

guifi.net, una infraestructura de xarxa procomú gestionada de forma col·lectiva

Roger Baig, Ramon Roca^a, Felix Freitag, Leandro Navarro^b

^aFundació privada per a la Xarxa Oberta, Lliure i Neutral - guifi.net. Gurb, Catalunya
<http://fundacio.guifi.net>

^bGrup de Sistemes Distribuïts - Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona
<http://dsg.ac.upc.edu>

Resum

L'expressió "xarxa de comunicació gestionada de forma col·lectiva" es refereix a una infraestructura de xarxa integrada per ciutadans i organitzacions que posen en comú els seus recursos i coordinen els seus esforços per crear aquestes xarxes. Les "xarxes comunitàries" són un subconjunt de xarxes construïdes i gestionades de forma col·lectiva que estan organitzades per ser obertes, lliures i neutrals. En aquestes comunitats la infraestructura la contribueixen els participants i es gestiona com un recurs en comú. Moltes experiències de construcció col·lectiva han prosperat en xarxes comunitàries. En aquest treball s'analitza el cas de guifi.net, un cas d'èxit d'una xarxa comunitària utilitzada diàriament per milers de participants, centrant-se en els seus principis, els processos de construcció col·lectiva i la eines desenvolupades dins de la comunitat, el paper que exerceixen en l'ecosistema de guifi.net; l'estat actual de la seva aplicació; el seu impacte local mesurable i les lliçons apreses en més d'una dècada.

Paraules clau: Xarxes comunitàries; Xarxes gestionades de forma col·lectiva; sistemes de govern auto-organitzats; auto-provisió; xarxa procomú; recursos en comú

1. Introducció

Ciutadans i organitzacions posen en comú els seus recursos i coordinen els seus esforços per construir entre tots infraestructures de xarxa. La cobertura de les zones desatenses i la lluita contra la bretxa digital són els factors desencadenants més freqüents, però altres motivacions poden ser el desenvolupament d'un nou model de telecomunicacions o simplement pel plaer de muntar una xarxa. Les tecnologies emprades varien considerablement, des routers WiFi de baix cost, fins a equips de fibra òptica (FO) una mica més costosos [1].

Els models de participació, organització i finançament són molt diversos. Per exemple, algunes xarxes són de lliure accés, d'altres són cooperatives, algunes estan dirigides per federacions de microISPs, etc. Alguns exemples a continuació¹. Banda ampla per al Nord Rural (B4RN) a Lancashire, Regne Unit, i el Projecte de Xarxes sense fils al Nepal (NWNP) són xarxes construïdes en resposta a la manca de cobertura dels operadors convencionals. B4RN desplega i opera fibra òptica de forma cooperativa. NWNP [2] és una empresa social que proporciona accés a Internet, comerç electrònic, educació, telemedicina, serveis mediambientals i agrícoles a una sèrie de llogarets remotes, utilitzant tecnologies sense fils. La Federació

Email addresses: {roger.baig, ramon.roca}@guifi.net (Roger Baig, Ramon Roca), {felix, leandro}@ac.upc.edu (Felix Freitag, Leandro Navarro)

¹BARN: <http://b4rn.org.uk/>, NWNP: <http://www.nepalwireless.net/>, FFDN: <http://www.ffdn.org/en>, HSLnet: <http://www.hslnet.nl/>

Cites a aquest article: (a la versió original en anglès) R. Baig et al., guifi.net, a crowdsourced network infrastructure held in common, Computer Networks (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2015.07.009>

Aquest treball es distribueix sota la llicència "Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 Internacional".



Francesa de Xarxes de Dades (FFDN) és una federació de petits ISPs locals francesos que inclou revenedors d'ADSL, xarxes sense fils, centres de col·locació de servidors i similars. HSLnet és una de les moltes cooperatives de xarxes de fibra òptica als Països Baixos.

Les xarxes comunitàries (XC) són un subconjunt de les xarxes construïdes i gestionades de forma col·lectiva que es caracteritzen per ser obertes, lliures i neutrals. Són obertes perquè tothom té el dret a conèixer la forma en què es construeixen. Són lliures ja que l'accés a la xarxa està impulsat per un principi de no discriminació, pel que són universals. Finalment són neutrals perquè qualsevol solució tècnica disponible es pot emprar per ampliar la xarxa, i perquè la xarxa es pot utilitzar per transmetre dades de qualsevol tipus per qualsevol participant, incloent també fins comercials.

Exemples representatius són² són Freifunk (FF) a Alemanya, la Xarxa Comunitària Metropolitana Inalambrica d'Atenes (AWMN) a la regió Àtica a Grècia, FunkFeuer (0xFF) a Àustria i Ninux.org a Itàlia, totes elles amb milers d'enllaços, la majoria sense fils³, però integrant gradualment fibra òptica i enllaços sense fils òptics.

Tot i que les XCs ja s'han estudiat des de diverses perspectives [3] [4], encara no hi ha una comprensió clara de les pràctiques i metodologies que han donat lloc a aquest tipus de sistemes col·laboratius complexos. En aquest treball s'aborda aquesta mancança mitjançant l'anàlisi de guifi.net⁴ [5] [6], la XC més gran.

El 2004, guifi.net va començar com un grup de persones que es reunien regularment per planificar i desplegar la xarxa. Aquest grup buscava formes de crear infraestructura de xarxa entre aficionats en zones rurals remotes, zones ignorades o desatenses pels ISP convencionals, aprofitant un espectre ràdio-elèctric d'ús sense llicència, programari lliure i dispositius Wi-Fi de baix cost. Juntament amb l'expansió de la xarxa, els participants també van discutir formes d'estructurar aquesta comunitat que creixia de forma tan ràpida. Portar la xarxa a noves ubicacions requereix coordinació per planificar els enllaços, per configurar el maquinari, per alinear les antenes, etc. A més, noves tasques com el disseny de xarxes, la coordinació del enrutament, i l'assignació d'adreces es van tornar cada vegada més importants a causa del creixement de la xarxa i de la comunitat. Aquestes tasques han donat lloc a moltes eines que s'han desenvolupat específicament per a guifi.net i que utilitza la comunitat de guifi.net.

En aquest treball es descriuen els principis fonamentals de guifi.net, i com la seva aplicació resulta en un bé col·lectiu, la infraestructura de xarxa, que es construeix de forma col·lectiva amb les contribucions de molts participants, i governada com un recurs procomú⁵.

Identifiquem i analitzem el més rellevant d'aquestes eines i discutim el seu impacte en l'expansió de guifi.net. Com a resultat de les nostres investigacions, creiem fermament que guifi.net ha fet contribucions molt importants, no només per a la formalització del concepte de XC en si mateix, sinó també en el desenvolupament i l'aplicació d'eines socials i tècniques eficaces per fer que les XCs siguin sostenibles i escalables. Aquestes eines estan en constant evolució per millorar la posada en pràctica del model de béns en comú o "procomú".

