees.

RESUMEN

El propósito de este Trabajo es la determinación de las consecuencias que un accidente químico industrial tendría sobre el municipio de Tarragona.

Se empieza el Trabajo escogiendo las empresas que potencialmente pueden presentar los accidentes más graves del sector, siguiendo los consejos de los Servicios territoriales de Tarragona. De este mismo Servicio se ha adquirido la información básica para el estudio.

Inicialmente se ha delimitado el alcance que tendrían las nubes tóxicas formadas por un escape de gas. Esta labor se ha realizado mediante un software llamado ALOHA®, que utiliza modelos Gaussianos para la determinación de la propagación de los gases. Estos modelos aportan información sobre la concentración i posición de la columna de humo formada. En el mismo programa informático se fijan unos niveles mínimos de concentración, que basados en estudios realizados por la EPA (Environmental Protection Agency) , dan a conocer los efectos de estos gases sobre la salud de la población. Estos intervalos se llaman niveles AEGL.

Una vez delimitados los alcances de las columnas de humo generadas por accidente, es menester determinar los daños sobre la salud de la población. Para eso se han utilizado dos ecuaciones. La primera ha sido la proxy, que determina concentraciones de gases en el interior de los edificios en función de la concentración externa. La segunda es la ecuación probit, que da como resultado valores de probabilidad de población afectada. Para determinar los efectos sobre la salud humana en la zona, según ha recomendado los Servicios territoriales, se ha escogido los niveles AEGL como una concentración ponderada. a partir de estas ecuaciones se comprueba que no hay víctimas.

En este punto del Trabajo se observa que, aunque no haya víctimas, si hay una parte de población afectada. Por esta razón se realiza una reordenación territorial, que pretende incentivar la población actual y futura a habitar zonas menos peligrosas y alejadas del alcance de las nubes tóxicas. Para cumplir este objetivo se ha realizado un estudio de peligrosidad por zonas sobre el municipio. En esta análisis se ha considerado el peligro de las diferentes zonas según el número de accidentes que puedan afectar, el número de personas afectadas y la influencia de los vientos más frecuentes del municipio. La suma de estos factores ha delimitado zonas mas seguras. Estas zonas, posteriormente, han sido consultadas en el POUM (plan de ordenación urbanístico municipal) de Tarragona para determinar su viabilidad a efectos de orientar el crecimiento urbano hacia estas zonas.

SUMMARY

The purpose of this work is the determination of the consequences produced by an hypothetical accident in the chemical industry over the municipality of Tarragona.

At the beginning, it has been chosen some enterprises that may potentially have the most serious accidents on the sector. The enterprises have been chosen according to the recommendation of "Serveis Territorials de Tarragona". All the basic data used along this work has been taken from "Serveis Territorials de Tarragona".

The first data treatment has been about the determination of the extension occupied by the toxic clouds made of gas escapement. This labor has been done by means of a software called ALOHA®, which uses Gaussian models to determinate the different propagations of the gases. These models provide information about the concentration and the situation of the displaced clouds. Same software fix thresholds of concentration that are based on clinical studies realized by EPA (environmental protection agency), these studies make us know about the effects of gases over the population Health. These thresholds are called AEGL.

Once the dispersion behavior is known, the harmful effects to population are determined using the proxy and probit equations. The proxy equation calculates the concentration inside buildings depending on the external concentration. Second equation is called probit and is used to calculate probabilistic results about the affected population. To determinate the effects over the humans, and according to Serveis Territorials de Tarragona, AEGL thresholds were taken as the average concentration. Thanks to those equations it is checked that there are no victims.

The report concludes that there are no victims but the population has been affected. For this reason the last objective is the organization of the urban cores of the municipality. This action pretends to motivate actually and future people to move to zones less dangerous and far away from the toxic clouds ranges. To reach this objective a study about dangerous zones of the municipality has to be done. That analysis has considered the danger of the different zones depending on the number of accidents involved per zones, the number of habitants and the influence of most common winds of the municipality. The sum of all of these factors delineates the safest zones. These zones have been finally consulted on the POUM (municipal urban planning) of Tarragona in order to determinate its viability to guide the urban growth over the safest zones.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Entorn i problemàtica

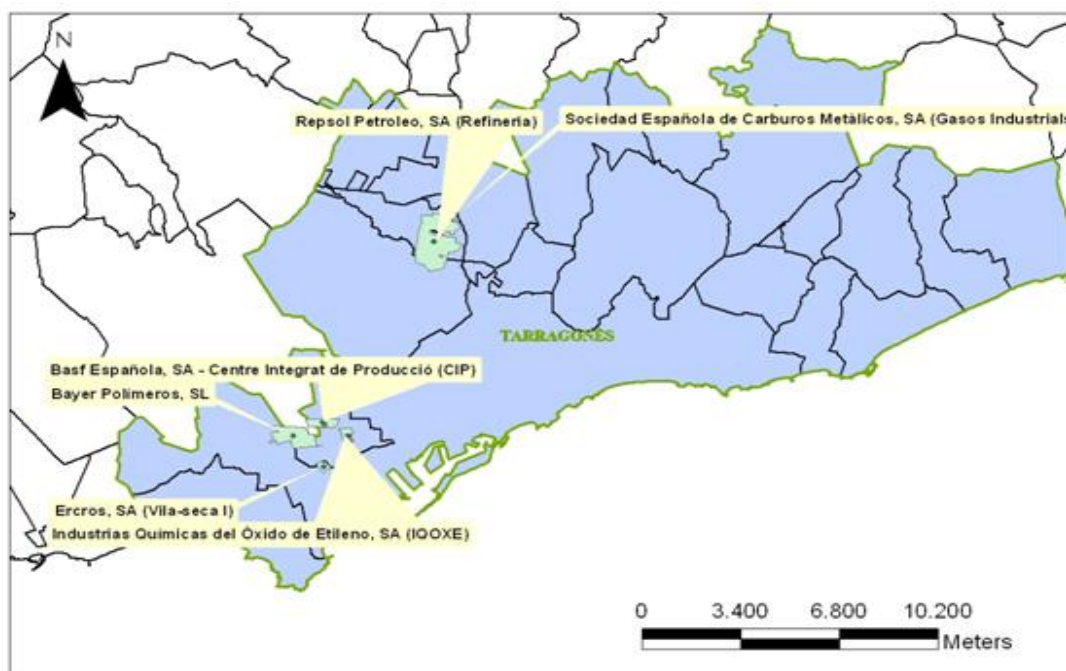
La majoria d'accidents químics suposen un perill greu per als humans i pel medi ambient. A més aquests accidents causen grans pèrdues econòmiques i alteracions al creixement sostenible. Tot i així, l'ús de grans quantitats de productes químics és inevitable en certs sectors industrials els quals són vitals per la societat moderna. Per tal de minimitzar els riscos associats s'ha de prendre unes mesures per prevenir accidents majors i assegurar-nos que mai succeeixin.

En el present treball s'han tingut presents els riscos d'accidents industrials que pot patir el municipi de Tarragona.

S'han considerat cinc escenaris accidentals de gran abast i afectació. Aquests escenaris s'originen amb dades extretes de documents oficials dels serveis territorials de Tarragona. Aquests documents, anomenats "avaluacions de risc" són grans estudis que encarreguen les empreses químiques sobre els seu propis complexos industrials com a seguiment i control de tots els canvis realitzats.

Els serveis territorials de Tarragona, com a entitat pública, s'encarrega de orientar i suggerir a les empreses químiques terceres entitats públiques avaluadores. Aquestes empreses es dediquen a comprovar tota la informació elaborada a les avaluacions de risc i corregir, en cas d'error, les dades aportades. A partir de la informació revisada per les entitats avaluadores es redacta l'informe anomenat avaluació de informe de seguretat i ja es poden considerar les dades validades per començar a analitzar el risc que les indústries properes al Municipi de Tarragona representen sobre la població.

1.2 Situació geogràfica



Imatge 1. Localització de les empreses químiques considerades en el treball. Elaboració pròpia. Font: ICC, Protecció civil.

L'escenari considerat per a la mesura de l'impacte d'un accident químic industrial és el municipi de Tarragona.(Imatge 1). Localització de les empreses químiques considerades en el treball.

Com s'observa a la imatge 1, el municipi de Tarragona no conté polígons industrials potencialment perillosos i de gran abast, no obstant es consideren els polígons nord i polígon sud que es localitzen en altres municipis.

El polígon nord es troba al nord/nord-est del municipi de Tarragona i està comprès dins dels municipis de La Pobla de Mafumet i El Morell. Representa les empreses Repsol Petróleo i Carburos Metálicos, considerades en aquest estudi. El polígon sud en canvi es troba al est del municipi de Tarragona i està comprès entre els municipis de La canonja Tarragona i Vila-Seca. No obstant les empreses químiques objectes d'estudi; Basf, IQOXE, Ercros I, Bayer Material Science (actual Covestro), estan totes compreses entre el municipi de Vilaseca o La canonja. Així doncs, tots els polígons industrials es troben a una distància mínima de seguretat respecte els nuclis urbans del municipi de Tarragona.

S'ha cercat les condicions meteorològiques del municipi de Tarragona al IDESCAT, servei meteorològic de Catalunya i a les dades consultades en les avaluacions dels informes de seguretat de cada empresa. La conclusió extreta és que a Tarragona hi predominen vents de component nord o de tramuntana. Les condicions d'estabilitat més probables, tot i dependre de la hora o la radiació solar són les condicions estables (E i F). Vegeu l'**apartat 1.4** de la introducció per a més informació respecte les estabilitats atmosfèriques.

1.3 Origen de dades i selecció

Les dades emprades per a l'estudi s'han extret de les avaluacions dels informes de seguretat redactats per les empreses avaluadores i s'han escollit segons els criteris següent:

En primer lloc s'han escollit els productes químics de empreses que el personal tècnic dels Serveis Territorials de Tarragona ha recomanat, coneixent la seva perillositat potencial.

En segon lloc s'han escollit les condicions que afavoreixen la creació de núvols de diferents naturaleses. Resumidament, els núvols formats són resultat de les estabilitats atmosfèriques i els vents formats. Aquells núvols originats en condicions atmosfèriques estables seran de major abast i concentració menor als que siguin de condicions atmosfèriques inestables. Per tant, tenint en compte aquestes premisses i el que s'ha dit en l'apartat 3.1, que diu que els nuclis urbans es troben separats dels polígons industrials, s'ha escollit aquells escenaris on les condicions atmosfèriques estables (estabilitats E i F) i per tant aquells núvols de major abast. Per entendre el funcionament de les estabilitats atmosfèriques **vegeu l'apartat 1.4**, a la introducció.

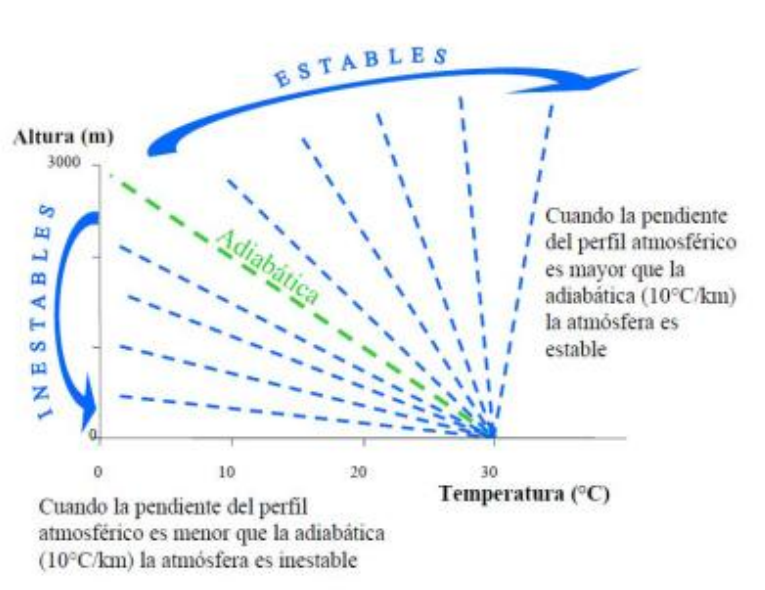
En tercer lloc, s'ha de complir amb la condició de probabilitat mínima de accident. És a dir, si el mecanisme iniciador de l'accident, com per exemple el trencament d'una canonada, té una probabilitat de que això succeeixi menor o igual a 10^{-6} / any, l'accident queda descartat ja que es considera una probabilitat massa petita. En canvi tots aquells accidents que la seva probabilitat per originar-se sigui menor a 10^{-6} / any seran contemplats com a possibles accidents industrials.

