

Sistema d'informació per gestionar territoris forestals de Catalunya

Gerard Girbau i Gual

Resum– Deixar que els ecosistemes evolucionin de manera natural no implica que es compleixi cap objectiu de conservació: els ecosistemes depenen d'un règim de renovacions que no es pot deixar completament a l'atzar. Els incendis o l'efecte de grans fitòfags són dos exemples de com la situació d'ecosistemes llunyans influeix en les àrees on no es realitzen accions directes. En les circumstàncies actuals, la continuïtat de combustibles és una greu amenaça per a les muntanyes; i, per descomptat, per a les persones que hi habiten i per a les encarregades de l'extinció d'incendis. Aquest article presenta la creació d'un sistema d'informació que facilita la gestió dels terrenys forestals, a través d'una aplicació web que es connecta amb mapes del cadastre i de sòls rústics, el qual agrupa les dades necessàries per cuidar i protegir el bosc, promovent, al mateix temps, la conscienciació social sobre la cultura forestal.

Paraules clau– Aplicació Web, Leaflet, MySQL, Apache, Sistema d'Informació, Gestió Forestal, Mapes, Cadastre, Incendis Forestals

Abstract– Leaving ecosystems to their natural evolution does not imply that any conservation goal is met: ecosystems depend on a regime of renovations that cannot be left completely to chance. Forest fires or the effect of great phytophagous are two examples of how the situation of distant ecosystems influences into areas where no direct action is taken. In the current circumstances, fuel continuity is a serious threat to the mountains; and, of course, for the people who live there and for those in charge of extinguishing fires. This paper presents the creation of an information system that facilitates the management of forest lands, through a web application that connects directly to cadastral and rustic soil maps, which gathers the necessary data to protect the forest, promoting, at the same time, social awareness of forest culture.

Keywords– Web Application, Leaflet, MySQL, Apache, Information System, Forest Management, Maps, Cadastre, Forest Fires

1 INTRODUCCIÓ

LES muntanyes catalanes ja no s'exploten fins a la seva extenuació, sinó que, en canvi, els aprofitaments forestals estan molt per sota del que seria convenient. Les conseqüències d'aquest canvi són conegudes: augment de bosc, de la biomassa, de combustibles, pèrdua del paisatge en mosaic, etc. No hi ha, per tant, una correcta gestió forestal, que serà la base de la conservació en el futur [1]. Els boscos dels territoris catalans es divideixen en

parcel·les, moltes de les quals són privades i una gran quantitat d'aquestes, abandonades, ja que, actualment, la vida al camp no és viable econòmicament.

La Generalitat de Catalunya no té competències per accedir als terrenys forestals privats i realitzar, per tant, un manteniment adequat d'aquests terrenys, tal com està recollit a la Llei 7/1999, de 30 de juliol, del Centre de la Propietat Forestal de la Generalitat de Catalunya, amb les excepcions contingudes a la mateixa.

Per aquest motiu, a Catalunya, els boscos estan augmentant en superfície any rere any, i quan es produeixen incendis forestals, aquests es tornen incontrolables i a major escala del que seria habitual, a causa del mal estat i de l'abandonament sistemàtic de les terres que proporcionen gran disponibilitat de combustible vegetal per seguir creixent i avançant. A tot això només cal sumar-li la rapidesa i afectació del canvi climàtic globalment, que fa augmen-

• E-mail de contacte: gerard.girbaug@e-campus.uab.cat
 • Menció realitzada: Tecnologies de la Informació
 • Treball tutoritzat per: Victor Garcia Font (Departament d'Enginyeria de la Informació i de les Comunicacions)
 • Curs 2019/20

tar la temperatura i disminuir la humitat de l'aire, creant les condicions òptimes per generar una combustió amb un posterior incendi [2].

Actualment, a Catalunya, no es destinen prous recursos per obtenir i estructurar la informació sobre les parcel·les forestals privades [3]. Per aquest motiu que el present projecte pretén ser útil per als ajuntaments dels municipis que tinguin grans terrenys forestals, per poder agilitzar la gestió de tot el municipi gràcies al fàcil control del sistema d'informació a través de l'aplicació web. Aquesta aplicació disposa d'un visor de parcel·les forestals d'un municipi concret, amb la corresponent informació útil per a la gestió forestal i estructurada de manera que facilitarà el contacte amb la persona propietària de la parcel·la. D'aquesta manera, per exemple, se li pot comunicar que cal fer-hi una neteja, donar permís al mateix ajuntament per deixar-la netejar o per fer-li pagar una taxa en cas que aquesta no tingui les seves terres en bon estat, havent estat avisada prèviament.

El sistema d'informació també permetrà detectar aquelles parcel·les que no han declarat cap activitat econòmica agrícola però que per les seves característiques tenen un alt potencial per iniciar o reiniciar l'activitat al sector primari, com ara la vinya, els camps d'oliveres o ametllers no gestionats i sense producció. També pretén servir com un element de prevenció i informació en l'àmbit de salut per a les persones, ja que inclourà la informació fitosanitària de la parcel·la, és a dir, si ha estat tractada amb productes químics, generant una llista d'aquests productes, per a qualsevol persona exposada que pateixi símptomes lleus o greus d'al·lèrgies.

L'objectiu d'aquest treball final de grau és la creació d'un sistema d'informació per a la gestió forestal del territori català. Adoptant bones pràctiques de seguretat de la informació i a través de diverses fonts d'informació, bases de dades, mapes del territori i a partir, també, del Cadastre, es vol crear un entorn web del qual es pugui generar un mapa de sòls rústics d'un municipi concret a gestionar. Per a la gestió del territori es delimita cada terreny forestal i s'assigna, a cada terreny, tota la informació útil i necessària d'aquest. Potenciar la conscienciació social sobre la importància i necessitat de cuidar i protegir el bosc també serà part d'un objectiu d'aquest projecte. Com a primer prototip, el sistema d'informació per la gestió forestal serà per a l'Ajuntament de Sant Quintí de Mediona.

La resta de l'article es divideix de la següent manera. A la secció 2, es mostren els objectius del projecte. Seguidament, la secció 3 conté la metodologia emprada per a dur a terme els objectius plantejats en el mateix projecte. La secció 4 detalla la planificació de les tasques del treball. A continuació. De l'apartat 4 a la secció 5, es mostren els requeriments, seguits de la secció 6, que conté el disseny que s'ha adoptat per al projecte. La secció 7 explica i mostra la implementació del sistema. A la secció 8 es mostren unes proves de *testing* de l'aplicació web. Finalment, la secció 9 mostra els resultats obtinguts i, per últim, la secció 10 detalla les conclusions de tot el projecte.