La resta d'aquest document s'estructura com segueix. La Secció 2 presenta els principis subjacents de guifi.net que estructuraven la participació i l'ús de la xarxa, i discuteix el seu paper en un procés de producció social que es tradueix en un bé col·lectiu que es gestiona com un recurs en comú. La Secció 3 estudia els participants involucrats i presenta l'arquitectura dels mecanismes de govern. La Secció 4 introdueix les eines i estratègies desenvolupades per implementar aquests principis, com ara eines de programari per compartir informació, per a la comunicació entre grups, coordinar contribucions, per supervisar i regular la comunitat, estipular els convenis de col·laboració, resoldre conflictes, i compensar desequilibris. La Secció 5 presenta els resultats assolits pel que fa a la infraestructura en comú, la interconnexió amb altres xarxes, la comunitat de participants, el marc institucional i l'impacte mesurable en zones amb fort desenvolupament d'infraestructura. A la secció 6 analitzem i discutim els resultats. La Secció 7 analitza la correspondència

²FF: <http://freifunk.net/>, AWMN: <http://www.awmn.net/>, 0xFF: <http://www.funkfeuer.at/>, Ninux: <http://www.ninux.org/>

³El terme *sense fils* era àmpliament utilitzat per referir-se a aquest tipus de comunitat, amb el nom habitual de xarxes comunitàries sense fils. Actualment, però, es prefereix evitar aquest terme per a ser agnòstic respecte a opcions tecnològiques.

⁴<http://guifi.net>

⁵ Common-pool Resource (CPR) en anglès: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Procom%C3%BA>

amb els models acadèmics de CPR. La Secció 8 presenta lliçons apreses que es poden generalitzar. A la secció 9 es comenten possibles direccions futures. Finalment, es presenten les conclusions a la Secció 10.

Les xarxes d'ordinadors s'anomenen en endavant com *xarxes* i les infraestructures de xarxa com *infraestructures*.

2. Principis

Els principis fonamentals de guifi.net, definits des d'un principi per a ser totalment incloent, giren entorn ai) l'obertura d'accés (ús) de la infraestructura, i ii) l'obertura de participació (construcció, operació, gestió) en el desenvolupament de la infraestructura i la seva comunitat.

Accés obert i no-discriminatori. L'accés és no discriminatori perquè els preus es determinen en termes de costos (en lloc de orientat a la demanda i mercat) sota el principi de comerç just per valorar el cost del treball. És obert perquè qualsevol persona té dret a unir-se a la infraestructura.

Participació oberta. Qualsevol té el dret a unir-se a la comunitat. D'acord al seu paper i interessos, es poden identificar quatre grups principals: i) els voluntaris, interessats en aspectes com la neutralitat, la independència, la creativitat, la innovació, el bricolatge, i la protecció dels drets dels consumidors; ii) els professionals, interessats en aspectes com la demanda, l'oferta de serveis, i l'estabilitat de funcionament; iii) els clients, interessats en l'accés a la xarxa i el consum de serveis; i iv) les administracions públiques, interessades en la gestió d'atribucions i obligacions específiques per regular la participació social, l'ús de l'espai públic, i fins i tot en la satisfacció de les seves pròpies necessitats de telecomunicació. S'ha de conservar un cert equilibri entre aquests quatre grups, ja que cada grup té atribucions naturals que no han de delegar o ser dutes a terme per qualsevol altre grup.

Aquests principis fonamentals aplicats a una infraestructura donen com a resultat una xarxa que és un *bé col·lectiu, produïda socialment*, i governada com un *recurs procomú (CPR)*.

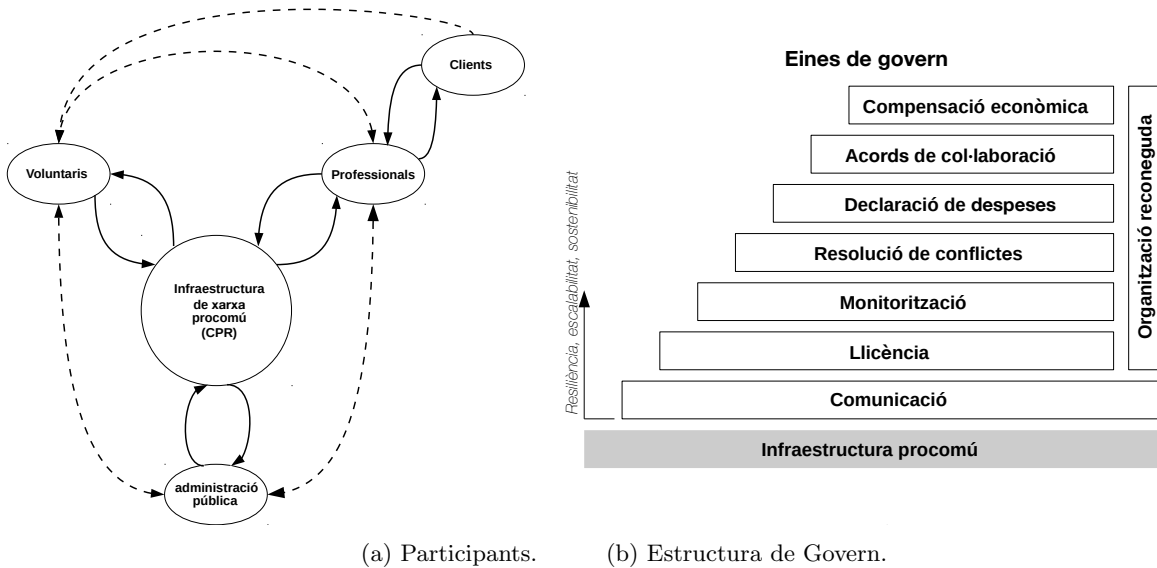
La xarxa és un *bé col·lectiu* o una propietat col·laborativa (entre parells) en què els participants aporten els seus esforços i contribueixen béns (routers, enllaços, i servidors) que es comparteixen per construir una xarxa d'ordinadors, que unida per diversos protocols d'Internet donen com a resultat una propietat col·laborativa, sempre que les regles de la comunitat, la llicència de la comunitat, siguin respectades per tots els participants.

El desenvolupament d'una XC és una *producció social* o una producció col·laborativa perquè els participants treballen de forma cooperativa, a escala local, per desplegar una infraestructura i construir illes de xarxa, ia escala global per compartir coneixements i coordinar accions per assegurar la interoperabilitat de la infraestructura desplegada a escala local.

Se segueix el model de *recurs col·lectiu en comú (CPR)* per mantenir i governar la xarxa. Els participants han d'acceptar les regles per unir-se a la xarxa i han de contribuir la infraestructura necessària per fer-ho, tot i que mantenen la propietat dels dispositius que han contribuït i el dret a retirar-se.

Alguns dels beneficis esperats del canvi de paradigma, que es deriven dels principis definits prèviament, són:

- Desaparició de la multiplicitat d'infraestructura perquè tots els participants operen a la mateixa de forma cooperativa. El CPR defineix els mitjans per reduir el cost de transacció de compartir, promocionant aquesta pràctica.
- Augment de l'eficiència de la infraestructura, com a conseqüència del punt anterior.
- Estalvi de costos, incloent estalvi ambiental, com a conseqüència del primer punt. Aquest estalvi és el resultat de l'agregació i compartició de recursos. Es pot obtenir capacitat addicional a un cost marginal de la capacitat necessària, gràcies a la compartició, menor que el cost de desplegar infraestructura addicional. Aquest model cooperatiu permet que nous participants, petits i locals, puguin desenvolupar-se amb facilitat donada la reducció dels costos i inversions inicials per arrencar noves infraestructures i nous serveis.



(a) Participants. (b) Estructura de Govern.

Figure 1: Participants i estructura de govern.