Com a últim criteri s'ha considerat l'escenari accidental més catastròfic que complís amb els tres criteris anteriors.

Finalment, les dades seleccionades han estat aquelles que el programa ALOHA® ens requereix per a la seva interpretació de l'avanç del núvol. Aquestes són coordenades geogràfiques de la empresa i cabal màssic (valors subministrats per la pròpia empresa), el temps de fuga (que s'estipula segons les salvaguardes de l'empresa tal i com regeix l'apartat F3-9 de la instrucció 11/2010 del departament d'indústria), estabilitat atmosfèrica, temperatura mitja i velocitat i direcció del vent.

1.4 Estabilitats Atmosfèriques

Les estabilitats atmosfèriques es defineixen a través de la comparació del gradient adiabàtic atmosfèric amb unes condicions de humitat respecte el gradient adiabàtic sec. En aquesta comparació hi haurà un gradient superior, igual o inferior al adiabàtic sec, cosa que ens distingirà condicions estables, neutres o inestables (vegeu imatge 2).



Imatge 2. Esquema per entendre quan els gradients de Temperatura atmosfèrics són estables, inestables o neutres. Font: apunts de l'assignatura de contaminació atmosfèrica.

L'índex utilitzat en aquest treball classifica les estabilitats atmosfèriques en 5 grups (A, B, C, D, E i F), s'anomena el model de Pasquill. Les estabilitats atmosfèriques de Pasquill van de més inestables "A", fins a més estables "F", essent "D" considerada la estabilitat atmosfèrica neutre. Cada estabilitat de Pasquill prové de atmosferes amb diferents radiacions solars, fet que li confereix diferents coeficients de difusió, σ_y σ_z

1.5 Models de càlcul i de dispersió amb el programa ALOHA®

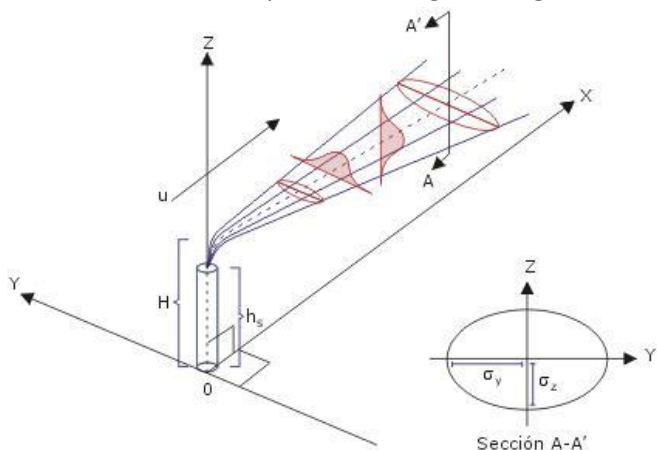
El programa ALOHA® (Areal Locations Of Hazardous Atmospheres) és un programa per ordinador dissenyat específicament per l'ús de persones que responguin a accidents químics, així com per la planificació o entrenament de emergències. L'ALOHA® pot predir els nivells dels quals els valors químics poden arribar assolir a l'atmosfera, amb origen en canonades de gas trencades, fugues de tancs i toll en evaporació. Llavors, pot predir com un núvol de gas perillós pot dispersar-se a l'atmosfera després d'una descarrega accidental.

Com s'ha dit anteriorment, el programa ALOHA® calcula la dispersió dels productes químics a

l'atmosfera. La dispersió és bàsicament el moviment d'un núvol tòxic produït per advecció i difusió. El càlcul realitzat per el programa es basa en un model de dispersió de gasos anomenat, model gaussià (consultar Taula 1).

Taula1. Imatge 1-Equació de distribució Gaussiana pels gasos. Imatge 2-Subconjunt Gy de la equació de distribució Gaussiana. Imatge 3-Subconjunt Gz de la equació de distribució Gaussiana. Font: Doc. "ALOHA® Areal locatious of hazardous atmosferes", technical document; NOAA Technical memorandum NOS OR&R 43.	
1	$\chi(x, y, z, t) = \left(\frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_z(x, z),$
2	$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right],$
3	$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z(x)} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-h_z}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+h_z}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \right\},$
$\sigma_{x, y, z}$: representa el coeficient de dispersió. EX: serà el coeficient de dispersió del eix Z si veiem el símbol (σ_z)	
χ : distribució gaussiana des de un punt estacionari.	
h: alçada de la inversió.	
t: temps d'escapament	
x, y, z: posicions en metres de cada eix on determinar la concentració.	

El model Gaussià diu que el vent (de major importància) i els coeficients de difusió són els factors determinants en la propagació dels gasos per la atmosfera. El vent, juga el paper més important en la dispersió del núvol per l'atmosfera, ja que aquest arrossega les partícules en la seva direcció, formant el plomall (concentració creix en el transcorregut per l'eix X)(advecció). Per altra banda, la difusió es produeix quan el núvol va perdent concentració en el centre del plomall (eix X), però en canvi augmenta el volum (la concentració creix en l'eix Y i Z), això es degut al gradient de concentracions i/o temperatures. Vegeu imatge3.



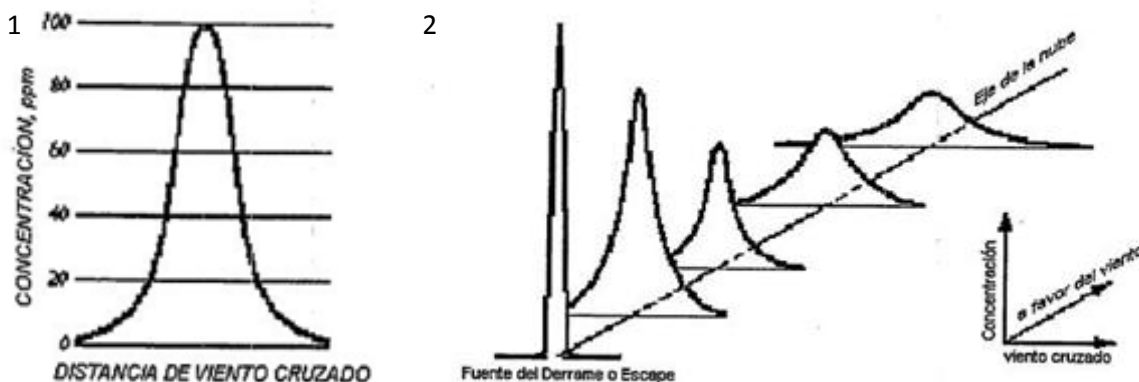
Imatge3. Representació esquemàtica del plomall Gaussià.

Font: http://www.bvsde.paho.org/cursao_meteoro/prologo.html

Així doncs, el comportament del núvol, segons el model Gaussià seria el següent. Disposem de un núvol de contaminant que es propaga en una direcció en concret, es realitza un tall perpendicular a la direcció del vent (agent majoritari del transport del núvol)i es representa un gràfic amb la concentració pròpia del núvol. El gràfic resultant serà amb concentracions altes al centre i

baixes als extrems del núvol. Per exemple, en el moment precís de la descarrega del gas

contaminant, la concentració al centre és molt alta i el gas no s'ha difós molt lluny de la direcció del vent, de manera que un gràfic de concentració en un tall perpendicular a la direcció del vent, tindria aspecte de punxa, a mesura que el núvol avança en la direcció del vent, el núvol es va estenen, majors als extrems. Vegeu imatge 4.



Imatge 4.

Imatge 1, Comportament de la concentració en un tall del plomall. Imatge 2, comportament de la concentració durant l'avanç del plomall. Font: "ALOHA® Manual para usuarios"; EPA; NOAA.

1.6 Legislació europea, estatal i autonòmica sobre accidents industrials químics.

Taula 2: Resum esquemàtic de la legislació. Elaboració pròpia.	
Directiva anterior: 96/82/CE (SEVESO II)	Directiva vigent: 2012/18/UE (SEVESO III)
Reial decret anterior: RD 1254/99	Reial decret vigent: RD 840/2015
Decret: 174/2001	Pendent de redacció

A Europa s'ha buscat la posada en comú d'una legislació per a tots els estats membres, que permeti estandarditzar unes normes de seguretat per al sector industrial i que previnguin accidents greus. En aquest context es va crear la Directiva 82/501/CEE, el 24 de Juny de 1982, la primera directriu Europea creada (SEVESO I). Actualment hi ha vigent la SEVESO III que deroga la seva precursora SEVESO II.

Oficialment, l'objectiu de la Directiva 2012/18/UE és la següent:

A la present Directiva s'estableixen normes per la prevenció d'accidents greus en que intervinguin substàncies perilloses, així com la limitació de les seves conseqüències en la salut humana i el medi ambient, amb l'objectiu de garantir de forma coherent i eficaç un nivell elevat de protecció a tota la unió Europea.

La directiva adjunta especificacions tècniques sobre els establiments afectats per aquesta normativa. A gran trets es resumiria com totes aquelles indústries que continguin o treballin amb productes en una o varies instal·lacions o activitats comunes. Aquest breu resum coincideix amb la naturalesa de les empreses que es tracten en aquest treball.

En el Marc Europeu es creen normes que han de ser complertes per tots els estats. Per això cada estat trasllada els conceptes bàsics de la directiu al àmbit estatal, on la normativa ha de complir uns estàndards mínims o inclús ser més exhaustiva pel que a la regulació refereix. Per això l'estat

espanyol ha redactat el reial decret 840/2015, així com ordena la directiva europea 2012/18/UE.

De la mateixa manera que l'estat espanyol ha de redactar normativa d'acord amb les directrius europees el sector autonòmic d'un estat pot redactar normativa que afecti als seus límits administratius. En aquest cas Catalunya es regeix per normativa antiga, el decret 174/2001, que és la normativa adaptada a la legislació de la SEVESO II, actualment derogada per la SEVESO III. Està pendent la redacció d'un nou decret adaptat a la nova normativa.

A Banda de la normativa esmentada anteriorment hi ha dos lleis més que afecten a les indústries per al compliment de la llei.

La primera d'elles és el RD 1196/2003, redactada per protecció civil. En aquest Reial decret es pretén incorporar fonamentalment canvis sobre el RD 1254/99 en aspectes tant importants com polítiques de prevenció d'accidents greus, l'establiment de sistemes de gestió de seguretat, el desenvolupament de plans d'autoprotecció, la elaboració de informes de seguretat, la consideració de efectes dominós entre indústries en cas d'accident, la realització d'inspeccions, la ordenació territorial tenint en compte el risc d'aquests accidents i la informació al públic.

La segona d'elles és la instrucció 11/2010 redactada per la Secretaria d'indústria i Empresa de la Generalitat de Catalunya. En aquesta instrucció consten els criteris per l'elaboració i avaluació de l'informe de seguretat a presentar pels establiments afectats en nivell alt per la legislació vigent en matèria d'accidents greus.

2. OBJECTIVES

The aim in this report is the study of the municipality of Tarragona in case of chemic industrial accident. Along the redaction of this work there is three main objectives: the toxic clouds dispersion, the damage caused on the population and the preventive urban planning.

2.1-Dispersion of the toxic clouds and its data treatment.

The consideration of 6 accidental scenarios in the worst case possible, the total geographical extension occupied by the toxic clouds calculated by the ALOHA® program and the neighborhoods affected in the municipality of Tarragona by a visual interpretation over maps done with the ArcGis program.

2.2-Estimation of damage caused on people.

It will be considered the damage produced over the people by the chemicals compounds released , the testing of number of kills or if there is no death, analyses which grade of pain can be reached considering AEGL levels proposed in the introduction.

2.3-Planification of the city as a preventive strategy.

It will be considered the urban Planning of Tarragona and the analysis of it, in order to establish zones for the development of the city in a future, according to the protection of Tarragona municipality population. If it would be necessary, the proposal of modifications on the urban Planning in order to improve and protect the city population in a future.