2 OBJECTIUS

L'objectiu principal del present treball és la implementació d'un sistema d'informació per a la gestió forestal que, a través d'una aplicació web, visualitzi el mapa rústic d'un

municipi i, segons els criteris de l'ajuntament del municipi en qüestió, s'estructuri la informació més útil de cada terreny forestal, sigui privat o públic, amb els seus respectius detalls tècnics. Aquest objectiu principal està compost per diversos subobjectius específics, tots necessaris per dur a terme el sistema d'informació, exposats a la taula 1 conjuntament amb el percentatge de compliment dels mateixos subobjectius. Es poden veure més detalls sobre l'assoliment dels objectius a la secció 9. *Resultats*.

TAULA 1: PERCENTATGE DE COMPLIMENT DELS SUB-OBJECTIUS DEL PROJECTE

	Subobjectius del projecte	Percentatge de compliment
1	Publicació del projecte en codi lliure	90 %
2	Implementació d'una pàgina web dinàmica	80 %
3	Oferir contingut web adaptat	80 %
4	Dotar de seguretat el sistema	60 %
5	Adaptar el protocol OGC	100 %
6	Opció de càrrega d'imatges	80 %
7	Possibilitat de localització geogràfica del dispositiu	100 %
8	Consultoria tècnica	100 %

3 METODOLOGIA

Per dur a terme els objectius plantejats a l'anterior secció, s'usarà la metodologia àgil de desenvolupament incremental, amb els seus respectius cicles de vida iteratius, ja que segueix el concepte d'adaptació als requisits que poden anar apareixent a mesura que avança el projecte i que, per tant, no es preveien a l'inici del mateix. I, a més a més, la metodologia de desenvolupament incremental té com a base donar respostes als problemes amb què es troben les metodologies tradicionals, com pot ser la metodologia en cascada, ja que per al desenvolupament d'un projecte és útil tenir tots els requisits al principi. El problema és que la major part de les vegades, el client, al començament del projecte, no té definides totes les especificacions i sovint sorgeixen situacions o casos imprevistos.

Les metodologies tradicionals, en concret, afegeixen l'inconvenient que en ser seqüencials, la correcció d'errors es torna més difícil, aquests errors no es descobreixen fins que el client veu el resultat, que acostuma a ser cap al final del projecte i, per tant, es gastaran recursos més d'una vegada. La metodologia en cascada, per tant, és costosa i lenta [4].

Per altra banda, es pot observar a la figura 1 que usant els cicles de vida iteratius de la metodologia amb desenvolupament incremental, s'ofereix, al final de cada iteració, una part operativa del producte, que es pot usar, inspeccionar i avaluar [5]. Per aquests motius exposats i gràcies al fet que els cicles de vida iteratius afavoreixen la traçabilitat i el control de canvis dels projectes de programari [6], s'ha escollit, per al projecte, la metodologia àgil de desenvolupament incremental.

4 PLANIFICACIÓ

La planificació de les tasques s'ha realitzat generant un diagrama de Gantt, dividint les tasques en blocs delimitats per fites o sprints i les seves respectives dates límit.

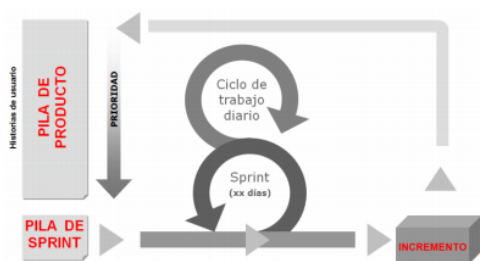


Fig. 1: Diagrama del cicle iteratiu Scrum [4]

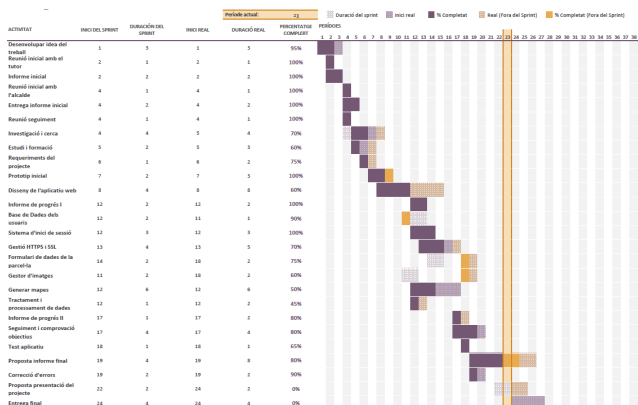


Fig. 2: Diagrama de Gantt

El cicle de vida iteratiu explicat a l'apartat anterior, a *Metodologia*, es pot observar clarament al diagrama de Gantt de la figura 2, on hi ha diverses tasques que comencen durant el mateix període de temps i es realitzen solapadament, oferint, tot i la concurrència, una part operativa del producte un cop s'ha acabat una tasca. Un període comprèn la durada d'una setmana. Començant pel període 1 que equival a la quarta setmana de gener del 2020, és a dir, a dia dilluns 20 de gener. Com es pot apreciar a la figura 2, hi ha tasques que no s'han pogut començar o bé acabar, en el seu respectiu termini planificat. Això és degut als obstacles i nous problemes que han anat apareixent durant la realització d'altres tasques programades, a causa, en part, de l'error de pensar que aquest projecte aniria fluït i que no hi hauria problemes per tirar-lo endavant, com s'explica a l'última secció, 10. *Conclusions*.

5 REQUERIMENTS

Per obtenir i estimar els requeriments del projecte, s'ha realitzat una consultoria tecnològica sobre les necessitats de resolució d'un problema real; la gestió forestal, i per a l'obtenció i assessorament d'una solució tecnològica.

La consultoria tecnològica d'aquest projecte per a la col·lecció de requisits, s'enfoca en aprofitar i utilitzar les tecnologies de la informació per gestionar l'objectiu que l'Ajuntament de Sant Quintí de Mediona persegueix, a qui va adreçat el projecte i els treballadors del qual són els clients finals, i, finalment, per resoldre la problemàtica dels incendis forestals. Inicialment i com s'ha comentat prèviament, el projecte és una prova de concepte o un primer prototip per a l'Ajuntament de Sant Quintí de Mediona que segueix en evolució, i que, per tant, els requeriments estan adaptats a les canviants necessitats d'aquest govern

municipal.