- Estalvi en el cost d'accés, no només pel primer punt, sinó també perquè els preus s'orienten a costos (orientat a comerç just). Això té repercussions econòmiques positives a favor dels serveis digitals i més oportunitats per al desenvolupament econòmic local com a conseqüència de la reducció de barreres d'accés i ús per a més població.
- La participació i suport dels ciutadans per portar la xarxa a on sigui necessària, tenint en compte la reducció de costos, complexitat, risc i coneixement necessari per ampliar la xarxa, trencant la dependència amb els plans de desplegament de ISPs.
- Universalització de l'accés a la infraestructura, com a conseqüència dels dos punts anteriors.
- Creació del marc necessari per a un veritable mercat de lliure competència de serveis.

3. Participants i Estructura de Govern

No obstant això, com qualsevol altre CPR, les XCs són fràgils. Més concretament, són propenses a la congestió, ja que la connectivitat és rival, i subjecta al problema d'abús, perquè les XC són intencionalment no excloents. Per tant, es necessiten instruments de govern eficaços i efectius per protegir el recurs principal del seu esgotament, és a dir, per a protegir-lo de la *Tragèdia dels comuns* [7].

Per construir una arquitectura de govern eficaç, és essencial identificar clarament els tipus de participants segons els seus interessos, tasques específiques, i els possibles conflictes d'interès. Com es mostra a la figura 1a, hi ha quatre tipus principals de participants. Els *voluntaris*, iniciadors del projecte, que a causa de la seva falta d'interessos econòmics són responsables de l'operació de les eines i dels mecanismes de govern i supervisió. Els *professionals* que proporcionen qualitat de servei, i els seus *clients* que aporten els recursos que fan econòmicament sostenible l'ecosistema. Les *administracions públiques* són responsables de la regulació de les interaccions entre el desplegament i l'operació de la xarxa i els béns públics, com ara l'ocupació de domini públic. Tots els participants que extreuen connectivitat han de contribuir amb infraestructura, directament o indirectament, i poden participar en el procés de creació de coneixement.

La Figura 1b representa l'estructura dels eines de govern. Uns mitjans de *comunicació* eficaços són essencials per a qualsevol projecte de producció entre iguals. La *licència* estableix el marc de participació i estableix els límits del CPR. El marc de participació ha de ser prou flexible com per permetre que els mecanismes d'auto-sostenibilitat, com l'activitat econòmica, però al mateix temps ha de salvaguardar

l'essència del projecte. El sistema de *monitorització* és essencial per al funcionament de la xarxa (tractar congestió, errades, etc.) i per comptabilitzar l'ús de recursos. Un clar *sistema de resolució de conflictes* evita l'arbitrarietat i redueix el nombre de conflictes. A través del mecanisme de *declaració de despeses* els participants indiquen els recursos que han contribuït que s'han de tenir en compte. El sistema de *convenis de col·laboració* regula l'ús amb ànim de lucre dels recursos. El sistema de *compensació econòmica* equilibra les contribucions que han estat comptabilitzades i l'ús de recursos dels participants amb fins de lucre. Finalment, es necessita una organització amb autoritat reconeguda per tots els participants per operar les eines i mecanismes abans esmentats.

4. Implementació

En aquesta secció s'explica com l'arquitectura de govern presentada a la Secció 3 s'implementa com a eines a guifi.net.

4.1. Eines de comunicació

Per la seva naturalesa tècnica de la comunitat, tot tipus d'eines de col·laboració han sorgit a guifi.net. Com era d'esperar, gairebé totes elles són programes lliures i estan allotjats en els servidors de la comunitat. Els següents són els més significatius.

Lloc web. És la principal eina de participació i coordinació. Integra totes les eines de programari descrites anteriorment, proporcionant una plataforma completa per dissenyar, implementar i operar XCs.

Llistes de correu. El mètode de comunicació preferit per a la discussió són les llistes de correu⁶, que poden ser globals, territorials o temàtiques. Estan obertes per defecte⁷.

Xarxes socials. uuna plataforma social⁸ emmagatzema documentació i maneja discussions. Els grups de treball són públics per defecte, però hi ha també grups tancats per protegir informació sensible.

Reunions cara a cara. Les reunions cara a cara juguen un paper molt específic en l'enfortiment de relacions socials, normalment setmanals o mensuals. En aquestes reunions els participants treballen en els seus projectes i ajuden els novinguts a unir-se al grup i a la xarxa. Les reunions globals de la comunitat de guifi.net són generalment anuals, itinerants i organitzades per un grup local diferent cada vegada. Als esdeveniments internacionals de XCs més rellevants típicament assisteixen almenys un o dos membres de guifi.net.

4.2. Marc de participació

Les següents eines desenvolupen el marc legal de participació a la xarxa.

Llicència del Comuns de la Xarxa (LCX). La llicència es denomina *Comuns de la Xarxa Oberta, Lliure i Neutral "XOLN"*⁹ És la llicència a la qual qualsevol participant a guifi.net ha d'acceptar. En ella s'estableixen els principis fonamentals i els articles estableixen amb precisió els drets i obligacions dels

⁶<https://llistes.guifi.net/sympa/>

⁷Només s'accepten llistes de correu tancades en situacions molt justificades.

⁸<http://social.guifi.net/>

⁹Comuns XOLN en Català <https://guifi.net/ComunsXOLN>. El preàmbul de la XOLN Compacta és:

- *Ets lliure d'utilitzar la xarxa per qualsevol propòsit en tant que no perjudiquis al funcionament de la pròpia xarxa, la llibertat dels altres usuaris, i respectis les condicions dels continguts i serveis que lliurement hi circulen.*
- *Ets lliure de saber com és la xarxa, els seus components, com funciona i difondre'n el seu esperit i funcionament.*
- *Ets lliure d'incorporar serveis i continguts a la xarxa amb les condicions que vulguis.*
- *Incorporant-te a la xarxa, ajudes a estendre aquestes llibertats en les mateixes condicions.*

participants. Està escrita per a ser aplicable en el marc de la legislació espanyola. La seguretat jurídica és essencial per estimular la participació i la inversió, que al seu torn, és la base de qualsevol activitat econòmica. La llicència s'ha desenvolupat com a part d'un llarg procés de deliberació participativa durant diversos anys, amb contribucions de molts membres de la comunitat, arribant a un consens, revisada i aprovada en diverses versions de la Junta Directiva de la Fundació. La versió inicial¹⁰ és de Gener de 2005.

La Fundació guifi.net. La *Fundació Privada per a la Xarxa, Lliure i Neutral guifi.net* va ser creada per la comunitat guifi.net per donar una identitat legal al projecte guifi.net. La seva missió fonamental és protegir i promoure les xarxes utilitat pública com guifi.net. Per protegir la xarxa, manté la LCX i imposa el seu compliment si cal. Les activitats de promoció inclouen el desenvolupament de projectes estratègics i innovadors, l'operació de zones crítiques de la infraestructura, les tasques de difusió, etc. La Fundació compta amb un conjunt d'eines (com l'espai d'adreces IP, la identitat legal, la possibilitat d'operar sota el seu nom) a disposició de qualsevol persona que vulgui contribuir a ampliar la xarxa, professionals inclosos. També realitza moltes activitats de difusió. La Fundació està integrada pel Consell d'Administració (no remunerat) i els treballadors. Està finançat pels serveis que presta als professionals, com les activitats que duen a terme al Centre d'Operació de Xarxes (NOC) i l'operació del sistema de compensació econòmica, i dels projectes específics en què es pot participar (per exemple, projectes de recerca i activitats de consultoria). La Fundació té un paper vital en la coordinació i gestió de l'ecosistema de guifi.net. No obstant això, el seu poder és bastant limitat, ja que, igual que la resta dels participants, només és propietària de la part d'infraestructura que ha contribuït, i totes les seves accions estan restringides a la seva missió fundacional de coordinació i arbitratge. Per tant, la seva autoritat es basa principalment en la seva reputació.