3. METODOLOGIA

3.1 Conceptes utilitzats i claus per la interpretació dels resultats.

3.1.1. Compostos químics i característiques

Per tal de tenir coneixement de quina empresa i/o producte es parla al llarg del treball i per conèixer els símptomes que es poden ocasionar en cas de fuga es presenta la **taula 3** com a recull d'aquest conjunt d'informació.

Taula 3. Taula informativa sobre els efectes dels químics estudiats sobre la salut de les persones. Elaboració pròpia. Font: software ALOHA® (propietats), insht (síntomes).

Nom compost:	Empresa	Punt ebullició	Pes molecular (g/mol)	Síntomes contacte ocular.	Síntomes inhalació
Diòxid de sofre (SO ₂)	Carbuross Metàlics	-10.2°C	64.06	Envermelliment, mal	tos, mal a la gola, panteix, dificultat respiratòria.
Àcid sulfhídric (H ₂ S)	Repsol Petróleo	-60.4°C	34.08	envermelliment dels ulls, mal, cremades profundes greus	Provoca mals de cap, vertigen, tos, mal de gola, nàusees. dificultat respiratòria. Pèrdua del coneixement, símptomes no immediats.
Clor (Cl ₂)	Ercros Vilaseca I	-34.2°C	70.91	lacrígen. Mal, cremades.	tos, mal a la gola, panteix, sibilància, dificultat respiratòria.
Amoníac (NH ₃)	Basf	-33.6°C	17.03	envermelliment dels ulls, mal, cremades profundes greus	Sensació de cremades, tos, dificultat respiratòria, mal de gola, panteix, símptomes no immediats.
Òxid d'etilè (C ₂ H ₄ O)	IQOXE	10°C	44.05	envermelliment dels ulls, mal, visió borrosa.	Tos, somnolència, mal de cap, nàusees, mal de gola, vòmits, debilitat.
Oxiclorur de carboni o fosfè (COCl ₂)	COVESTRO	7.4°C	98.92	envermelliment dels ulls, mal, visió borrosa.	Sensació de cremades, opressió toràctica, mal de gola, tos, panteix, dificultat respiratòria, panteix i símptomes no immediats

3.1.2 Explicació del software Arcgis.

L'ArcGis (GIS = Geographic information system), de la empresa ESRI que serveix per fer gestions geogràfiques informàticament i elaboració de mapes. Aquest programa ha estat emprat per a representar l'abast dels núvols tòxics al llarg del temps i poder visualitzar quins barris del municipi de Tarragona es veuen afectats per cadascun dels diferents escenaris accidentals considerats al llarg d'aquest treball.

Durant el treball es parlarà de "capes", "polígons georeferenciats" o "punts georeferenciats", tots aquests conceptes són referits a informació geogràfica digitalitzada. Les capes són com transparències on hi ha representat geogràficament informació, com per exemple municipis,

ortofotomapes o punts concrets. El solapament de totes aquestes capes dona com a resultat un mapa amb tota la informació del nostre interès, per a poder ser interpretada posteriorment mitjançant el mapa. Els polígons o punts georeferenciats són capes de diferents tipologies (on es dibuixen punts o polígon en funció de la capa) i cada punt o polígon se li assigna unes coordenades amb un sistema internacional comú per tots (ETRS_1989_UTM_Zone_31N), de manera que tota la informació queda situada sobre el mapa correctament i amb els límits establerts pels polígons o línies dibuixats en el mapa.

A part de les capes s'ha d'utilitzar unes "eines" del mateix programa que permet realitzar iteracions entre les capes per retallar, solapar o recalcular capes noves a partir de les existents. Com que per explicar aquestes eines necessitaríem un manual i molta extensió de treball s'adjuntarà a la bibliografia un seguit d'enllaços a la web principal de la casa del programa per tal de consultar-ho si és de interès.

3.1.3 Toxicologia i estudi de límits a utilitzar.

Durant l'estudi s'ha establert valors toxicològics sobre la salut humana. Actualment existeixen multitud d'aquests, però tant protecció civil com el programa ALOHA® utilitzen els mateixos, els AEGL.

Els AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) són valors de toxicitat establerts per la EPA (Environmental Protection Agency) que determinen una concentració (ppm = mg/m³) per cada un dels tres nivells de perillositat existents. És AEGL-1 el menys tòxic, aquest nivell provocaria notable malestar i irritació o certs efectes no sensorials. El AEGL-2, en segon lloc, provocaria efectes duradors sobre la salut, irreversibles o la inhabilitació de la persona per escapar de la zona afectada. Per últim, AEGL-3, el nivell més tòxic provocaria efectes perjudicials per la vida o inclús la mort. A més Cada nivell de AEGL pot tenir diferents valors de concentració, ja que es calcula la concentració tòxica pròpia dels efectes esmentats anteriorment per diferents temps d'exposició (10, 30, 60, 240 i 480 minuts)

Els estudis toxicològics dels AEGLs estan penjats a la pàgina de la EPA i són públics

Per altra banda, s'ha emprat unes equacions probabilístiques que serveixen per determinar el nombre de víctimes que pot tenir un accident industrial químic, segons l'abast del núvol tòxic. Aquestes equacions s'anomenen les equacions pròbit.

Aquestes equacions calculen la probabilitat de dany sobre la població a l'interior de l'edifici, i són fórmules basades en dades d'accidents anteriors, és a dir, empíriques.

A partir de nivells superiors o iguals a AEGL-2 el centre de protecció civil avisa a la població i pren mesures per garantir que la població es resguardi a casa i estigui segura. Per aquesta raó al llarg del treball no s'ha considerat nivell de concentracions equivalents a AEGL-3, ja que no es contempla un escenari tant catastròfic gràcies a la mobilització dels serveis públics.

3.1.4 Planejament geogràfic

Què és el POUM?

El Pla d'ordenació Urbanística Municipal (POUM) és una norma de gran importància, que ordena

urbanísticament la ciutat i el seu terme municipal i dissenya el seu desenvolupament i creixement futurs. La seva vigència és indefinida, però estableix unes previsions temporals per a la seva execució, que normalment abasten períodes de temps considerablement llargs.

El POUM fa previsions i estableix regulacions en matèries que afecten d'una manera o d'una altra tots els veïns de la ciutat: ordenació dels espais públics i de les construccions, habitatge, infraestructures, equipaments públics patrimoni arquitectònic, mobilitat, espais lliures i zones verdes i protecció del medi natural. Classifica les diverses parts del terme municipal en el sòl urbà, urbanitzable i no urbanitzable, i estableix els usos i les activitats que es poden dur a terme en cadascun d'ells.

El POUM està format per diversos documents, d'entre els quals destaquen les normes urbanístiques, els plànols informatius i d'ordenació, el catàleg de béns a protegir, l'agenda i l'avaluació econòmica de les actuacions que preveu, els estudis mediambientals adequats i la memòria social, que ha de contenir les previsions referents a la construcció d'habitatge de protecció pública.

Per a poder realitzar qualsevol edificació sobre el sòl cal conèixer la classificació del sòl.

Què és la classificació urbanística del sòl?

La classificació del sòl a través del planejament general estableix les diferents categories de sòl: urbà, urbanitzable i no urbanitzable.

Els sòls urbans són aquells terrenys sotmesos al procés d'integració del teixit urbà i compten amb tots els serveis urbanístics bàsics (xarxa viària, aigua potable, sanejament, sumministrament elèctric) o bé són compresos en àrees consolidades per l'edificació d'almenys 2/3 parts de llur superfície edificable.

Constitueixen el sòl urbà, els terrenys que, en execució del planejament urbanístic, assoleixen el grau d'urbanització que aquest determina. Poden distingir entre:

- Sòl urbà consolidat (SUC): és tot terreny que tingui la condició de solar apte per l'edificació i compta amb els serveis urbanístics, tenen assenyalades alineacions i rasants i només manca completar la urbanització.
- Sòl urbà no consolidat (SNC): és tot terreny que no té la condició de solar i no ha arribat a tenir una configuració definitiva.

Els sòls urbanitzables són aquells que el pla d'ordenació urbanística municipal considera necessaris per a garantir el creixement de la població i l'activació econòmica del territori. El sòl urbanitzable ha de ser proporcionat a les previsions de creixement de cada municipi. Poden distingir entre: delimitat i no delimitat.

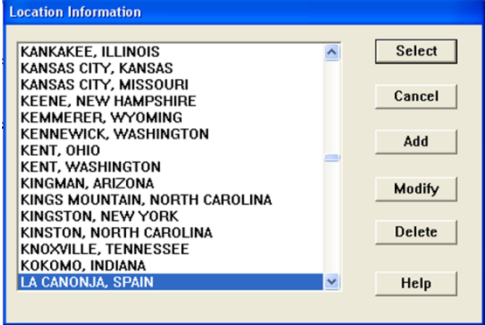
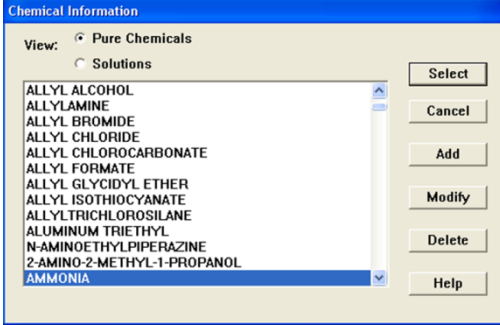
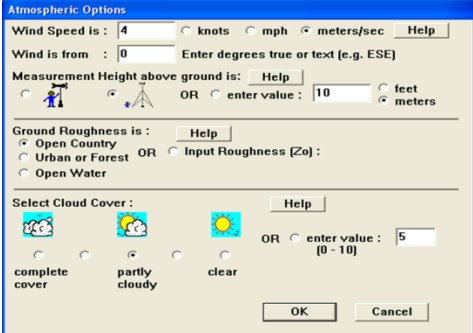
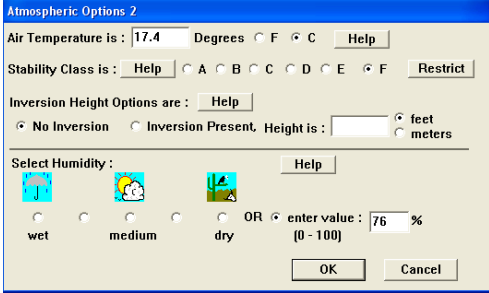
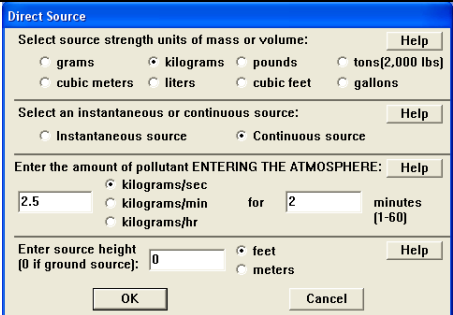
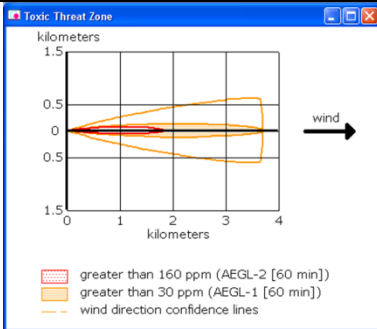
- sòl urbanitzable delimitat (SUD), és aquell que per al seu desenvolupament i transformació urbanística cal la formulació, tramitació i aprovació d'un PPU (pla parcial urbanístic).
- Sòl urbanitzable no delimitat (SND). Té els mateixos drets i objectius que un sòl no urbanitzable fins estar delimitat.

Els sòls no urbanitzables són els espais lliures de processos urbans i esdevenen majoritaris en el territori. En aquest sòl s'engloben totes les activitats i sistemes relacionats amb el medi en tant que tenen interès connector, paisatgístic, forestal, agrari o d'altre tipus, i amb l'objecte de garantir un desenvolupament urbanístic sostenible.