6 DISSENY

El disseny del treball s'ha ideat per dur a terme un correcte desenvolupament de l'aplicació web d'aquest projecte. S'han emprat diverses tecnologies, que conformen l'arquitectura i la base del mateix projecte i les quals s'han hagut d'adaptar i acoblar entre si per donar lloc a un marc de treball fiable i robust. Aquestes tecnologies estan detallades a continuació, en el conjunt de les subseccions d'aquest mateix apartat.

6.1 Arquitectura del sistema

En aquest subapartat es mostra una visió general de l'arquitectura física que adoptarà el projecte.

Perquè el projecte funcioni correctament, la sincronització i existència de tots els components de la figura 3 són necessaries.

Per començar, l'usuari que vulgui usar l'aplicació web haurà de disposar d'un dispositiu electrònic amb connexió a Internet; la combinació d'aquests dos elements permetrà sol·licitar, a través d'un navegador d'Internet, les peticions dels mapes o les opcions de la mateixa aplicació. Aquestes peticions les rebrà un servidor web que alhora haurà d'expandir-les cap a les corresponents bases de dades o cap als respectius WMS (Web Map Services). Un cop les bases de dades o els WMS rebien les peticions, seran els encarregats de retornar-les amb la informació pertinent, ja sigui en forma de mapes o en forma de credencials necessàries per mostrar a l'usuari el que sol·licita, o, en tot cas, el que se li concedeix segons els seus permisos.

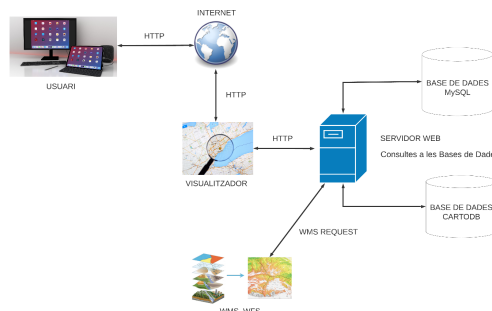


Fig. 3: Arquitectura del sistema

6.2 Casos d'ús

En aquesta subsecció es mostra la tècnica del diagrama de casos d'ús per a la captura de requisits potencials del sistema, ja que proporciona un escenari que permet la interacció entre actors, que en aquest cas seran els usuaris i el sistema, per aconseguir un objectiu específic per a un actor o usuari.

Poden formar part del sistema d'informació tres tipus d'usuaris diferents, com es pot observar a la figura 4, per una banda, l'usuari que no té permisos, que es genera automàticament un cop qualsevol persona es registra a l'aplicació web. Aquest usuari només podrà veure la pàgina d'inici i el seu perfil. L'usuari amb permisos de visualització del mapa pot fer el mateix que l'usuari sense permisos,

però, a més a més, podrà accedir al mapa. Finalment, existeix l'usuari administrador, que disposarà de tots els privilegis; podrà canviar els permisos dels altres usuaris i editar el mapa.

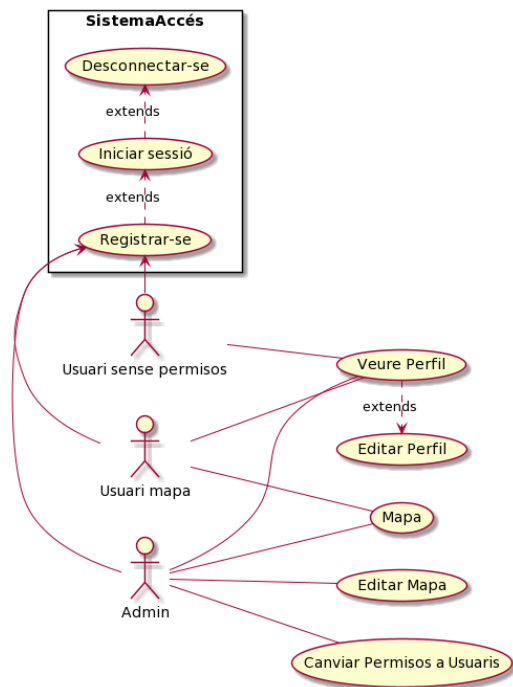


Fig. 4: Diagrama de casos d'ús

6.3 Diagrama funcional

En el diagrama funcional de la figura 5 es representen de manera gràfica les possibles accions o camins que els diferents usuaris registrats a l'aplicatiu web poden efectuar.

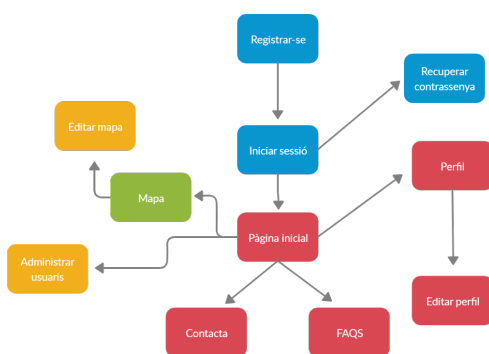


Fig. 5: Diagrama funcional

A la figura 5, i de color blau, es pot observar el sistema d'accés i anàlogament, de color vermell, es mostra el que pot fer qualsevol usuari que s'hagi registrat i seguidament hagi accedit al web. El requadre de color verd indica la presència d'un privilegi superior al d'un usuari qualsevol, però inferior als privilegis que té l'administrador, que seran els màxims. Efectivament, un cop l'administrador, en el seu cas, el requadre de color taronja, hagi donat permisos a un usuari que no en tingui, l'usuari en qüestió podrà visualitzar els mapes, o, si l'eleva al seu nivell, tindrà tots els

privilegis i podrà editar els mapes i a la vegada administrar els privilegis de tots els usuaris.

6.4 Diagrama de classes

El diagrama de classes s'ha usat com una eina per comunicar el disseny del projecte creat per orientar objectes i per modelar relacions entre diferents entitats. Es poden visualitzar, doncs, les relacions entre les classes que integren el sistema.