Convenis de col·laboració. Són un conjunt de plantilles estandarditzades basades en l'experiència de molts convenis específics al llarg dels anys. El nombre d'acords específics justifica el procés d'estandardització, que la Fundació ha guiat. La Fundació és sempre una de les entitats signants. D'aquesta manera es construeix una xarxa de confiança amb la Fundació en el seu centre. Els acords tenen la missió d'atorgar el compromís de les parts a la LCX, millorant i enfortint el marc legal establert per la llicència.

Els professionals poden triar entre tres opcions¹¹ en funció del seu nivell de compromís amb la utilitat pública. El *Tipus A, ple compromís*, el preferit per la Fundació, implica que tota la infraestructura desplegada per un professional es destina al procomú; *tipus B, compromís parcial*, és per a aquells professionals que només contribueixen parcialment al procomú; *tipus C, oportunista*, és per al professional que no aporta cap infraestructura per la utilitat comuna (és a dir, que utilitza el que està disponible, però no contribueix en absolut). L'acord implica l'acceptació d'un conjunt d'Acords de Nivell de Servei (SLA) que organitza la coexistència entre professionals. No s'accepten acords personalitzats.

Les administracions públiques tenen una única plantilla. Tot i que sovint pretenen modificar-la, és important mantenir els textos el més pròxims al model en nom de l'homogeneïtat. El text estàndard està dirigit a i) alleujar les limitacions legals de les administracions públiques a l'hora de participar en les activitats de telecomunicació, així com evitar certes responsabilitats, que queden fora de l'abast de les seves tasques normals, sobretot per a les administracions petites i mitjanes¹², i ii) organitzar com posen els seus recursos públics a disposició de la XC, i per tant a tots els proveïdors d'Internet (per exemple, els que no volen contribuir a la XC tenen accés a aquests recursos a través del tipus C del conjunt d'acords per professionals).

¹⁰<http://guifi.net/ca/ComunsSensefils>

¹¹<http://social.guifi.net/groups/guifi-coord/conveni-dactivitats-econ%C3%B2miques-instal%C2%B7lacions-connectivitat-i-manteniments-en-la>

¹²A la Unió Europea, així com en la majoria dels països occidentals, les telecomunicacions són un servei públic que ha de ser proporcionat pel sector privat. En aquest context, el marge de maniobra de les administracions públiques es limita a accions molt específiques (auto-provisió, àrees no servides, etc.) i sota condicions molt especials (comptabilitat separada, auto-finançada, etc.)

Finalment, alguns acords estan en marxa amb altres entitats com universitats o ONGs. A causa del reduït nombre i heterogeneïtat dels casos, aquests encara no s'han estandarditzat.

4.3. Eines de Gestió i Construcció de la Xarxa

La comunitat de guifi.net ha desenvolupat un conjunt d'eines informàtiques¹³ per facilitar el disseny, implementació, administració i operació de la xarxa. Les eines estan orientades a donar suport a l'auto-provisió de xarxa i donar suport als esforços de construcció col·lectiva de la infraestructura pels membres de la comunitat, donada la interdependència entre la xarxa social i la xarxa de comunicacions. La majoria d'elles estan integrades a la pàgina web de guifi.net¹⁴. Totes les eines s'han desenvolupat seguint el model de programes lliures utilitzant una plataforma pública de desenvolupament col·laboratiu¹⁵ i estan a disposició del públic sota la Llicència Pública GNU¹⁶. L'automatització és essencial per reduir la corba d'aprenentatge per participar i evitar errors humans. També és clau disposar de conjunts de dades obertes que siguin consistents i detallats perquè la xarxa es pugui desplegar al territori.

Mapa de la xarxa¹⁷ La planificació de la xarxa requereix mapes i diverses eines per calcular distàncies i línies de visió, seleccionar els nodes veïns, contactar amb les persones a càrrec, etc. Aquesta eina combina mapes geogràfics amb mapes de la xarxa per recopilar i compartir tot el coneixement sobre la xarxa i els participants involucrats en ella.

Assignació d'adreces IP i configuració d'enrutament¹⁸ Aquesta és una eina de suport que gestiona l'assignació d'adreces IP i la configuració del enrutament. Aquests procediments estan completament automatitzats. La informació resultant s'emmagatzema a la base de dades principal.

unsolclic¹⁹ La configuració de tots els routers està totalment automatitzada. La interacció humana s'ha reduït a *copiar i enganxar* o *regrabar* el sistema operatiu. Això ajuda a evitar errors de configuració que poden crear conflictes a la xarxa i facilita el procés de configuració de nodes, que a la vegada promou una major participació.

Community Network Markup Language (CNML)²⁰ El CNML és una especificació XML desenvolupada a guifi.net que presenta la informació de la base de dades de guifi.net. Totes les interaccions s'han de fer a través d'aquesta representació.

Monitorització de la xarxa²¹ S'ha desenvolupat i posat en marxa un sistema de monitorització de xarxa totalment distribuït. Ha estat clau per ajudar a la comunitat a visualitzar l'ús i identificar problemes o colls d'ampolla.

Finançament col·lectiva de la xarxa²² Des de molt al principi del desenvolupament, es va crear una eina per coordinar la recollida de contribucions econòmiques voluntàries per finançar nodes o enllaços nous o actualitzar que puguin beneficiar-se directament o indirectament a diversos usuaris. L'eina permet la creació d'una proposta amb un pla detallat que inclou una descripció del projecte, el seu cost i una data límit per a contribucions. Si el pressupost objectiu es compleix dins el termini, l'iniciador recollirà els diners i posarà en marxa l'acció. Aquest mecanisme ha demostrat ser molt reeixit per compartir entre la comunitat els costos d'actualitzar enllaços amb limitacions o afegir nous nodes que beneficiïn diversos ciutadans.

Declaració de despeses²³ Aquesta eina permet la declaració de despeses i el seguiment i anàlisi dels anteriors. S'ha desenvolupat com a part del sistema de compensació econòmica (descriu en 4.4). Distingeix entre les contribucions fetes per professionals de les realitzades per voluntaris, així com la

¹³El lloc web de guifi.net utilitza el CMS de Drupal i la base de dades MySQL. Totes les eines desenvolupades són mòduls de Drupal.

¹⁴<https://guifi.net/es/guifi/menu>

¹⁵<https://gitorious.org/guifi>

¹⁶<http://serveis.guifi.net/debian>

seva informació. Es va desenvolupar a partir de la constatació que els professionals no inverteixen en la infraestructura, que només consumeixen amb l'excusa de no patir abusos de les seves inversions per uns altres. Aquesta eina registra qualsevol despesa, com la inversió en la capacitat o el manteniment, perquè els participants tinguin un entorn equitatiu que comptabilitzi, promogui, recompensi i creu certesa per promoure una compensació justa i proporcional en termes d'accés als recursos d'acord a la inversió cooperativa a llarg termini en la infraestructura entre tots els participants. Això es tradueix en un creixement sostenible de la infraestructura i que evita l'abús.

4.4. Eines de Govern

Aquestes són les eines socioeconòmiques que el projecte ha desenvolupat per mantenir operativa la infraestructura i el projecte en si. La Fundació és responsable de mantenir aquestes eines en funcionament.