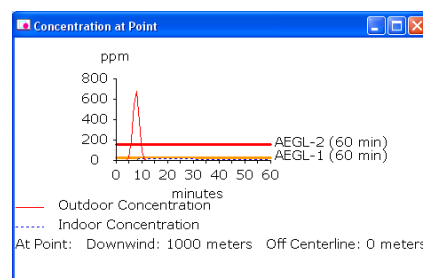
3.2 Tractament de dades primàries mitjançant el software ALOHA®

El primer càlcul realitzat és el del programa simulador de fuites tòxiques "ALOHA®", on entrem les dades i aquest en realitza un gràfic on simula la dispersió del núvol sobre l'espai. Vegeu taula 4.

Taula 4. Procediment seguit amb el software ALOHA®. Elaboració pròpia.

	
Pas 1. Selecció localitat	Pas 2. Selecció producte químic.
	
Pas 3. Condicions. Atmosfèriques	Pas 3. Condicions. Atmosfèriques
	
Pas 4. Cabals i temps fuga.	Pas 5. Representació núvol.

A partir del gràfic final el programa pot elaborar una representació de l'evolució de la concentració durant 60 minuts a una distància en concret del focus emissor (Imatge 5). En aquest gràfic s'hi veuen també els llindars de toxicitat marcats pels valors AEGL (franges horitzontals vermella i groga), comentats a la introducció.



Imatge 5. concentració i llindars AEGL

Amb l'elaboració de aquests gràfics de concentració-temps a diferents distàncies del punt d'emissió s'extreuen la distància recorreguda pel núvol per temps transcorregut. Per aconseguir això s'ha mirat el minut quan comença i acaba la concentració AEGL1 o AEGL2 al núvol tòxic. Amb aquests valors es representa un gràfic binomial de manera que es pot fer la conversió de temps a espai. A partir d'aquest gràfic ja disposarem de la distància recorreguda pel núvol a cada minut transcorregut després de la fuga.

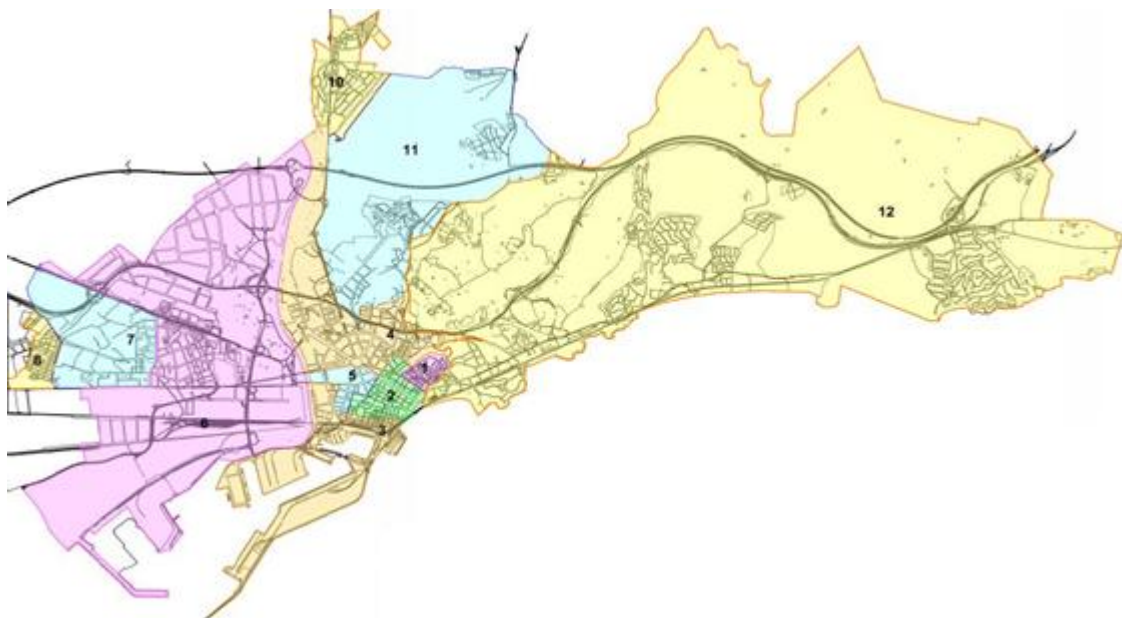
Posteriorment, cal fer un triatge de les dades ja que treballem amb gran volum de dades i convé adaptar-les per tal que es vegin representades el màxim d'empreses en els diferents minuts transcorreguts, ja que per exemple, pot ser que el núvol tòxic d'una empresa en 20 minuts s'hagi extingit i el d'una altre segueixi expandint-se.

Un cop tractades les dades, quedarà representat en forma de anells la distància que ocupa el núvol, transcorregut un temps determinat. Aquesta representació s'efectuarà sobre la localització geogràfica de l'empresa en un mapa. D'aquesta manera hi haurà la representació en 360º de la direcció del vent i es distingiran les zones afectades sigui quina sigui la direcció.

3.3 Interpretació geogràfica i tractament de dades per l'objectiu secundari

A partir de les dades representades sobre els mapes en forma d'avanç del núvol tòxic, es realitzarà, juntament amb un mapa de zones del municipi, una primera interpretació per saber quins barris estan afectats i quines concentracions s'arriben a assolir.

A continuació es presenta el mapa proporcionat per l'Ajuntament de Tarragona on es distingeixen diferents zones (imatge 6). A més, l'ajuntament també proporciona el nombre d'habitants per zona a la seva pagina web (vegeu taula 5).



Imatge 6. Distribució dels barris en el municipi de Tarragona. Font: Ajuntament de Tarragona.

A la taula 5 es numeren les zones i s'hi identifiquen el nombre d'habitants.

Taula 5. Habitants per zones o barris del municipi. Font: Ajuntament de Tarragona. Elaboració pròpia.					
Número	Zona	Habitants	Número	Zona	Habitants
1	Part Alta	3.928	7	Campclar	11.449
2	Eixample Tarragona	10.493	8	Bonavista	8.923
3	Barris Marítims	10.485	10	Sant Salvador	7.035
4	Nou Eixample Nord	25.189	11	Sant Pere i Sant Pau	16.155
5	Nou Eixample Sud	14.883	12	Urbanitzacions de Llevant	12.537

Sobre el mapa de zones de Tarragona, s'ha de diferenciar quines concentracions es poden arribar a assolir sobre la ciutat en cas de fuga i formació de núvol tòxic. Seguint els criteris considerats en els càlculs utilitzats durant el treball, s'ha marcat les concentracions pròpies de AEGL2 i AEGL1 com a llindars diferenciadors, de les quals en coneixem el comportament dels núvols i l'efecte que tenen sobre les persones. Així, es pot determinar fins a quina zona poden arribar a afectar i quins efectes tindran.



Imatge 7. Mapa de distinció dels barris del municipi amb els màxims abasts per concentracions AEGL-1 (imatge esquerra) i per concentracions AEGL-2 (imatge esquerra). Elaboració: pròpia.

Aquest mapa exemplificador (Imatge 7), s'ha tractat amb el programa Arcgis per GEO referenciar-lo i així poder-li aplicar els radi màxim assolible dels núvols tòxics formats en cada cas, ja sigui amb concentracions AEGL2 (àrea en vermell) o AEGL1 (àrea en color mango). Es té com a punt central el focus de l'emissió. En el mapa de la imatge 7 queda representada la àrea màxima que quedarà afectada per qualsevol tòxic, considerant tots els casos. No obstant, s'ha cada cas un per un i tenint en compte les dues concentracions. Al fer-ho, s'ha distingit dins de cada zona si els nuclis urbans han quedat coberts totalment o parcialment per la zona que podria quedar afectada. S'ha considerat que els nuclis urbans quedaven o totalment coberts o parcialment. Un cop determinat el percentatge de cobertura del nuclis urbans s'ha mirat quants habitants podrien quedar afectats. En cas de tenir tota la zona afectada s'ha comptat tots els habitants de la zona, en cas de ser parcialment afectada s'ha comptat la meitat dels habitants, així s'obté una idea aproximada de la gent en risc per cada accident. Vegeu la taula 6 com a resum.

Taula 6. Taula que contempla les zones numerades sobre el mapa de la imatge 6 i en fa un recompte segons la afectació total o parcial per cada accident hipotètic. Elaboració pròpia.

AEGL1			AEGL2	
empresa/compost	nucles urbans afectats (nº = zones)	Habitants	nucles urbans afectats (nº = zones)	Habitants
Carburons metàl·lics	zona 4, 11, 10 i 6 totalment, 1, 2, 5, 7 i 8 parcialment	88.902	zona 10 totalment	7.035
Basf	zona 8 totalment, zona 7 parcialment	14.648	zona 8 parcial	4.462
Repsol	zona 12 parcial, 1-11 totalment	130.494	-	-
Covestro	zona 10, 11 i 12 parcialment, 1-9 totalment	118.899	zona 2-8 totalment, 1 parcialment	99.071
IQOXE	zona 10, 11 i 12 parcialment, 1-9 totalment	118.899	zona 8 i 7 totalment, 6 parcialment	28.215
Ercros	zona 12 parcial, 1-11 totalment	130.494	zona 2 i 4 parcialment; zona 3, 6, 7 i 8	64.383

Amb les concentracions exteriors que es poden arribar a assolir s'efectuen dos càlculs per conèixer si hi pot haver víctimes.

La primera d'elles és una equació proxy. Aquesta fórmula s'empra per obtenir la concentració a l'interior d'un edifici tenint totes les finestres tancades. Aquest càlcul es realitza perquè la primera acció a realitzar en cas d'escapament de producte tòxic és tancar-se a casa fins que protecció civil faci nou avís. A partir de la concentració obtinguda per a l'interior de l'edifici ja es pot aplicar la segona fórmula, que és la equació pròbit. Aquesta equació ha estat desenvolupada a partir d'anteriors successos similars per a conèixer el comportament dels gasos sobre la població. Vegeu les equacions a la taula 7.

Taula 7. Fórmula 1: equació pròbit. Fórmula 2: equació proxy. Elaboració pròpia.

1	$Pr = A + B \cdot \ln(C^n \cdot t)$
2	$\frac{Ci}{Ce} = 1 - \frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta t}$
(1) Pr: valor pròbit, A i B: constants del tipus de lesió i exposició respectivament, C: concentració, t: temps (min), n: exponent sense dimensions, valor característic per cada compost químic.	
(2) Ci: concentració interior edificis, Ce: concentració exterior, β : coeficient de ventilació (2), t: temps (hores)	

Els resultats de l'equació pròbit tenen una taula d'equivalències (Taula 8) que mostren el percentatge de població que resultaria afectada per un determinat nivell de lesions o inclús de mort. A partir d'aquests percentatges i coneixent el nombre d'habitants afectats per barri, proporcionat per l'ajuntament de Tarragona s'extreu un nombre aproximat d'habitants afectats.

Taula 8. Taula d'equivalències probit. Font: INSHT

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%		
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,96	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Per començar es realitza el càlcul de la equació proxy, que mitjançant grau de ventilació, temps d'exposició i concentració exterior ens donarà la concentració aproximada a l'interior de l'edifici. Un cop obtinguda la concentració de l'interior es podrà calcular la equació probit. Aquesta té en compte coeficients de mortalitat, obtinguts de protecció civil i del *instituto nacional de higiene y Seguridad en el trabajo* (insht), que són els coeficients A, B i n. En segon lloc es considera la concentració de l'ambient, que serà la calculada a través de l'equació proxy..

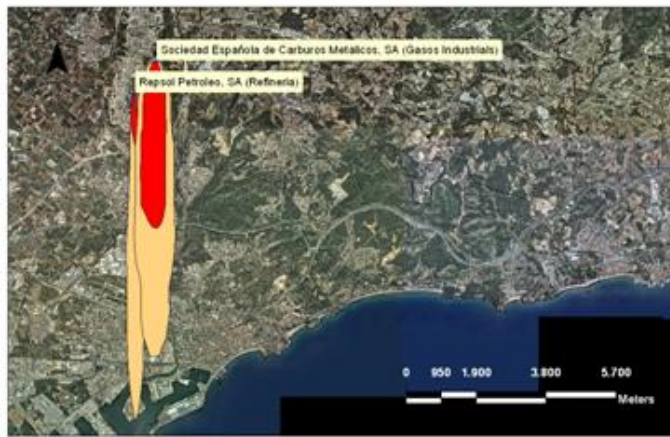
Per escollir el temps d'exposició s'ha consultat a protecció civil i al document de l'institut de seguretat pública de Catalunya, en el que empraven temps similars, a més de comprovar que era un temps mig entre els diferents escenaris accidentals. Per això el temps d'exposició que s'ha fet servir ha estat de 30 minuts (0.5 hores). Per altra banda s'ha volgut tenir en compte 60 minuts d'exposició, ja que els valors de concentració de AEGL estan dissenyat per temps d'exposició de 60 minuts (1 hora).