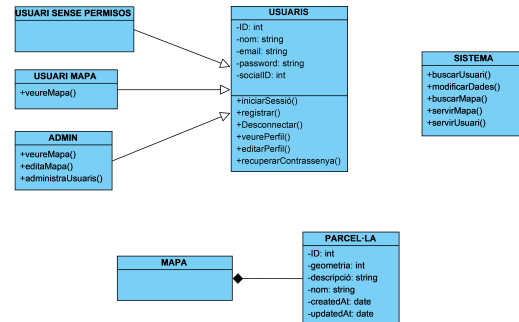


Fig. 6: Diagrama de classes

Com es pot veure a la figura 6, s'usa l'entitat USUARIS per representar els usuaris que poden autenticar el sistema: usuari sense permisos, usuari que només pot visualitzar el mapa i l'administrador, és per aquest motiu que tots els usuaris hereten d'USUARIS, perquè qualsevol usuari té les propietats de USUARIS, però cada tipus d'usuari té unes funcions diferents. L'entitat SISTEMA representa el conjunt d'accions que pot realitzar el sistema en si, com a servidor web, per exemple, serà l'encarregat d'enviar les peticions corresponents a les bases de dades i servir-les de forma correcta, ja sigui al mapa, per poder-lo crear, o ja sigui per obtenir o modificar els usuaris del sistema.

6.5 Mockup

En aquest apartat es mostra una maqueta de com pretén ser l'aplicació web. Aquest mockup només és vàlid per a pantalles de dispositius electrònics que tinguin una mida mínima de 770 píxels. Per a pantalles més petites de 770 píxels, part del contingut quedarà comprimit i aquest mockup ja no serà aproximat a l'aplicació final.

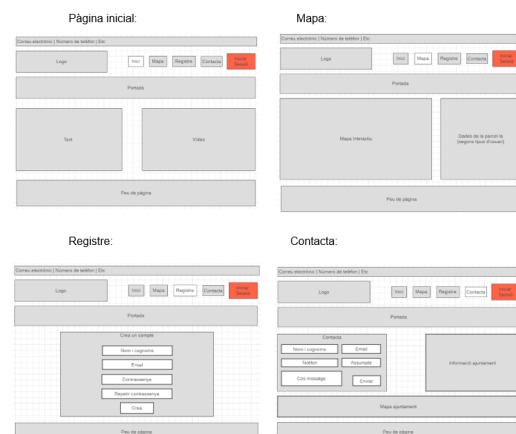


Fig. 7: Mockup de diferents pantalles de l'aplicació web

A la figura 7 es pot observar el contingut i format aproximat del que pretén ser el resultat final de les diferents pantalles de l'aplicatiu. Aquest model pot patir certes variacions a mesura que va avançant el projecte i es va adaptant a diferents necessitats.

7 IMPLEMENTACIÓ

Una vegada s'ha estructurat el projecte segons la metodologia de treball, els objectius a seguir, la planificació i finalment el disseny, es procedeix amb la implementació i el desenvolupament de l'aplicació web.

7.1 Eines i programari utilitzat

Abans de començar el projecte s'ha buscat informació referent a la implementació de mapes dinàmics similars a l'objectiu d'aquest treball.

Com a resultat d'aquesta recerca, s'ha vist oportú mostrar, en aquesta secció, el conjunt d'eines i programari més rellevant, usats durant el desenvolupament del present treball i mencionats en altres seccions d'aquest article.

L'aplicació web està muntada sobre el paquet de programari lliure anomenat XAMPP, en la versió 3.2.4, que consisteix principalment en un sistema de gestió de bases de dades MySQL. S'ha escollit l'ús de MySQL, ja que és un gestor de bases de dades relacional, ràpid en la lectura i funciona també com a programari lliure [7].

D'altra banda, XAMPP també gestiona el servidor web Apache HTTP, que és un servidor web de codi obert i totalment configurable. Aquest servidor web s'encarrega de servir o entregar pàgines web que li siguin sol·licitades per un navegador, assegurant-se que es mostrin i es representin tots els elements necessaris per a un funcionament i visualització correctes. Per tant, el servidor web Apache HTTP és el programari que s'encarrega d'accedir als fitxers allotjats en el servidor per mostrar-ne els continguts [8].

A més a més, XAMPP fa d'interpret del llenguatge de programació més utilitzat en aquest projecte, el PHP, el qual consisteix en un conjunt de scripts del costat del servidor que s'interpreten i s'executen al servidor, en aquest cas, al servidor web Apache i no a la màquina client. El codi PHP no va mai a parar al navegador, però sí a la sortida d'aquest, que sovint es veu en forma d'HTML, CSS i Javascript, que són els llenguatges de programació usats en aquest projecte per al disseny i la visualització de la pàgina web.

La sol·licitud i edició de mapes s'ha desenvolupat amb l'ajuda de l'API de Leaflet, que és una llibreria de JavaScript Open Source i molt lleugera. Aquesta API està ben desenvolupada i proporciona una llarga llista de *plugins* que s'adaptin bé a la resolució de les utilitats plantejades i no conté limitacions en el seu ús [9].

Finalment, s'ha usat CartoDB com a base de dades per emmagatzemar informació referent als mapes, entre d'altres, ja que és una llibreria de codi obert construïda sobre Leaflet que treballa al núvol, la potència rau en l'emmagatzematge de les taules en una base de dades PostgreSQL, amb el component espacial PostGIS. Això permet realitzar geoprocessos de manera ràpida, gràcies a la utilització d'índexs espacials [10]. La plataforma CartoDB permet dur a terme operacions de sistema d'informació geogràfica

(SIG), anàlisi de dades i visualització de dades, proporcionant un conjunt d'eines i API útils en aquest projecte.

7.2 Sistema d'accés

S'ha creat una base de dades anomenada *login* que conté una taula amb el nom *users* amb tota la informació dels usuaris registrats a l'aplicació.

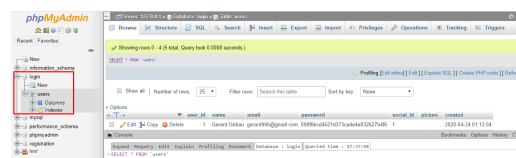


Fig. 8: Quadre de gestió de bases de dades MySQL

A la figura 8 es pot observar la demostració d'un usuari creat amb la seva informació corresponent que es pot emmagatzemar o sol·licitar a la taula *users*. S'ha utilitzat el llenguatge de programació PHP en el servidor per comunicar-se amb la base de dades, així com per crear HTML que després s'envia al client i és interpretat pel navegador.