Sistema de resolució de conflictes. S'ha desenvolupat un procediment sistemàtic i clar per a la resolució de conflictes amb una escala gradual de sancions²⁴. Està composta per tres etapes: conciliació, mediació i arbitratge, totes elles guiades per un advocat elegit entre un grup de voluntaris. El cost dels procediments es carrega a la part responsable o a ambdues parts en cas d'empat. Aquest sistema es va desenvolupar a partir de l'experiència i s'ha definit de manera precisa per ajudar a fer front a aquests conflictes d'una manera ràpida i estàndard, amb l'ajuda d'advocats, i escalable per a una comunitat en creixement. Es va desenvolupar en un moment en què les discussions entre alguns participants van amenaçar tot el projecte. La Fundació va haver de prendre un paper de lideratge en el seu desenvolupament i aplicació.

Sistema de compensació econòmica. El sistema de compensació econòmica s'ha desenvolupat i aplicat per compensar els desequilibris entre la inversió en la infraestructura procomú i l'ús de la xarxa pels professionals. Les despeses declarades pels professionals es compensen periòdicament segons l'ús de la xarxa. La Fundació realitza els càlculs i es posen a disposició dels professionals. La Fundació centralitza i gestiona el sistema de facturació (cada professional fa o rep un pagament únic). Un ingrés típic de la Fundació és un percentatge, en funció de cada tipus de professional, que es carrega al resultat d'aquests càlculs²⁵. A més, els professionals poden cobrar una quantitat raonable per connexions oportunistes²⁶ fins que les seves inversions estiguin cobertes. El sistema de compensació econòmica també proporciona mecanismes per compensar aquells que, havent contribuït infraestructura, volen retirar-se de la infraestructura procomú.

5. Resultats

En aquesta secció es presenten els resultats més rellevants del projecte guifi.net. En primer lloc, s'analitza la infraestructura de xarxa procomú. Els seus paràmetres físics es poden quantificar gràcies a la base de dades i la informació al seu lloc web. No obstant això, els costos s'han d'estimar perquè l'eina de programari per a informar de les despeses s'ha establert recentment. Continua una descripció de la interconnexió a altres infraestructures de xarxa. En aquest cas, els costos es poden establir amb més precisió ja que la informació sobre la majoria d'ells es comparteix entre la Fundació i els operadors. Quant a participació, les dades que es presenten són més aviat qualitatives, ja que, a causa de l'obertura del projecte, només es poden quantificar indicadors indirectes. La descripció de l'impacte del projecte es basa en informació de tercers.

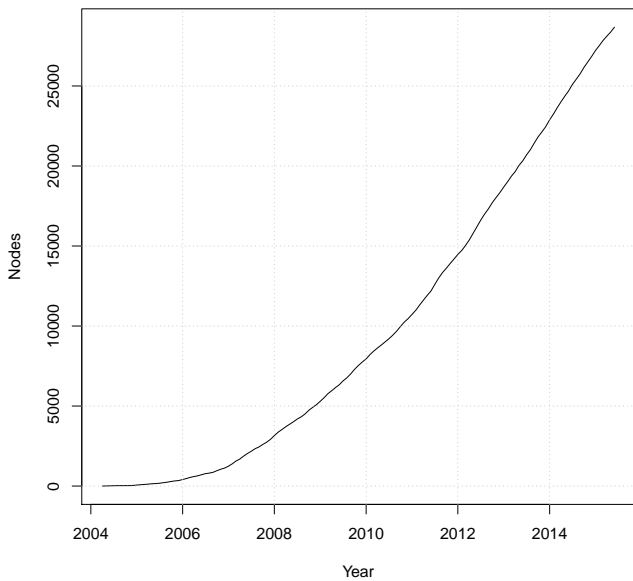
5.1. La infraestructura en Comú

Actualment, a nivell físic guifi.net combina diverses tecnologies: ràdio i fibra òptica són les més comunes. A causa de l'assequible, accessible i fàcil de desplegar, la WiFi va ser la primera tecnologia que es va utilitzar

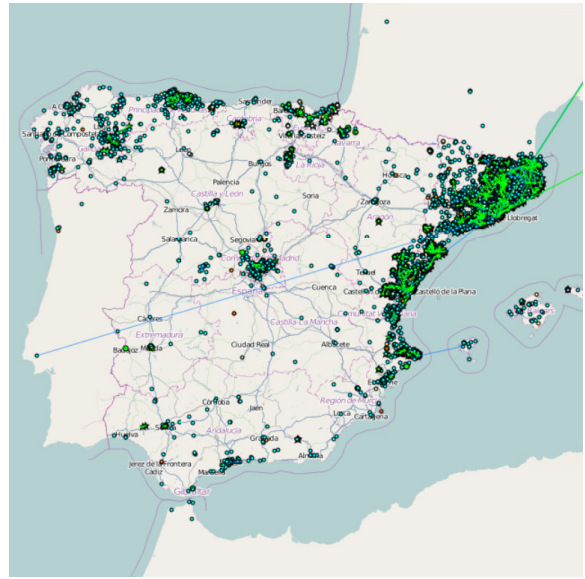
²⁴<http://social.guifi.net/groups/guifi-legal/reglament-dels-procediments-de-resoluci%C3%B3-de-conflictes>

²⁵Tipus A 10% (per cobrir despeses administratives), Tipus B 50% i Tipus C 100%.

²⁶Un node client que es connecta de forma amateur a un supernode que ha pagat un professional.



(a) Nombre total de nodes operatius.



(b) Desplegament de guifi.net (Juny 2015).

Figure 2: Resum de guifi.net

i segueix sent la més popular, fins al punt que es considera totalment integrada en l'ecosistema (és a dir, que és totalment compatible amb les eines de la web i el seu ús està molt estès entre professionals i voluntaris). Els nodes inicials de guifi.net ja s'havien desplegat el 2004. La Figura 2a representa l'evolució del total de nodes operatius al llarg del temps. La fibra òptica es va introduir²⁷ per primera vegada l'any 2009.

Al juny de 2015, guifi.net té un total de 44.824 nodes, 28.675 d'ells declarats com operatius, el que representa 32.672 enllaços WiFi (29.946 AP-Client i 2726 punt-a-punt) i correspon a una longitud total de 52.443 quilòmetres. La majoria dels nodes, 44.432 del total, es troben a Espanya. La Figura 2b mostra la seva distribució en el mapa. La Figura 3 mostra dos casos de implantació local (vistes generals en la part superior i vistes detallades a la part inferior).

Pel que fa a la fibra òptica, a causa del fet que el registre d'aquest tipus d'enllaç encara no està en producció²⁸, de moment els números només es poden estimar per mitjans alternatius. Calculem al voltant de 100 enllaços²⁹.

Topològicament parlant, les xarxes Wi-Fi i de fibra òptica són bastant similars [6]. En els dos casos els *nodes* d'usuaris finals es connecten a un punt central (els *supernodes* en WiFi i el *PoPIX* –Point-of-Presence Internet Exchange– en fibra òptica)³⁰, i els supernodes es connecten entre si a través d'enllaços dedicats que formen la dorsal de la xarxa. En WiFi pràcticament tots els enllaços els han desplegat membres de guifi.net. Per contra, en fibra òptica la majoria de desplegaments d'enllaços punt-a-punt són fibres fosques subcontractades³¹. La Figura 4 mostra la distribució actual dels PoPIX operatius (15 en total). A les zones en què les dues tecnologies coexisteixen, els enllaços de fibra òptica estan substituint als de WiFi a la dorsal,

²⁷<http://guifi.net/node/23273>

²⁸Aquesta funcionalitat, que va implicar el redisseny i una quantitat significativa de codi nou, es va desenvolupar en l'estiu de 2014 i s'espera que estigui en producció en 2015. La gran quantitat d'enllaços òptics ja desplegats requerirà temps addicional per registrar totes aquestes dades.