3.4 Replanificació territorial i anàlisi del POUM

Per poder determinar una zona més adient per al creixement de la població cal estudiar l'efecte dels accidents industrials sobre les diferents àrees del municipi. Per tal d'arribar a alguna conclusió cal considerar diferents criteris per a puntuar el risc sobre el territori. Per a avaluar el risc sobre el municipi de Tarragona s'ha tingut en compte un sistema de puntuació sobre tres factors:

La **direcció mitja del vent** és un factor que determina cap a on s'efectuarà la propagació del núvol tòxic. Com que no es pot determinar el vent en una sola direcció all llarg del treball s'ha tractat la propagació dels núvols en qualsevol direcció possible per a no discriminar cap punt del municipi, no obstant, s'ha donat una plusvàlua de perillositat a aquelles àrees que es troben sota el núvol que es formaria seguint la direcció del vent més comuna. En el cas de Tarragona, es tracta de vent en direcció de nord a sud. Per a comptabilitzar aquest factor s'ha representat la forma del núvol que tindria en les condicions explicades a l'apartat del càlcul de l'abastament dels núvols. El gràfic resultant, que demostra la propagació del núvol, mostra el màxim abast d'aquest amb concentracions de AEGL-2 i AEGL-1. Aquest gràfic s'ha posat a escala sobre el mapa digital en el programa ArcGis, s'ha orientat en la direcció mitja del vent a Tarragona i s'ha digitalitzat la seva forma per tal de poder-li conferir dades per a tractar posteriorment. Un cop es tenen representats els núvols tòxics sobre el mapa es comptabilitza amb a un punt de perillositat per

cada barri que quedi afectat pels núvols tòxics de les concentracions AEGL-1 i 2 punts de perillositat per els de concentracions de AEGL-2. Només s'han representat els plomalls dels gasos provinents del polígon del nord, ja que en el polígon sud la dispersió d'aquests plomalls s'efectuaria sobre indústria i/o mar i no afectaria els nuclis urbans, que són prioritaris. Vegeu imatge 8.

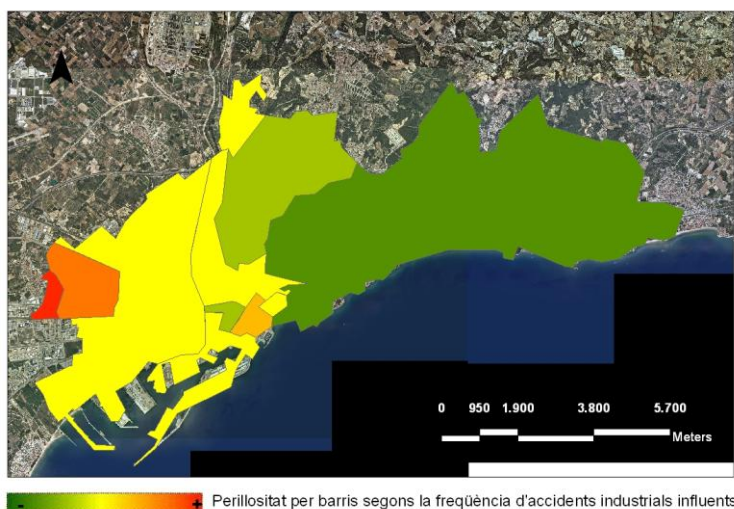


Plomalls format seguint la direcció del vent mitjana a Tarragona.

Imatge 8. Plomalls seguint la direcció mitja anual (Direcció Nord). Elaboració pròpia.

quedava afectat per l'abast màxim dels gasos de cada escenari accidental, a més també s'ha distingit les dues concentracions contemplades (AEGL-1 i AEGL-2). Per a comptabilitzar aquest factor, s'ha puntuat amb 2 punts per cada núvol tòxic de concentració AEGL-2 que arriba a la zona d'anàlisi i amb 1 punt pels núvols de concentració AEGL-1. Cada cop que es conta que un núvol afecta a una zona, s'està contant un escenari accidental. A més, el núvol pot contar-se com núvol de concentració AEGL-2, núvol de AEGL-1 o els dos alhora (vegeu imatge 9). És a dir, Si una zona es veu afectada per dos núvols AEGL-2 i quatre núvols AEGL-1 la seva puntuació serà de:

$$2 \times 2(\text{AEGL-2}) + 4 \times 1(\text{AEGL-1}) = 8 \text{ punts de perillositat.}$$



Imatge 9. Mapa de freqüència d'accidents per barri. Elaboració pròpia.

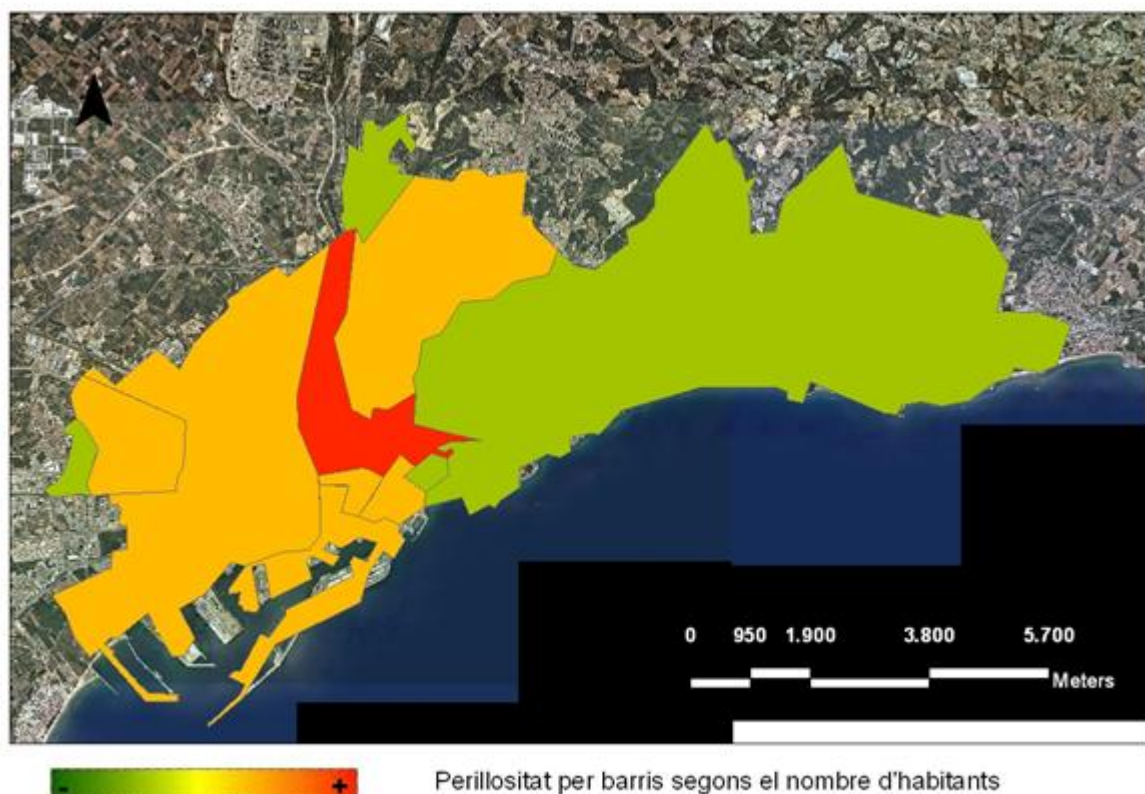
La **freqüència o nombre d'accidents** propers a cada zona és la variable més important en la interpretació de perillositat sobre el municipi. En aquest cas s'ha considerat cada zona i cada escenari accidental per a dotar el mapa de punts de perillositat. Per a realitzar aquesta part s'ha digitalitzat els polígons que distingien diferents zones del municipi de Tarragona en el mapa aportat per l'ajuntament de Tarragona. A cada polígon s'ha mirat si algun del seus nuclis

La **població afectada** en cas d'accident, és el tercer i últim factor contemplat. Aquest apartat s'ha hagut de realitzar de manera aproximada, ja que no s'ha pogut disposar d'una "capa" d'informació per al programa ArcGis prou precisa, que hagués permès determinar el nombre de persones afectades per cada núvol tòxic, sense dependre de zones predeterminades per l'ajuntament. En aquest cas s'ha determinat el nombre de

habitants per zona, dada proporcionada per l'ajuntament de Tarragona. A continuació s'ha distingit els nuclis urbans afectats per la zona de màxim abast dels escenaris de concentracions AEGL-2 i AEGL-1 més grans. En aquest cas però hi ha una diferència, ja que si el núvol afecta a una zona però no afecta a cap nucli urbà, no es comptabilitza com a població afectada. Si per una altra banda, afecta a un o varis nuclis urbans però no a tots, es conta la meitat de la població d'aquella zona com afectada. En cas de ser tots els nuclis urbans afectats es conta tota la població. Aquest procés s'ha realitzat sobre el mapa de l'ajuntament de Tarragona georeferenciat i posteriorment s'ha revisat amb mapes ortofotogràfics del ICC (institut cartogràfic de Catalunya) per comprovar la seva concordança. El sistema de puntuació en aquest cas ha estat el següent:

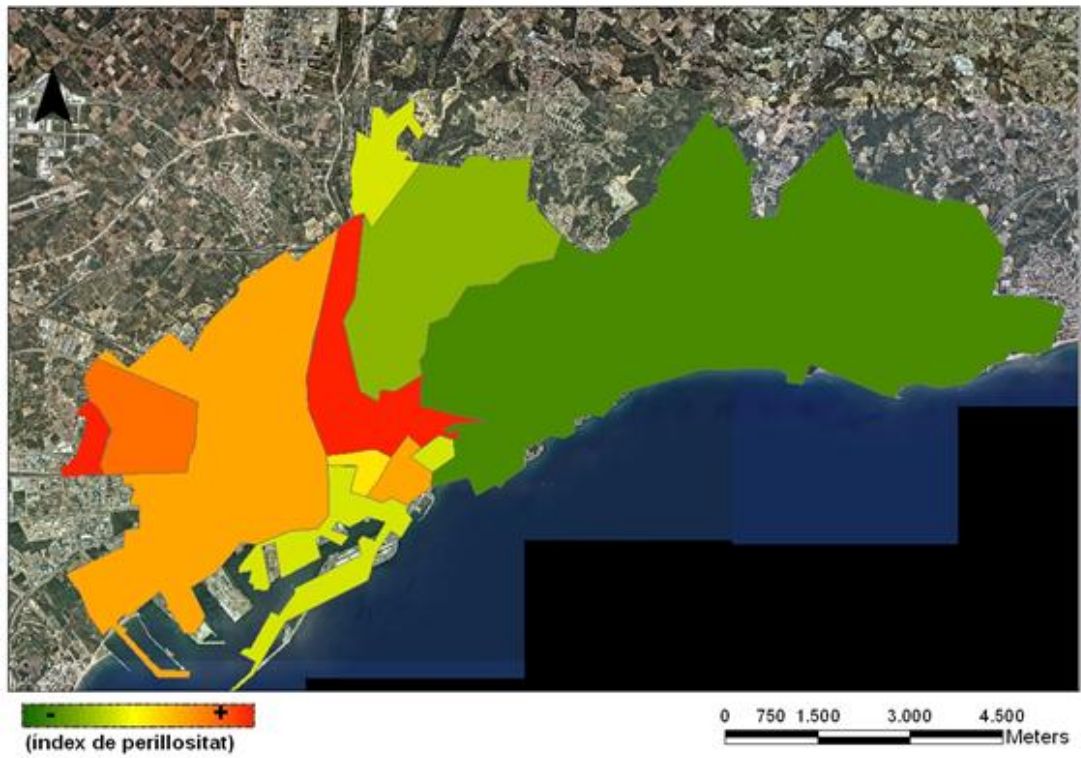
Primer s'ha determinat el nombre d'habitants afectats per cada zona seguint l'explicació anterior. En segon lloc s'ha creat un subsistema de puntuació. Aquest dóna un punt per aquelles zones que té habitants afectats amb un nombre entre 1-10.000, 2 punts entre els 10.000-20.000 habitants i 3 punts entre els 20.000-30.000. Lògicament, si no hi ha cap habitant afectat la puntuació és de 0. Per fer això s'ha distingit els habitants afectats per núvols amb concentracions de AEGL-2 en un cas i els habitants afectats per

En tercer lloc, quan el nombre d'habitants es tradueix en una puntuació, es multiplica per 2 la perillositat dels escenaris de concentracions AEGL-2 i es manté la puntuació de perillositat en els escenaris de concentració AEGL-1. Vegeu imatge 10.