Per rebre dades d'un client, les bases de dades requereixen les credencials adequades, com ara un nom d'usuari o una contrasenya. Això vol dir que es tracta d'elements que no es volen enviar al client i que s'han de crear i protegir mitjançant PHP juntament amb HTML, CSS i JavaScript, per ajudar a fer-los dinàmics, fiables i inaccessibles per a terceres persones.

Per comprovar el funcionament de l'aplicació web, sobretot per al visor de mapes, s'han usat els navegadors web Firefox, Chrome i Opera. A continuació es pot veure un exemple d'ús del servidor local *localhost* amb l'inici de sessió de l'aplicació web.

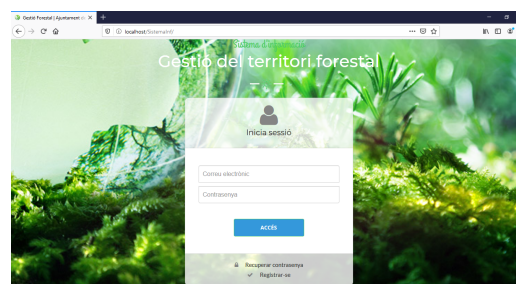


Fig. 9: Inici de sessió de l'aplicació web

7.3 Mapes

Pel que fa als mapes, la idea bàsica d'aquest treball consisteix a recollir les dades espacials de les fonts existents, incorporar-les a la base de dades de la llibreria CartoDB i preparar aquestes dades perquè estiguin a punt per ser publicades i, finalment, visualitzar la seva integració en l'aplicació web. L'estructura del funcionament i arquitectura dels mapes es pot observar a la figura 10.

La publicació de les capes dels mapes consisteix a dur a terme un objectiu del present treball, que és servir dades espacials seguint especificacions de l'Open Geospatial Consortium (OGC) per a la interoperabilitat dins dels SIG per facilitar l'intercanvi d'informació geogràfica.

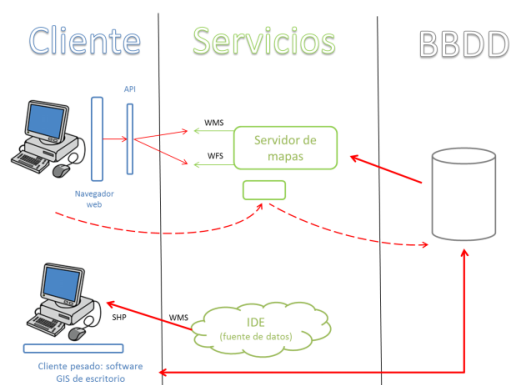


Fig. 10: Diagrama del funcionament dels mapes per a la seva visualització [11]

L'objectiu és publicar els serveis web de mapes mitjançant l'API (Application Programming Interfaces) de Leaflet de manera que pugui mostrar les dades dins de l'aplicació web. A l'estar basat en les especificacions de l'OGC s'assegura que qualsevol eina que utilitzi dades espacials mitjançant la web tingui la capacitat de treballar amb aquestes dades. D'aquesta manera es garanteix la interoperabilitat geoespacial, facilitant la comunicació entre sistemes, ja que els servidors de dades geoespacials fan que les dades espacials estiguin disponibles en un format adequat per a la web [12].

Per a les aplicacions web les més usades són les que tenen a veure amb els serveis web, que són els que realment agrupen els protocols i estàndards i permeten intercanviar dades entre aplicacions web. Els més destacats són el Web Map Service (WMS) i el Web Feature Service (WFS). El WMS és un servei de visualització que permet visualitzar dades vectorials i ràster permetent operacions senzilles mentre que el WFS és un servei de descàrrega que ofereix la possibilitat d'obtenir a l'aplicatiu web tots els atributs de fenòmens individuals d'un conjunt de dades per poder efectuar anàlisis.

En el cas d'aquesta aplicació el que realment interessa és servir capes en tipus de servei WFS perquè l'aplicació pugui executar accions més complexes sobre les capes. Tot i usar capes WMS per posar-les com mapes base, aquestes no seran publicades des del servidor de l'aplicació, sinó que s'accedeix a través d'una font externa.

El fet de disposar de capes WFS facilitarà la tasca de dissenyar una aplicació web dinàmica i intuïtiva, que comportarà un major accés a cada un dels elements i els seus corresponents atributs.

Per sol·licitar i editar els mapes, s'han desenvolupat amb l'ajuda de l'API de Leaflet, ja que és una llibreria de JavaScript Open Source i molt lleugera.

Aquesta API està ben desenvolupada i proporciona una llarga llista de *plugins* que s'adapten bé a la resolució de les utilitats plantejades i no conté limitacions del seu ús.

El disseny de la interfície del visor web construeix un entorn que facilita un accés ràpid i intuïtiu a la informació i a les diferents eines que en aquest s'han disposat. Per l'obtenció dels mapes de l'aplicatiu, s'usen *tils* cridant als corresponents servidors de mapes, que són quadrícules regulars d'imatges georeferenciades i renderitzades mitjançant formats d'imatges comprimides per a una entrega ràpida al

navegador del client. D'aquesta manera s'han obtingut tots els mapes i les capes dels mapes que apareixen a l'aplicatiu, com es pot apreciar a la figura 11.

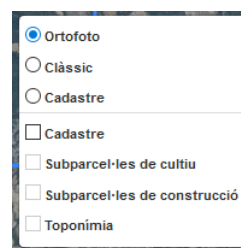


Fig. 11: Opcions de visualització de mapes i capes de mapes a l'aplicació web

Per exemple, per obtenir el mapa de Catalunya en forma de mosaic continu de fotografies aèries, d'elevada qualitat i precisió, altrament anomenat ortofoto, s'usa el codi en JavaScript de la figura 12.

A la figura 13, es mostra una visió general del mapa web, encara en construcció, amb una de les capes SIG GeoJSON, en format KML, descarregada prèviament en format Shapefile. Aquestes capes són els municipis de Catalunya provinents de la font Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya i transformada a KML a través del programa informàtic ArcMap 10.7.

Es pot apreciar que tots els municipis actuen de filtre sota una capa de color blau, exceptuant el municipi a estudiar, Sant Quintí de Mediona.