²⁹Aquesta estimació s'ha realitzat a partir de la informació aportada per cada ISP i comparant respostes amb la quantitat de trànsit i la quantitat d'adreces IP assignades.

³⁰En WiFi el *mode d'infraestructura* (és a dir, la combinació de manera mestre-client per a connexions entre node i supernode i enllaços Punt-a-Punt -PtP- dedicats entre supernodes) ha demostrat ser molt més eficient que les solucions basades en la manera Ad-Hoc de IEEE 802.11. No obstant això, algunes parts de la xarxa operen en mode Ad-Hoc.

³¹Fins ara tot al proveïdor de fibra fosca nacional català <http://www.xarxaoberta.cat/about/xoc>

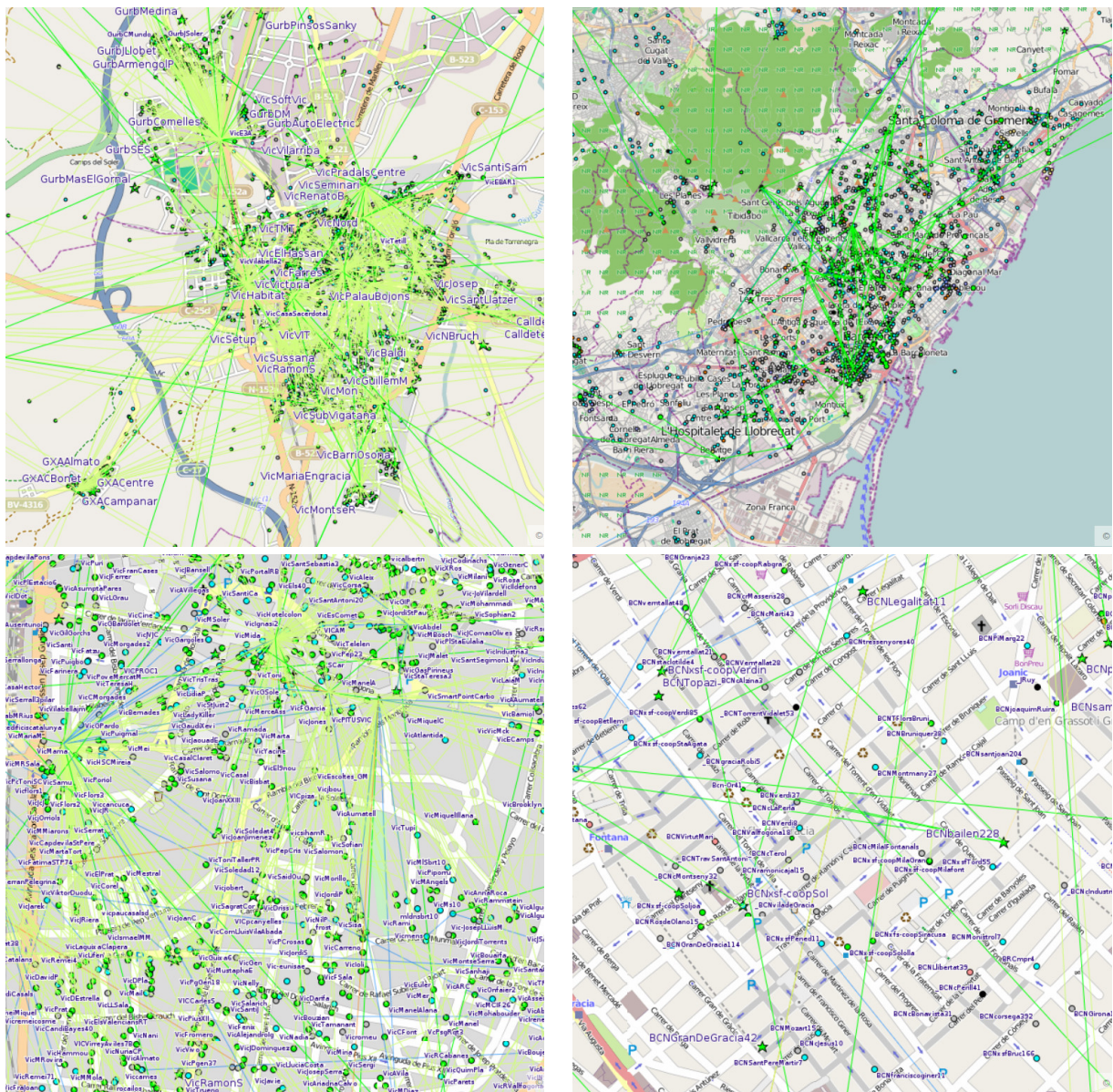


Figure 3: Mapes de guifi.net (Juny de 2015). Ciutats. Esquerra: Vic. Dreta: Barcelona. Superior: general. Inferior: detallada.

i aquests estan formant una xarxa intermèdia, el que resulta en una topologia més eficaç³². El sistema de compensació econòmica s'aplica a nivell de PoPIX. La mètrica utilitzada per quantificar l'ús de la xarxa és el percentatge de l'agregació total del tràfic entrant i sortint a xarxes que no es gestionen en comú (és a dir, el trànsit cap i des del NIX o amb els transportistes).

Segons estimacions de la Fundació guifi.net presentades a la Taula 1 i a la Taula 2, les inversions en béns de capitals (CAPEX) de la infraestructura construïda a procomú són superiors a 7,3M € i les despeses de funcionament (OPEX) són superiors a 3,0M € anuals.

A nivell IP guifi.net utilitza adreces privades d'IPv4 RFC1918. L'assignació d'IPs es va fer inicialment

³²Un graf de menor diàmetre, corregint la situació anormal d'una xarxa dorsal amb diverses desenes de salts WiFi.