Imatge 10. Mapa de perillositat del barri segons nombre d'habitants. Elaboració pròpia.

Un cop obtingudes totes les puntuacions, es relacionen les zones digitalitzades del municipi de Tarragona amb el sistema de puntuació obtinguda anteriorment. Finalment, es crea una nova taula de dades on es sumen les puntuacions dels tres factors a considerar i això dona com a resultat un mapa que marca les zones que representen major perillositat. Vegeu imatge 11.



Imatge 11 Mapa amb el resultat final de perillositat per barris. Elaboració pròpia. Fonts: Icc, ajuntament de Tarragona

Per a realitzar una ordenació territorial basada en la llunyania respecte els focus emissors de núvols tòxics cal, consultar el POUM en base a uns resultats extrets del anàlisi de l'expansió dels núvols. És a dir, a partir dels coneixements de l'abast dels núvols tòxics es pot delimitar una zona lliure de afectació de núvol tòxic i un altre fora de l'abast dels núvols tòxics mes perillosos, els de la concentració pròpia de AEGL-2.

Aquest anàlisi de dades és bàsicament la consulta de plànols de classificació del sol proporcionats pel pla d'ordenació urbanístic municipal de Tarragona.

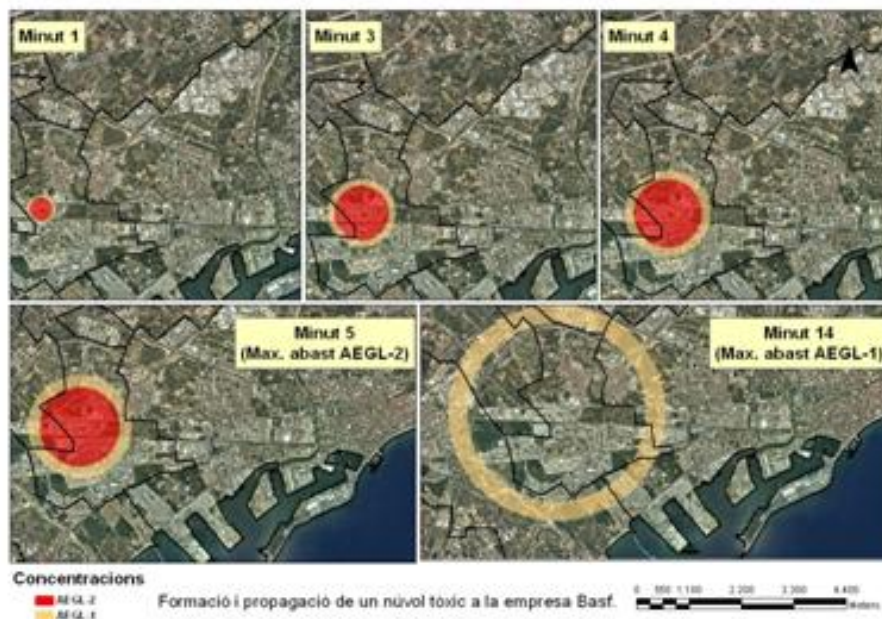
Degut a les grans dimensions dels plànols no ha sigut possible georeferenciar el plànol en el programa ArcGis per a poder digitalitzar les parcel·les disponibles per al replantejament del territori.

Així doncs es genera un llistat amb el nom de les parcel·les a les que es podrien optar per a construir nuclis urbans en un futur.

4. RESULTATS

4.1-Abast dels escapaments.

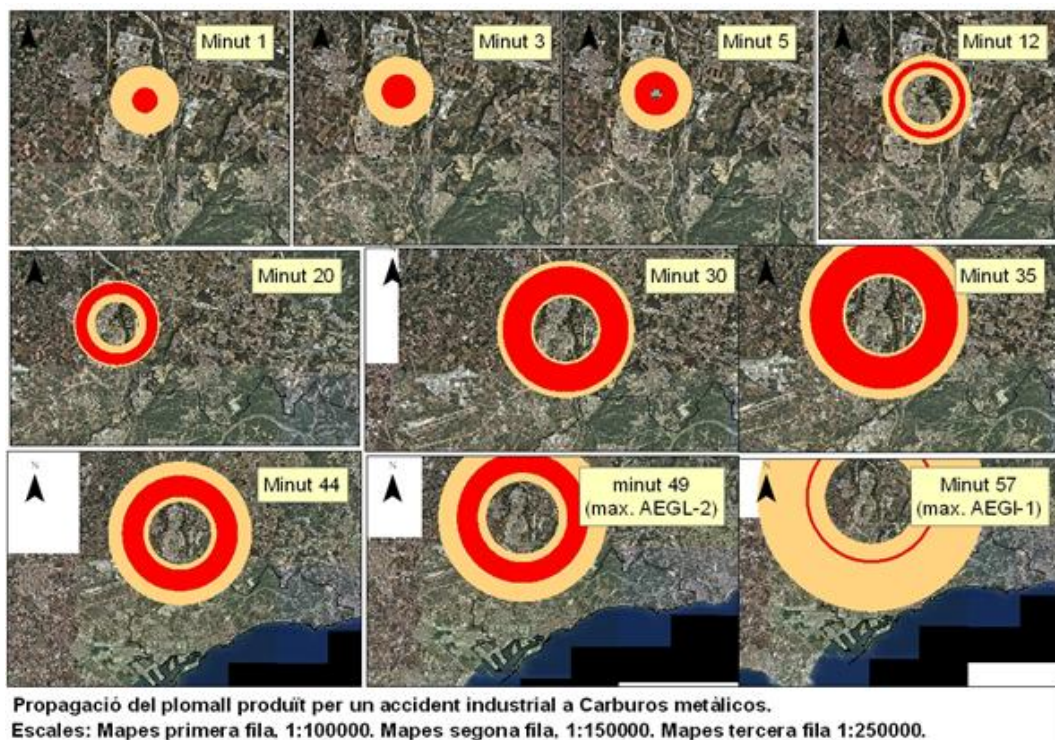
Amb els càlculs realitzats mitjançant el programa simulador d'accidents ALOHA®, obtenim resultats com el comportament del núvol en el temps i distància (vegeu Imatge 12) o l'abast màxim que pot tenir sobre el municipi tenint en compte tots els escenaris considerats (vegeu imatge 14 i taula 9)



Imatge 12. Mapa exemplificador de l'avanç del plomall format a l'empresa Basf. Elaboració pròpia

núvol. Aquesta diferència de concentracions s'ha considerat més endavant en el treball com a dos núvols diferents, així aconseguim diferenciar en un mateix núvol quines zones son afectades per la concentració AEGL-2 i fins on arriba la concentració AEGL-1.

És important fixar-se en el comportament del núvol, en la figura anterior no es distingeix gaire bé el comportament que tenen els núvols tòxics durant la seva propagació, per entendre millor la evolució de la concentració en el temps cal observar la imatge 13.



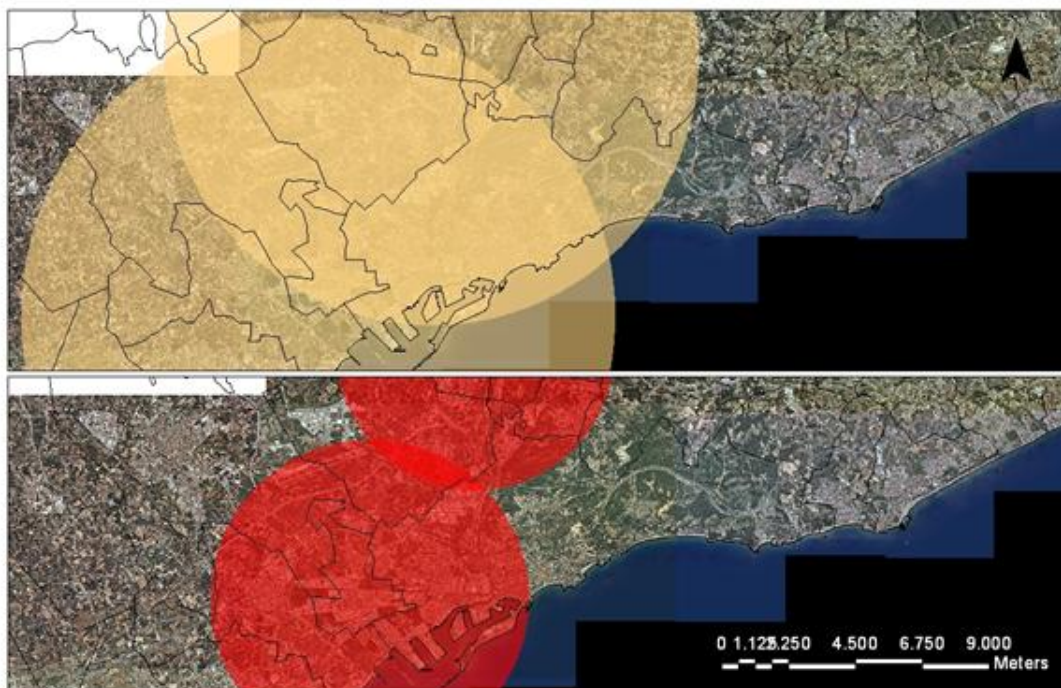
Imatge 13. Mapa del comportament del núvol i la seva concentració. Elaboració pròpia

A la imatge 13 figura anterior s'observa el naixement del núvol tòxic com un cercle vermell (concentració AEGL-2) precedit per la avantguarda del núvol que té concentracions pròpies de AEGL-1 (cercle color mango) i la part posterior manté la concentració AEGL-2. En el minut 12, quan ja ha augmentat l'abast del núvol, es pot arribar a diferenciar en la avantguarda com en la rereguarda del núvol una concentració pròpia del nivell AEGL-1 i al centre és manté en AEGL-2. Això és degut a que la fuga de gas ha estat tallada i per tant el núvol es va disgregant i reduint la seva concentració.

Un cop entès el mecanisme de propagació dels núvols i el comportament de les concentracions al llarg del temps es representaran els radis màxim de les concentracions AEGL-2 i AEGL-1 per tots els escenaris, d'aquesta manera es pot conèixer l'abast màxim dels núvols sobre el territori. Posteriorment, a la imatge 13 es pot veure una imatge simplificada i més clara del abast màxim dels núvols per tots els escenaris i a la taula 9 les distàncies dels abasts màxims per cada empresa. Per poder fer-se una idea de la magnitud.

Taula 8. Mesures de màxims abasts en metres

	AEGL-2	AEGL-1
	Distància (m)	Distància (m)
Repsol	1375	9000
Carburos	4650	7980
Covestro	5350	8450
IQOXE	5350	6910
Basf	850	2280
Ercros	5830	10000



Mapa1. Representació en vermell de l'abast màxim del núvol tòxic en concentracions de AEGL-1

Mapa 2. Representació en vermell de l'abast màxim del núvol tòxic en concentracions de AEGL-2

Les zones Negres i blanques són zones del mapa sense informació

Imatge 14. Mapa dels màxims abasts per concentracions AEGL-2 i AEGL-1

Després de la representació del vent gràcies al programa Arcgis i a les capes d'informació

proporcionades pel ICC s'ha pogut extreure informació com per exemple la àrea afectada per les diferents concentracions del núvol. Quan el núvol es troba en concentracions AEGL-1 té un abast màxim que podria arribar a ocupar fins a 4689Ha (80%) del territori, mentre que si el núvol tingues una concentració de fins els nivells de AEGL-2 el seu abast màxim podria arribar a ocupar 2534Ha (44%) del municipi de Tarragona.