El 2016, B. Uskola [11] argumenta que per al desenvolupament de qualsevol aplicació Web Mapping és indispensable comptar d'una banda amb les eines SIG i una arquitectura web SIG i d'altra banda amb les dades espacials que apareixeran en el mapa que es dissenyarà. El procés de desenvolupament d'un mapa web es divideix en tres etapes: a la primera, es recopilen dades i es realitzen les tasques de geoprocessament; en la segona etapa, les dades es carreguen i s'utilitzen per crear un servei de mapes i, finalment, a la tercera etapa, és essencialment un procés de disseny web on es desenvolupa la interfície utilitzant una llibreria de client Web Mapping per gestionar la integració entre el navegador i el servei de mapatge.

Aquesta última etapa és important, ja que són les API les que donen suport a la majoria dels desenvolupadors d'aplicacions web que manipulen la informació georeferenciada, i segons aquesta llibreria, es definirà l'arquitectura web SIG necessària [11].

Per poder guardar els marcadors que un administrador del sistema pot generar i posteriorment mostrar-los sobre el mapa juntament amb la informació corresponent a cada marcador, es fa servir la base de dades que està allotjada al servidor CartoDB. Quan es generen aquests marcadors, es fa un *post*, com es pot veure a la figura 14, cap a la base de dades de CartoDB i posteriorment per sol·licitar aquesta informació es fa un *get*, com es pot veure a la figura 15.

Els marcadors només els pot editar l'usuari administrador, tanmateix, l'usuari que tingui permisos per visualitzar el mapa també els pot veure i accedir a la respectiva informació de cada marcador. Aquests marcadors es poden activar o desactivar del mapa en funció del que triï l'usuari, ja que estan dividits entre marcadors de color vermell, referents a parcel·les per revisar, i marcadors de color verd,

```
var ortoICGC = L.tileLayer('https://geoserveis.icgc.cat/icc_mapesmultibase/noutm/wmts/orto/GRID3857/{z}/{x}/{y}.jpeg', {
  maxZoom: 19, attribution: 'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya CC-BY-SA-3'
});
```

Fig. 12: Codi JavaScript per obtenir el mapa Ortofotogràfic d Catalunya usant Leaflet

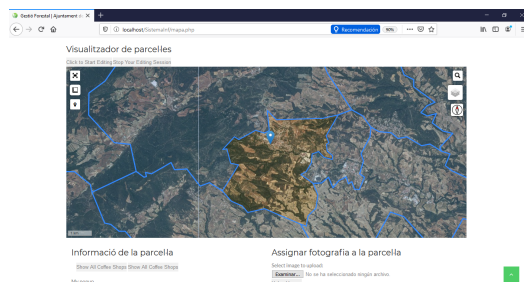


Fig. 13: Pantalla del mapa del municipi de Sant Quintí de Mediona amb alguns filtres

```
// Entrega informació cap al servidor PHP fent servir un mètode Post de jQuery
var submitToProxy = function(q){
  $.post('http://localhost/SistemaInf/callProxy.php', {
    qurl: q,
    cache: false,
    timeStamp: new Date().getTime()
  }, function(data) {
    console.log(data);
    refreshLayer();
  });
};
```

Fig. 14: Mètode Post per enviar informació a la base de dades CartoDB

```
function getGeoJSON() {
  $.getJSON('https://cartodbuser.s3.amazonaws.com/apl/v2/sqlformat-geo350Mq?sql=select * from parcels', function(data) {
    cartodbPoints = L.geoJson(data, {
      pointToLayer: function(feature, latlng) {
        var marker = L.marker(latlng);
        marker.bindPopup('input type=button value=Delete this marker' name=feature.properties.name id=feature.id);
        return marker;
      }
    });
    addToMap();
  });
}
```

Fig. 15: Mètode GET com a informació GeoJSON per afegir al mapa posteriorment

que fan referència a parcel·les ja revisades, observable a la figura 16.

Com a subobjectiu del projecte, s'ha implementat un *plugin* de Leaflet que permet la geolocalització amb un punt blau en el mapa del dispositiu que usi l'aplicació web si l'usuari ho desitja i ho permet. Funcionalitat observable també a la figura 16.

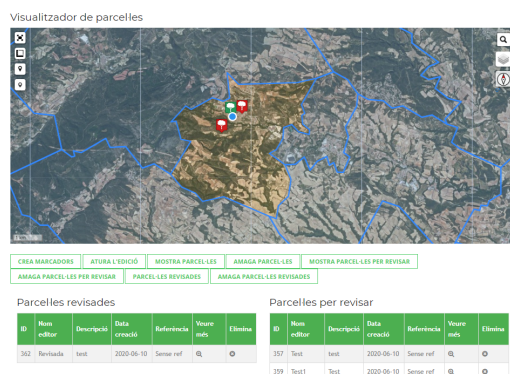


Fig. 16: Visualització dels marcadors de parcel·les en funció del seu estat i geolocalització del dispositiu

Finalment, s'ha desenvolupat una funcionalitat extra per afegir i emplenar la informació de les parcel·les, basada en la funció d'assignar-hi una imatge. Per comprimir les imat-

ges que un usuari pot pujar per assignar a una parcel·la concreta, s'usa el format JPEG, ja que, tot i generar pèrdues de qualitat, assoleix una compressió molt més gran del que és possible amb els mètodes sense pèrdua i així s'optimitza la mida de la imatge consumint menys recursos que altres mètodes i obtenint així un millor temps de càrrega al web [13].

8 TESTING

En aquesta secció es dona a conèixer la seguretat i la resposta a diverses peticions en el mateix període de temps del que gaudeix l'aplicació web.

Com que s'ha realitzat el projecte en un servidor local, per fer les proves de *testing* s'ha usat l'eina Ngrok, ja que és una eina que permet accedir al servidor local a qualsevol persona que disposi d'Internet amb la qual s'ha compartit una url generada dinàmicament. Això és molt útil, per exemple, quan es necessita mostrar avenços constantment en projectes que es troben en etapa de desenvolupament o quan es volen fer proves de seguretat també en l'etapa de desenvolupament.

A la figura 17 es pot observar que fent servir l'ordre *ngrok.exe http 80*, on el número 80 fa referència al port a usar, s'enllaça la url generada dinàmicament amb el servidor local que es troba al port 80.