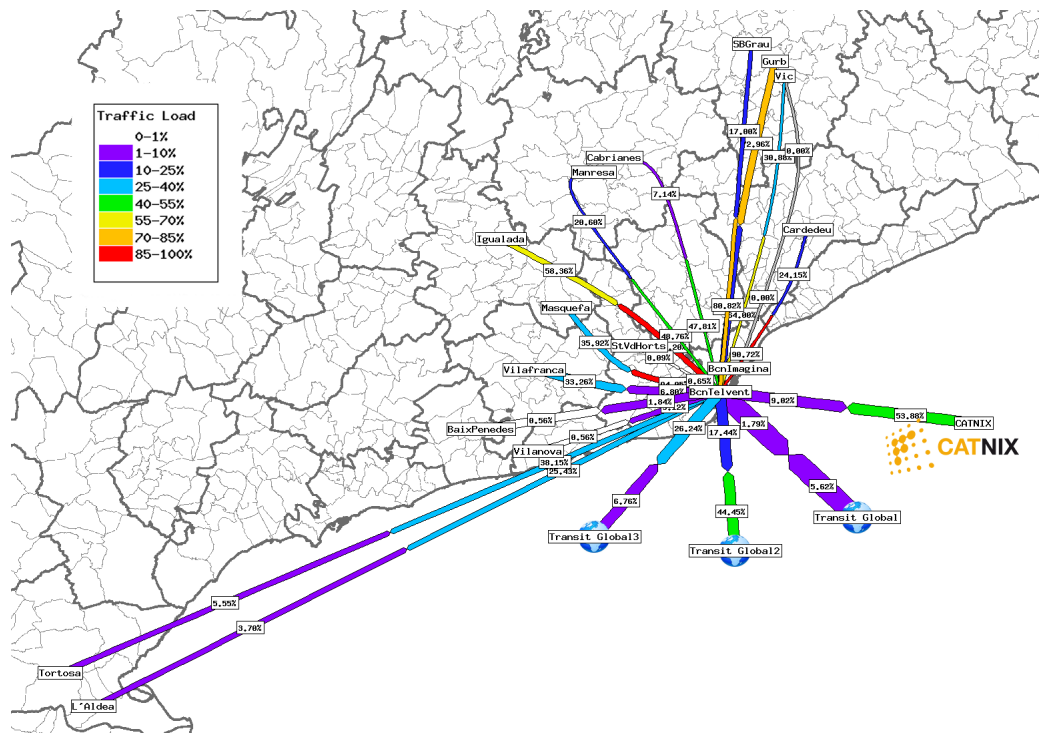


Figure 4: Dorsal de xarxa òptica de guifi.net (Juny de 2015). El gruix de les línies en funció de la capacitat dels enllaços, des de 100 Mbps a 10 Gbps.

Table 1: Estimació de CAPEX a guifi.net (Junio de 2015)

	Quantitat [unitats]	Estimat cost mitjà [€/u.]	Total [€]
node WiFi	28.500	250	7.125.000
node FO	100	1.500	150.000
PoPIX	15	2.750	41.250
Comunes			7.316,250
PoPIX	15	2.750	41.250
Interconnexió			41.250
TOTAL			7.357.500

respectant l'assignació de Xarxes Lliures³³, però en l'actualitat es considera tot l'espai d'adreces $10/8$, encara que en la pràctica només s'usen uns pocs blocs $/16$ ³⁴. Les IPs s'assignen a supernodes en rangs $/27$ ³⁵ i els nodes reben una d'aquestes adreces IP. A més, el bloc $172.16/12$ ³⁶ S'utilitza per als enllaços troncal punt-a-punt. No obstant això, aquest rang no està encaminament, i per tant es refereix freqüentment a les adreces $10/8$ i $172.16/12$ com *adreces públiques* i *adreces privades* respectivament.

A nivell d'enrutament, la xarxa es divideix en *Sistemes Autònoms*, la majoria d'ells corrent OSPF internament, interconnectats via BGP. Les assignacions de números i noms es fan veient la xarxa com una

³³Un projecte iniciat l'any 2000 destinat a harmonitzar la distribució de blocs $10/8$ entre XCs. No es manté des de fa anys.

³⁴Assignació geogràfica.

³⁵Una màscara de xarxa tan petita és un llegat de l'escassetat d'espai d'adreces dels temps de les Xarxes Lliures (es van assignar blocs $10/8$ a cada XC independentment del seu tamany, mentre guifi.net ja tenia milers de nodes, les altres XC tenien desenes com a màxim).

³⁶En el moment d'escriptura, s'utilitza només el bloc $172.25/16$. Les assignacions es realitzen en $/30$.

Table 2: Estimació d'OPEX a guifi.net (Juny de 2015)

	Quantitat [unitats]	Estimat cost mitjà [€/u./any]	Total [€/any]
node WiFi	28.500	96	2.736.000
node FO	100	96	9.600
PoPIX	15	3.600	54.000
Comuns			2.799.600
Proxies	100	720	72.000
PoPIX	15	3.600	54.000
CATNIX	1	7.200	7.200
Uplink	3	12.000	36.000
Colo. Bararcelona	1	18.000	18.000
Colo. Vic	1	2.400	2.400
RIPE-NCC	1	1.800	1.800
Provisió	1	48.000	48.000
Administració	1	18.000	18.000
Gestió tècnica	1	18.000	18.000
Assegurança	1	840	840
Interconnexió			276.240
TOTAL			3.075.840

sola (és a dir, respectant la compatibilitat). Al juny 2015 van anunciar prop de 3.500 rutes en la major núvol BGP³⁷.

5.2. Connexió a altres xarxes

guifi.net està connectada a moltes xarxes, inclosa la Internet global, de diverses maneres. La forma preferida és per interconnexió (“peering”) amb altres xarxes, ja que aquest mètode està estretament alineat amb els principis cooperatius del projecte. Altres maneres menys adequades, però també possibles i utilitzades en l’actualitat, són a través de transportistes de pagament i compartint connexions Internet domèstiques. La interconnexió de la xarxa es concep com a contingut, de manera que com a tal, es posa a disposició segons les condicions de qui l’ofereixi.

La Fundació guifi.net és membre del Punt d’Intercanvi Català (CATNIX³⁸), que compta amb uns 39 membres (comptant IPv4 i IPv6). guifi.net té tres enllaços amb proveïdors independents d’Internet: un a 10 Gbps, un altre a 1 Gbps, i l’últim de 300 Mbps. La capacitat dels enllaços externs i les connexions amb el CATNIX es distribueixen als proveïdors d’Internet, que al seu torn els distribueixen entre els seus clients. La Figura 5 mostra l’evolució del tràfic total de trànsit de guifi.net entrant i sortint en els últims dotze mesos³⁹. A més, la majoria d’operadors tenen rangs IPv4 i IPv6 públics minoristes distribuïts de la mateixa manera. La xarxa també està connectada a la infraestructura experimental Community-Lab.net i com a part d’aquesta guifi.net està federat a nivell de xarxa amb diverses XC Europees.

La forma estàndard en què els usuaris posen les seves connexions domèstiques a Internet a disposició dels altres membres de guifi.net és a través de servidors proxy. Una federació de servidors proxy d’accés a Internet, desenvolupat per la comunitat guifi.net, permet a cada usuari emprar tots ells amb les mateixes credencials i de forma gratuïta. Les línies DSL de les administracions públiques (ajuntaments, biblioteques, telecentres, etc.) se solen posar d’aquesta manera a disposició dels participants de guifi.net d’aquesta manera, ja que ofereix moltes garanties tècniques i, el més important, legals.

D’acord amb les estimacions realitzades per la Fundació el CAPEX de les interconnexions és d’al voltant de 41.250 € i l’OPEX de més de 276.240 € anuals.

³⁷A causa de l’agregació de blocs no està automatitzada.

³⁸<http://www.catnix.net/es/>

³⁹Les discontinuïtats de principis de novembre i mitjans de desembre són clars exemples dels efectes de la integració de nous PoPIX.

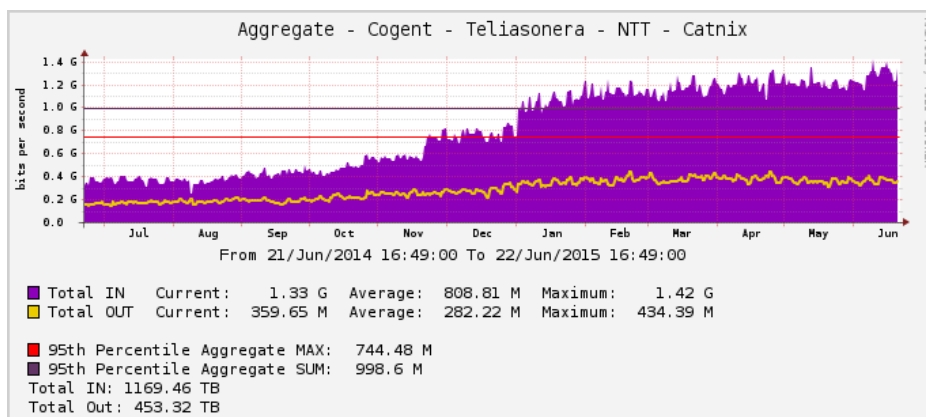


Figure 5: Trànscit entrant i sortint total de guifi.net (Juliol de 2014 a Juny de 2015).