Per altra banda cal afegir que degut a l'origen de l'emissió de gasos tòxics, la dispersió d'aquests ocupa la part occidental del municipi, on es concentra la majoria de la població i on hi ha més activitat social. Aquest fet és preocupant ja que això implica que augmenti el risc sobre la població tal i com s'observa a la imatge 10. En aquest mapa es poden distingir els barris Canonja, Campclar, Torreforta i Nou eixample Nord com els més afectats segons els criteris adoptats en l'apartat 3.4 de la metodologia (consultar la imatge 11). Com es pot comprovar els barris més afectats són els occidentals, uns perquè estan més afectats per la freqüència d'accidents perillosos com són Torreforta, la canonja i Campclar i d'altres per l'elevat nombre d'habitants que hi resideixen com el nou eixample nord.

En canvi la part oriental del municipi es clarament menys poblada, tot i tenir una major superfície, i alhora està més allunyada de les zones amb més risc de entrar dins l'abast d'un accident industrial químic.

4.2-Danys sobre la població.

Un cop analitzats els nuclis urbans afectats per núvols tòxics s'ha realitzat una prova per comprovar els efectes d'aquests sobre la població. S'ha tingut en compte un temps mig de exposició als gasos de 30 minuts i un temps de 60 minuts sota la concentració pròpia de AEGL-1 i AEGL-2 per a cada gas.

Els valors Pr (resultat de la equació pròbit) han estat els següents:

Taula 10. Valors Pr de l'equació pròbit per a l'exterior i interior d'un edifici i per diferents temps d'exposició.		
Elaboració pròpia.		
Tems d'exposició: 60 minuts		
Oxid d'etilè	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-1,051851386	1,123220387
ec. Probit(exterior)	-0,486217525	1,711007052
Fosgè	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-15,2205151	-10,70967886
ec. Probit(interior)	-12,6655746	-8,6160897
Amoniac	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-17,84257319	-11,6434232
ec. Probit(interior)	-15,74103225	-9,547319444
Clor	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-6,865459846	-4,298322559
ec. Probit(interior)	-5,798593815	-3,247812191
Sulfur d'hidrogen	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-24,57979703	-7,364897161
ec. Probit(exterior)	-22,00056275	-4,927367028
Diòxid de sofre	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-11,72715374	-8,913627612
ec. Probit(exterior)	-10,47169604	-7,696008771
Tems d'exposició: 30 minuts		
Oxid d'etilè	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-2,179037047	-4,076761079
ec. Probit(exterior)	-1,179364706	-3,076484691
Fosgè	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-19,65835886	-29,96095584
ec. Probit(interior)	-15,2205151	-26,26278426
Amoniac	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-20,72549516	-22,10799742
ec. Probit(interior)	-17,02335453	-18,40417917
Clor	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-8,316127517	-9,583977303
ec. Probit(interior)	-6,436289221	-7,652304594
Sulfur d'hidrogen	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-28,56530083	-23,63077106
ec. Probit(exterior)	-24,08554947	-19,32814219
Diòxid de sofre	AEGL-1	AEGL-2
ec. Probit(interior)	-14,13193158	-19,818837
ec. Probit(exterior)	-11,92730511	-17,74974143

A partir dels resultats anteriors es comprova a la taula amb els índex de Pr i % de víctimes el nombre de víctimes per zona i gas. No hi ha cap valor Pr que superi el valor mínim com per obtenir un percentatge de víctimes superior al 0%. No obstant, els resultats no són contraris al fet de que es puguin produir fortes olors que vagin acompanyades de malestar i molèsties, com mal de gola, envermelliment dels ulls, llagimeig o irritació nasal.

4.3- Pla d'ordenació municipal.

En aquest apartat es valoraran les zones més adients per a poder reorganitzar la distribució de la població al municipi de Tarragona.

En primer lloc cal determinar quines zones són les més indicades, això dependrà de l'abast dels núvols provocats en els accidents industrials. Per això s'ha agafat sobre un mapa i s'ha determinat l'abast màxim assolit per núvols amb concentracions de AEGL-2 i núvols amb concentracions AEGL-1. A la Imatge 15 es pot distingir la zona disponible per a potenciar el creixement de nuclis urbans.



Imatge 15. Mapa de delimitació de àrees lliures de plomalls tòxics (verd clar) i lliures de plomalls amb concentracions altes (verd fosc). Elaboració pròpia.

El primer raonament que es du a terme és el següent. Convé que la àrea seleccionada per a l'ordenament estigui fora de l'abast dels núvols AEGL-2 sense excepció, ja que aquests representen una toxicitat, encara que no sigui mortal, molt tòxica. A més, és recomanable focalitzar la població en la zona lliure completament de núvols tòxics, tot i que no convé fer-ho una condició sinequanon. Com que en la ordenació geogràfica hi juguen molts factors cal considerar la possibilitat de planificació territorial dins de l'àrea d'influència de núvols tòxics amb concentracions menors o concentracions AEGL-1, que són molestes però no excessivament nocives. D'aquesta manera s'aconsegueix una major superfície per al planejament territorial, com es pot observar a la imatge 15.

Independentment dels mapes elaborats amb ArcGis, ha fet falta consultar els mapes del pla d'ordenació urbanística municipal (POUM) de Tarragona, adjuntats a la bibliografia. En aquests mapes s'ha observat i anotat els recintes delimitats i classificats com a sòl urbà o urbanitzable. Aquest recintes són els que es poden edificar de manera immediata (recintes urbans) o en un

futur després d'una adequació del terrenys i els serveis mínims (llum, xarxa de sanejament, xarxa d'aigües, etc.). Per a poder edificar en aquests terrenys cal estar aprovat mitjançant un pla parcial urbanístic (PPU) i per a que el pla parcial urbanístic aprovi el terreny/solars com a terreny edificable cal demostrar que hi ha com a finalitat el creixement de la població, la promoció urbanística i creixement econòmic. És a dir, convé demostrar que aquella zona queda ben comunicada, serà una zona d'interès, adquirirà homogeneïtat amb la resta de la població o estarà ben comunicada per a afavorir el correcte creixement de la ciutat. També hi ha altre figures de planejament urbanístic que en sòl urbà es destinen a millorar la urbanització, com és el pla de millora urbana (PMU). També existeixen plans especials urbanístics (PEU) de caràcter polivalent que es desprenen de la multiplicitat d'objectius respecte les previsions de planejament general.

Els mapes consultats al POUM de Tarragona disposen de varies zones urbanitzables delimitades disponibles per a l'edificació, ja que han estat aprovades per un pla parcial urbanístic. A més cal tenir en compte les zones delimitades i classificades com a zones urbanes, que es poden edificar si l'ajuntament ho permet. A continuació es presenta dues taules amb informació sobre zones delimitades urbanitzables o urbanes situades a la àrea lliure de núvols tòxics i d'altres situades a l'àrea amb influència de núvols amb concentracions de AEGL-1.

Taula 11. Àrees lliures de la influència de plomalls tòxics contemplades al POUM. Elaboració pròpia.			
PPU (pla parcial urbanístic)	Tipus	Ús sòls	Descripció
PPU-41	SUD	residencial	-zona situada a tocar amb la via del tren. -zona costanera -entre nucli urbà Monnars i la Mora. -no està adjacent a cap sòl urbà consolidat
*SUD (sol urbanitzable delimitat)			
*PPU (pla parcial urbanístic)			

Taula 12. Àrees lliures de la influència de plomalls tòxics de concentracions elevades contemplades al POUM. Elaboració pròpia			
PPU (pla parcial urbanístic)	Tipus	Ús sòls	Descripció
PPU-43	SUD	residencial	-dividit en 2 zones delimitades -properes al golf costa daurada -situats al límit nord-oriental del municipi
PPU-24	SUD	residencial	-sota el nucli urbà Monnars -dividit en dos zones per la xarxa ferroviària -adjacent a la zona PPU-41 de la àrea lliure de núvols
			-Disposa de una tercera zona delimitada al nord del barri de cala romana (zona residencial de la delimitació del centre de Tarragona).
			-Adjacent a la zona delimitada pel PMU-23 i a la zona residencial de Boscos, Monnars de Tarragona, Llevantina-Bònsol
PPU-40	SUD	terciari	-al sud del municipi -entre Solimar i ciutat del repòs
PEU-05	SU	residencial	-situat al sud de la zona residencial de boscos, Monnars de Tarragona, Llevantina-Bònsol -A l'Oest del PEU-05

Continuació de la taula 12-			
PPU (pla parcial urbanístic)	Tipus	Ús sòls	Descripció
PMU-23	SU	residencial	-Adjacent al oest de la zona delimitada pel PEU-05
			-Adjacent al nord del barri de cala romana.
PPU-23	SUD	residencial	-Adjacent a l'est de Cala Romana
PMU-13	SU	residencial	-Disposa de dues zones delimitades -Es troba adjacent al nord del barri de la Vall de l'Arrabassada, barri molt ben comunicat i amb influència sobre el centre de Tarragona
PMU-34	SU	residencial	-adjacent a l'oestde la zona delimitada pel PMU-13. -adjacent al nord del barri de la Vall de l'Arrabassada
PPU-41	SUD	residencial	-Zona delimitada que ocupa la vall del Llorito. -Adjacent al nord-est del centre de Tarragona. -Zona de grans dimensions
PMU-14	SU	residencial	-situat dins del centre de Tarragona i adjacent a la zona delimitada pel PPU-41
PPU-23	SUD	residencial	-Adjacent a l'est de Cala Romana
PMU-13	SU	residencial	-Disposa de dues zones delimitades -Es troba adjacent al nord del barri de la Vall de l'Arrabassada, barri molt ben comunicat i amb influència sobre el centre de Tarragona
PMU-34	SU	residencial	-adjacent a l'oestde la zona delimitada pel PMU-13. -adjacent al nord del barri de la Vall de l'Arrabassada
PPU-41	SUD	residencial	-Zona delimitada que ocupa la vall del Llorito. -Adjacent al nord-est del centre de Tarragona. -Zona de grans dimensions
PMU-14	SU	residencial	-situat dins del centre de Tarragona i adjacent a la zona delimitada pel PPU-41
*SUD (sòl urbanitzable delimitat), SU (sòl urbà), PEU (pla especial urbanístic), PMU (pla millora urbanística), PPU (pla parcial urbanístic)			

Un cop analitzades les taules 11 i 12, sobre les zones delimitades aprovades per algun pla urbanístic es fa una tria sobre quines poden ser les més adequades per al replantejament urbanístic.

En primer lloc s'ha volgut tenir en compte la localització d'aquestes en la zona lliure de l'abast de núvols tòxics. Malgrat això, es pot veure que no hi ha disponibles un gran nombre de zones delimitades pensades per al urbanisme. Per tant es consideren les zones delimitades, més nombroses i extensives, que es trobarien a l'àrea d'influència de núvols AEGL-1.

A aquesta àrea disposem de zones delimitades de grans i petites extensions i amb diferents objectius o propòsits. Així doncs, totes les zones que no siguin d'ús residencial són descartades. A més, totes les zones delimitades de extensions majors es consideren preferents respecte la resta, ja que en cas de creixement o de zona influent de la ciutat cal garantir espai suficient per a un gran moviment de la població. Per últim també es considera altres factors com la mobilitat en transport públic, la proximitat a zones municipals ja consolidades amb residents i negocis, la proximitat amb altres zones urbanitzables i la llunyania respecte la zona de creixement dels núvols.