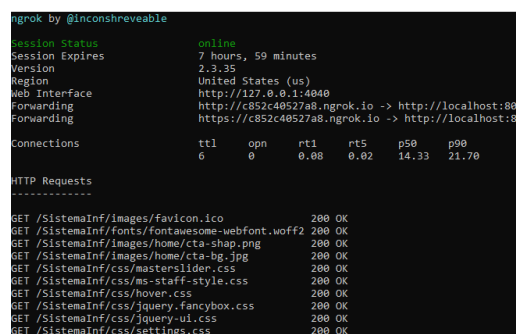


Fig. 17: Programari Ngrok enllaçant el servidor local amb una url pública generada dinàmicament

Fent servir la url generada per Ngrok i una eina de proves de dades estructurades i de velocitat de Google (Build, Test, and Release Structured Data), s'ha sabut que la velocitat de càrrega de la pàgina web ha estat de 0,7 segons i no s'ha trobat cap error. Google classifica l'aplicació web com a pàgina web de càrrega ràpida, ja que totes les pàgines tarden menys d'un segon a començar a carregar-se.

A continuació, a la figura 18, es recuperen els resultats obtinguts de la realització de mil peticions cap al servidor local. El motiu de no realitzar les proves de les peticions amb la url dinàmica recau en el fet que aquestes respostes depenen, en gran part, de la capacitat de resposta que tingui el servidor i del seu balanç de càrrega [14], per tant, els resultats que s'obtingrien no serien acurats del tot. Aquestes peticions s'han realitzat amb la eina *ab* d'Apache, ja que

és una eina per realitzar *benchmarks* cap al servidor Apache Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Està dissenyat per donar una impressió del rendiment de la instal·lació Apache. Mostra especialment quantes peticions per segon és capaç d'atendre la instal·lació d'Apache.

```

Server Software:      Apache/2.4.41
Server Hostname:      localhost
Server Port:          80
Document Path:        /SistemaInf/mapa.php
Document Length:      16560 bytes

Concurrency Level:    10
Time taken for tests:  1.177 seconds
Complete requests:    1000
Failed requests:      0
Non-2xx responses:    1000
Total transferred:    16948000 bytes
HTML transferred:    16560000 bytes
Requests per second:  849.38 [#sec] (mean)
Time per request:     11.773 [ms] (mean)
Time per request:     1.177 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate:        14057.93 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
  min  mean(+/-sd) median max
Connect:    0      0  0.5      0    4
Processing:  3     11 10.6      9   230
Waiting:    2     10 10.6      9   230
Total:       4     11 10.5     10   230

Percentage of the requests served within a certain time (ms)
 50%    10
 66%    12
 75%    13
 80%    14
 90%    17
 95%    21
 98%    25
 99%    28
100%   230 (longest request)

```

Fig. 18: Resposta de l'aplicació web a mil peticions simultànies

Finalment, s'ha realitzat un *Pentest* mitjançant l'aplicació PentestTools [15], com a resultat s'ha obtingut un baix nivell de risc en vulnerabilitats de l'aplicació web, que es poden consultar a la figura 19.



Fig. 19: Resultat del Pentest realitzat a l'aplicació web

9 RESULTATS

En aquesta secció s'observen alguns dels supòsits del projecte que els usuaris poden visualitzar a través d'un navegador web. Aquests usuaris podran veure o no diverses funcionalitats, en funció dels seus privilegis gestionats per un administrador del sistema, com s'ha comentat al llarg d'aquest article.

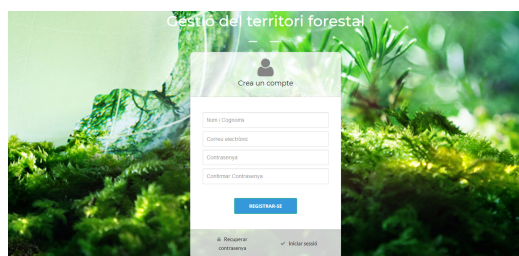


Fig. 20: Pantalla de registre a l'aplicació

A la figura 20 es mostra la pantalla de registre a l'aplicació. A la figura 21 es pot observar la pantalla d'inici genèrica per a tots els usuaris un cop s'ha iniciat sessió en

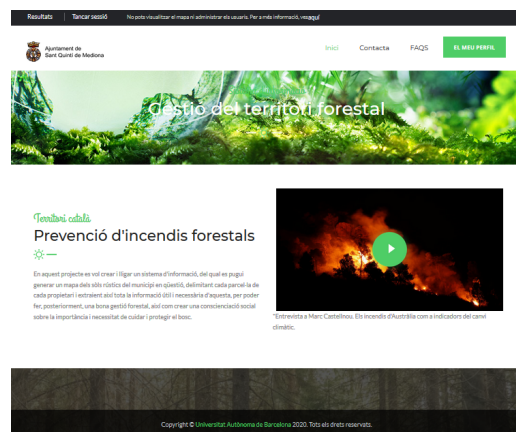


Fig. 21: Pantalla d'inici un cop s'inicia sessió

l'aplicació. A la figura 22 s'observa un exemple de visualit-

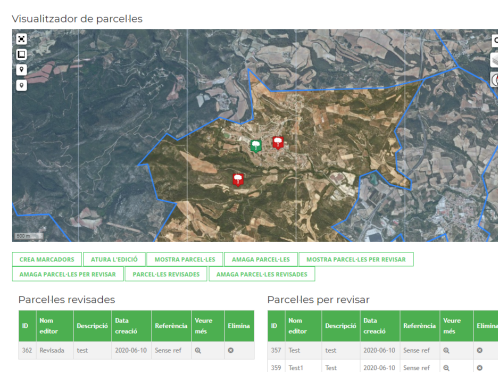


Fig. 22: Pantalla de visualització de parcel·les

zació de parcel·les. A la figura 23 es pot observar la pantalla

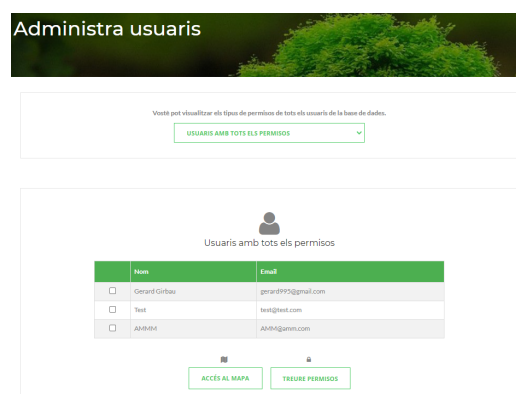


Fig. 23: Pantalla d'administrador d'usuaris amb la llista d'usuaris amb tots els permisos

de gestió dels usuaris a la qual només pot accedir l'usuari administrador. En aquest cas, es mostren, en un desplegable, només els usuaris amb tots els permisos. A la figura 24 es pot observar la finestra emergent que apareix, amb la informació possible a emplenar, un cop es vol crear un marcador en un punt concret del mapa i, a més a més, per indicar si s'ha de revisar una parcel·la o no.

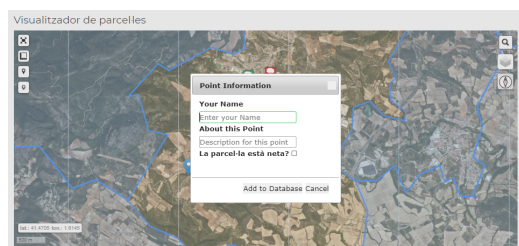


Fig. 24: Informació a introduir al marcador creat en un punt concret del mapa

10 CONCLUSIONS

Per concloure, es pot dir que s'ha complert en la seva majoria l'objectiu principal i els subobjectius exposats a la taula 1 i definits a l'inici del projecte, això és, crear un sistema d'informació que conté un visor de mapes dinàmic amb dades geolocalitzades i fàcil d'utilitzar sobre el qual gestionar marcadors i afegir-hi informació per poder implementar polítiques de neteja de finques per evitar incendis forestals.

L'arquitectura web SIG necessària per al desenvolupament d'una aplicació Web Mapping ha estat definida i, tot i semblar una aplicació web senzilla, aquest desenvolupament no és trivial, ja que s'han de tenir en consideració molts factors.

L'error de pensar que aquest projecte no tindria complicacions ha comportat una planificació de les hores en les tasques de programació molt optimista. Aquest optimisme ha sigut un error i ha dificultat la implementació de totes les funcionalitats que s'havien especificat en els requisits i objectius del projecte, d'aquesta forma, per tant, se n'extreu que cal aprendre a valorar l'impacte real de cada tasca i s'ha guanyat, conseqüentment, experiència a l'hora de programar l'estimació de la duració de les tasques per poder arribar a assolir tots els objectius del projecte.

D'altra banda, puc afirmar que la tecnologia web proporciona plataformes per al desenvolupament de mapes web que constitueixen eines òptimes per realitzar una ràpida localització, consulta i un cert grau d'anàlisi de la informació geogràfica. No obstant, el cost de digitalització i transformació de la informació és elevat quan no s'està familiaritzat o no s'ha treballat prèviament en Sistemes d'Informació Geogràfica.

Durant els anys acadèmics que he cursat el Grau d'Enginyeria Informàtica a la Universitat Autònoma de Barcelona, no s'ha tocat aquest àmbit i això m'ha dificultat en la fluïdesa del desenvolupament del present treball.

Pel que fa al visor web presentat en aquest document, i tal com es comenta amb anterioritat, es considera que s'ha assolit raonablement l'objectiu i els subobjectius proposats a l'inici del mateix projecte, tot i no haver tingut temps de completar-ho del tot, com es pot observar a la taula 1.

AGRAÏMENTS

Vull expressar el meu sincer agraïment a diverses persones. En primer lloc, al Pol Pagès i Pont, alcalde de Sant Quintí de Mediona, per l'interès i per confiar en mi per portar a terme el projecte. En segon lloc, vull agrair a en Victor Garcia Font per haver escollit el meu projecte per tutoritzar-lo i pel seu assessorament i suport continu. Vull agrair també a en

Patricio J. Soriano Castro per ensenyar-me el camí, un cop em vaig perdre, per tirar endavant el sistema d'informació. Finalment, m'agradaria agrair a en Rafel Marco i Molina per l'afecte i pel minuciós emparament.

REFERÈNCIES

- [1] S. Martín, A. Améztegui i L. Coll, "Diversificación o naturalización de las repoblaciones forestales", La Restauración forestal de España: 75 años de una ilusión, Coord. por J. Pemán, I. Iriarte y F. J. Lario, ISBN 978-84-491-1495-3, págs. 401-411, 2017.
- [2] A. Rifà i M. Castellnou, "El modelo de extinción de incendios forestales catalán", In Proceedings of the IV International Wildfire Conference, Seville, Spain, 2007.
- [3] M. Castellnou, E. Nebot i M. Miralles, "El papel del fuego en la gestión del paisaje", In 4th International Wildland Fire Conference, Seville, Spain (pp. 13-17), 2007.
- [4] M. Trigas. (2014). Gestión de proyectos informáticos. Metodología Scrum [Online]. Available: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612 memoria.pdf>.
- [5] A. Menzinsky, G. López i J. Palacio. (2016). Guía de Scrum Manager. CC by-nc-nd 4.0 [Online]. Available: <https://www.safecreative.org/work/1607208414838-guia-de-scrum-manager>
- [6] A. Goñi, J. Ibáñez, J. Iturrioz i J. A. Vadillo, "Aprendizaje Basado en Proyectos usando metodologías ágiles para una asignatura básica de Ingeniería del Software", Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad del País Vasco, San Sebastián, 2014.
- [7] MySQL Documentation. [Internet]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/>
- [8] Apache HTTP Server Version 2.4. [Internet]. Available: <https://httpd.apache.org/docs/2.4/es/getting-started.html>
- [9] Leaflet - a JavaScript library for interactive maps (2020). [Internet]. Available: <https://leafletjs.com/reference-1.6.0.html>
- [10] Carto (2020). [Internet]. Available: <https://carto.com/platform/>
- [11] B. Uskola, "Gestión y visualización de datos geográficos afectados en planes de emergencias e inundaciones", Máster en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Septiembre, 2016.
- [12] S. Xian-fent, R. Xiao-ping, H. Wei i T. Hai-qiao, "An OGC standard-oriented architecture for distributed coal mine map services", Journal of China University of Mining and Technology 18, 2008.

- [13] H. R. Garcia, "Métricas de Error en Algoritmos de Transmisión de Imágenes comprimidas con pérdida", Magister en Automatización de Oficinas, 2002.
- [14] A. Hernández, "Propuesta de arquitectura de despliegue de clústeres de servidores web de altas prestaciones", Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Lisa, La Habana, Cuba, 2014.
- [15] PentestTools SRL (2013). [Internet]. Available: <https://pentest-tools.com>