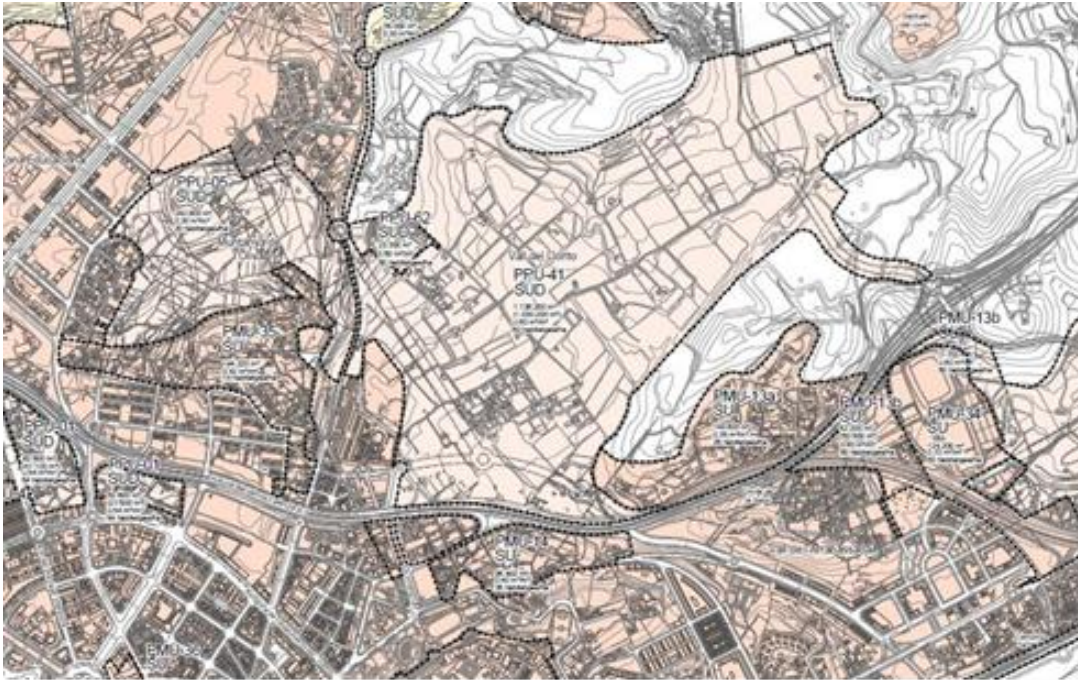
Segons el criteris de selecció argumentats en el paràgraf anterior es descriurà a continuació un anàlisi i recomanació de quina zona seria la mes adient per al creixement urbanístic futur de la ciutat.

La primera zona d'interès, aprovada pel PPU-24 (pla parcial urbanístic- 24), es situa entre la vall de l'arrabassada i cala romana. es tracta d'una zona urbanitzable delimitada amb molta extensió i adjacent a zones urbanes i residencials ja establertes i consolidades. Aquestes zones disposen de transport públic, cosa que dissuadeix el sentiment de llunyania o aïllament del centre urbà que és la zona més poblada i amb més moviment demogràfic. Per altra banda, és la zona de gran extensió més allunyada de la influència del núvols tòxics, que arribarien pel oest o nord-oest. A més té diferents zones delimitades ja aprovades per diferents plans, com són el PMU-23, PPU-23 i PMU-34. A continuació s'adjunta la imatge 16 amb una zona delimitada escollida com una zona possible per al planejament urbanístic.



Imatge 16. Zona delimitada edificable aprovada pel Pla parcial urbanístic-24. Font: POUM de Tarragona

La segona zona delimitada d'interès es situaria una mica més a l'oest de la zona citada anteriorment. Es tracta de la zona de la vall del Llorito, aprovada pel PPU-41, encara fora de la zona de influència de núvols amb concentracions AEGL-2 però més propera que la zona anomenada anteriorment. Es tracta d'una zona urbanitzable delimitada de grans extensions. Aquesta zona té com a factors a favor, que es troba adjacent directament al nord-est del centre urbà on es concentra la majoria de la població, també disposa de varies zones delimitades aprovades per plans de millora urbanística com són PMU-13a, PMU-14, PPU-62 i PMU-35. En contra té la manca de influència de nuclis urbans al seu voltant i de transport públic. Aquest fet podria donar la sensació ser una zona llunyana i incomunicada, cosa que no garantiria una millora ni creixement urbanístic de la ciutat de Tarragona. A continuació s'adjunta la **imatge 17** amb un mapa de la zona.



Imatge 17. Zona delimitada edificable aprovada pel Pla parcial urbanístic-41. Font: POUM de Tarragona

Es prendria llavors, la zona delimitada de aprovada pel PPU-24, situada entre cala romana i la vall de l'arrabassada com a primera opció per al replantejament urbanístic de la ciutat. Aquesta decisió s'ha pres basant-se en que la ciutadania resident al centre urbà principal no vol viure allunyada del nucli urbà més gran on es concentren tots els negocis, l'oci i serveis. Per tant, escollir aquesta zona seria el més adequat tenint en compte que es troba lluny de zones d'abast tòxic perillosos i que no estan incomunicats. Caldria prendre mesures com implantació de línies de transport públic noves com per exemple serveis d'autobusos municipals o zones d'estacionament per taxis. caldria afavorir l'aparició de negocis tenint una urbanització en forma de blocs d'habitatge, que signifiquen una gran població i evitar zones residencial de cases particulars, ja que significaria la pèrdua de alta densitat de població i reactivació del comerç. A més, també convindria implantar serveis bàsics com sanitaris, educatius, complexos esportius, serveis d'emergència i parcs verds per tal de crear un ambient propici per al creixement i millora urbanística.

5. CONCLUSIONS

We can draw three main conclusions.

First conclusion is according to the maximum range reached by the formation of toxic cloud. The toxic clouds originated by unexpected accidents can easily cover a fraction of the city. As it's been considered during this work, if winds points to Tarragona and atmospheric stability conditions are stable a big part of the city will be affected by these clouds. Clouds concentration at the city won't be as high as at original point of escapement.

Second conclusion attends to damage caused on population. According to the results Tarragona citizens, in case of an invasion of toxic clouds, would not suffer death conditions due to the toxic release, although it can suppose serious and permanent symptoms to health of people in many neighborhoods. In case of low concentration clouds, a big percentage of the surface of Tarragona would be affected by minor ache or discomfort, such as cough, redness on eyes and throat

irritation.

Third Conclusion considers the urban planning as a measure to move away people from the most dangerous zones. Once studied the urban Planning approved by authorities it can be concluded that there is no need to create or modify the Urban Planning, because there are many places that can be built far enough from the most dangerous zones.

6. REFLEXIÓ ÈTICA

La indústria química és un bé per al creixement econòmic i per al manteniment del nivell de vida actual, per tant és un sector imprescindible. Tot i així comporta un seguit de riscos com el perill per la salut humana i per la contaminació del medi ambient.

Partint de la necessitat i la perillositat d'aquesta indústria cal encaixar totes les peces del trencaclosques per a fer-ho sostenible i cohesionat dins del territori i de la societat.

Caldria dissenyar una societat on la indústria fos fàcilment accessible i que disposés d'una bona infraestructura de comunicació amb el territori, però alhora que es trobés focalitzada en nuclis separats i diferenciats. D'aquesta manera obtindríem una cohesió del territori i un bon aïllament de la indústria per al manteniment del nostre entorn i salut, sense deixar de banda els interessos industrials.

Per una altre banda, s'ha de contemplar una indústria modernitzada, que en el mateix nucli industrial hi hagi empreses amb interessos comuns. Aquesta idea es basa en el concepte de economia circular, on els residus d'una empresa són les matèries primes d'una altre. Aquest concepte és fonamental per a la reducció de residus i, per tant, per l'augment de la sostenibilitat industrial.

La reflexió ètica s'ha de dur a terme durant la planificació del territori per part de l'administració. En la valoració prèvia s'ha de tenir en compte totes les variables esmentades i arribar a un equilibri entre els factors econòmics, humans i mediambientals.

7. BIBLIOGRAFIA

- Imatges i entitats:

- Imatge plomall amb eixos, punt 1.3: Conceptos básicos sobre meteorología de la contaminación del aire. http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc6/lecc6_4.html
- Llei fick, dispersió: <http://www.um.es/fem/PersonalWiki/uploads/EsModelling/Difusion.pdf>
- [Pdf] Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Asignatura de contaminación atmosférica, Área de química física, práctica 1,. <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/CA/Pract/Practica1.pdf>
- [Pdf] Universidad de Murcia. Zonas planificación de planificación para accidentes graves de tipo tóxico. <http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiasTecnicas/GuiaTecnicaZonasPlanificacionAccidentesToxicos.pdf>
- Pàgina web ajuntament de Tarragona. (informació i consultes al POUM i al personal)
- Capes de informació digitalitzades del ICC (aportació de capes digitalitzades)
- Serveis territorials de Tarragona (plans d'autoprotecció, orientació i resolució de dubtes tècnics aportació de capes digitalitzades).
- [Pdf] Institut de seguretat públic de Catalunya. Capacitat per la planificació de la protecció en l'àmbit local. 2011 http://ispc.gencat.cat/web/.content/home/ms_-_institut_de_seguretat_publica_de_catalunya/01_institut/publicacions/capacitacio_pau_ambit_local/documentos_pdf/10_bloc_c4_def.pdf (unitats i nº del coeficient de ventilació dels edificis)

- Informació AEGL's:

- [Pdf] Standing operating procedures for developing AEGLs. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/section_2_3_of_sop_0.pdf (com es fan AEGL's)
- EPA. About Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs). 2016 <https://www.epa.gov/aegl/about-acute-exposure-guideline-levels-aegls>

- Taula pròbits i símptomes dels productes químics insht:

- INSHT. *Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit*. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_291.pdf
- INSHT. *Fitxes de seguretat de productes químics*. 2016 <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=4458908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> (taules pròbits i fórmula)

- Documents ALOHA® :

- Manual para usuarios (PDF): elaborat per; EPA, NOAA, chemical preparedness and Prevention office i Hazardous Materials Response Division, version en espanyol 5.2.2, 1998.

- User's Manual (PDF): elaborat per; EPA, NOAA, chemical preparedness and Prevention office i Hazardous Materials Response Division, Agost 1999.
- NOAA memoràndum tècnic: "Areal locations of hazardous atmospheres", technical documentation, Novembre 2013.

- Planificació:

- Urbaweb serveis urbanístics. 2010
<http://www.urbaweb.com/planejament/regim-del-sol/classificacio-del-sol.html>
- Urbaweb serveis urbanístics. 2010
<http://www.urbaweb.com/planejament/regim-del-sol/qualificacio-del-sol.html>
- [Pdf].Dret urbanístic, Manual de consulta. diputació de Barcelona. 2009
http://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=071c6cbe-8048-486c-8ce5-bbe4dd4b593c&groupId=477806
- Pla d'ordenació urbanístic de Tarragona. 2016
<https://seu.tarragona.cat/poumCategoriaPublic/listPublicacionsAmbCategoria?categoria.id=154&multiseu=>
- Reus Pla d'ordenació urbanístic municipal. 2016
<http://poum.reus.cat/que-es-el-poum-0>

- Normativa:

- Directiva seveso III
<http://www.proteccioncivil.es/documents/11803/0/Comparativa%2BDirectivas%2BSEVESO%2BIII-SEVESO%2BII>
- Directiva seveso III
<https://www.boe.es/doue/2012/197/L00001-00037.pdf>
- Reial Decret 840/2015
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-11268
- Decret 174/2001
http://www.bcn.cat/bombers/pdf/ca/Decret_174_2001.pdf
- Origen del Seveso.
<http://laboreal.up.pt/es/dictionary/?letter=S>
- RD 1196/2003
http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2003/11/01/pdfs/A03834-03875.pdf
- Instrucció 11/2010
<http://gencat.cat/infonorma/pdf/20172542.pdf>

- Consultes ARCGIS:

- http://mappinggis.com/2014/05/como-crear-una-capa-de-poligonos-partir-de-puntos/#Como_activo_la_extension_ET_GeoWizards_en_ArcGIS (creació polígons)
- <http://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/intersect.htm> (eina intersect)
- <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/multiple-ring-buffer.htm> (eina múltiple rings)
- <http://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/data-management/merge.htm> (eina merge)
- <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/clip.htm> (eina clip)
- <http://mappinggis.com/2014/07/como-georreferenciar-una-imagen-con-arcgis/> (georeferenciació)