5.3. Participación

Com s'ha indicat, l'ecosistema de guifi.net és molt ric pel que fa a varietat de participants i cada un d'ells juga un paper estratègic. Un estudi [8] en 2014 va trobar 13.407 usuaris registrats al portal de guifi.net i 55 llistes de correu. A continuació es descriu la situació actual dels grups més rellevants.

Voluntaris. Com en la majoria de projectes oberts, el nombre de voluntaris només es pot quantificar mitjançant càlculs indirectes, com ara el nombre de missatges en les llistes de correu, etc., però qualitativament podem dir que la comunitat de voluntaris de guifi.net és saludable. Els voluntaris contribueixen en moltes tasques com iniciar noves àrees, ajudar a nous participants, millorar les eines informàtiques, fer manteniment, etc. Gràcies a la seva proximitat i el seu compromís amb el projecte, són components clau en la tasca de garantir que les normes es compleixin, especialment a les zones on la presència de la Fundació és limitada. Com a indicador de la mida, a més dels 13.407 usuaris registrats al portal, hi ha 40 llistes de distribució regionals.

Professionals. Nou PIMEs participen en el sistema de compensació econòmica. A més, moltes pimes i autònoms realitzen instal·lacions i altres activitats remunerades relacionades amb guifi.net⁴⁰. Malgrat que la competència per clients és sempre una font de tensió (desitjada), que en ocasions pot donar lloc a conflictes, podem afirmar que la convivència és positiva i el nivell de col·laboració és bastant alt. Un indicador de la mida són els 270 membres de la llista de correu de professionals.

L'accés a Internet segueix sent el servei més popular. No obstant això, altres, com VoIP i còpies de seguretat remotes també s'ofereixen des de fa força temps, i nous serveis com distribució de vídeo i vídeo sota demanda són cada vegada més populars, especialment a les zones amb fibra òptica. Els professionals que ofereixen serveis d'infraestructura es coneixen comunament com *instal·ladors* i els proveïdors de contingut com *operadors*.

La Fundació. La Fundació guifi.net es va establir al juliol de 2008. S'ha convertit en membre de CAT-NIX, així com de RIPE-NCC⁴¹ del qual s'ha obtingut el recurs: ASN 49.835, IPv4 109.69.8.0/21, 5.10.200.0/21 i 185.32.16.0/22, IPv6 2a00:1508::/32. Des del punt de vista legal, a través de la notificació corresponent a l'organització de regulació nacional a Espanya⁴², és el operador de la infraestructura xarxa per defecte (és a dir, d'aquelles parts de la xarxa que no són operades per qualsevol altra persona) que és molt convenient per als participants que no estiguin familiaritzats amb aquests detalls

⁴⁰<https://guifi.net/en/node/3671/suppliers>

⁴¹<http://www.ripe.net/>

⁴²Comissió del Mercat de les Telecomunicacions (CMT), <http://cmt.es/>

legals i administratius específics del sector de les telecomunicacions, tals com a voluntaris o administracions públiques.

Com a part de les seves accions per estimular l'activitat econòmica, la Fundació promou projectes de xarxa (per exemple, el desplegament de fibra òptica en un barri) que després els executen professionals (les assignacions de projectes es realitzen d'acord a regles preestablertes, i la Fundació sempre manté el paper de supervisor del projecte). A més, la Fundació ajuda a aquests professionals compartint els seus recursos, especialment quan comencen, i els acompanya durant el seu procés de creixement.

Les seves activitats de difusió inclouen la promoció entre administracions públiques, amb polítics, empreses privades i ciutadans, el diàleg amb el regulador i la resposta a qualsevol convocatòria pública que pugui afectar la xarxa procomú, etc.

Les seves activitats de recerca estan vinculades principalment a col·laboracions amb universitats. La Fundació ha participat (en el període 2011-2015) en dos projectes FP7, un projecte CIP i un projecte H2020 de la Comissió Europea.

Altres organitzacions de guifi.net. Una varietat d'organitzacions sense ànim de lucre complementen l'activitat de la Fundació guifi.net. Són freqüents les associacions locals d'usuaris, algunes amb identitat legal⁴³, i unes altres que són simplement grups informals. Alguns d'aquests grups vénen de comunitats sense fils que es van incorporar a guifi.net, moltes mantenint la seva identitat⁴⁴. També han sorgit iniciatives cooperatives⁴⁵ que han començat a promoure projectes.

Aquest tipus d'organització és un punt d'entrada típic per als nous, ja que fan moltes activitats de difusió i proporcionen suport als principiants. Les associacions i grups informals són els preferits per persones amb coneixements tècnics, mentre que les cooperatives són els preferits per aquells que donen suport els principis i idees de guifi.net, però no tenen el temps o les habilitats necessàries per a posar-lo en pràctica. Dues associacions participen en el sistema de compensació econòmica.

El *grup* LIR (GLIR) és el grup tècnic encarregat d'operar el NOC de guifi.net. Es compon principalment de professionals, però els voluntaris també tenen el dret a participar. Actualment hi ha 42 persones en el grup. El grup és tancat per protegir la informació sensible.

Administracions públiques. Com en qualsevol altre tipus d'infraestructura, les administracions públiques tenen un paper estratègic (formulació de polítiques, promoció, etc.) en el sector de les telecomunicacions. Per tant, la col·laboració és gairebé obligatòria. S'han signat convenis de col·laboració entre guifi.net i moltes d'elles, majoritàriament municipis petits i mitjans (per exemple, amb la quasi totalitat de la comarca d'Osona), però també amb entitats comarcals (per exemple, *Consell Comarcal d'Osona*). Es pot veure clarament una correlació entre la grandària dels municipis i el nivell de compromís amb la xarxa procomú; com més petits i menys atesos per les empreses de telecomunicacions convencionals, més fort és el compromís i més importants són les contribucions. De moment, més de cent ajuntaments estan col·laborant activament amb guifi.net, la majoria d'ells a través de la Fundació però també a través d'instal·ladors i operadors locals.

Universitats. La Fundació ha signat convenis de col·laboració amb gairebé totes les universitats catalanes. Algunes activitats de col·laboració inclouen el desplegament d'infraestructura, projectes d'investigació, tutoria d'estudiants, difusió, etc.

Altres tercers. Els següents són exemples de molts casos de col·laboracions amb tercers que han resultat en contribucions a la xarxa procomú. Aquests casos mostren que gairebé qualsevol entitat o organització pot contribuir. Des de 2008, el domini de primer nivell català (.cat) té la majoria dels seus servidors a les instal·lacions de guifi.net; seva contribució va ser fonamental per posar en marxa el primer PoPIX.

⁴³Ex. *Associació per a l'Expansió de la Xarxa Oberta*, Ex. *Delegació territorial de la Fundació a l'Maresme*

⁴⁴Ex. Badalona Wireless, Gràcia sense fils, Pineda sense fils, etc.

⁴⁵Ex. *Sestaferia.net*, *ETICOM / Somconexió*, *Guifi Baix*, etc.

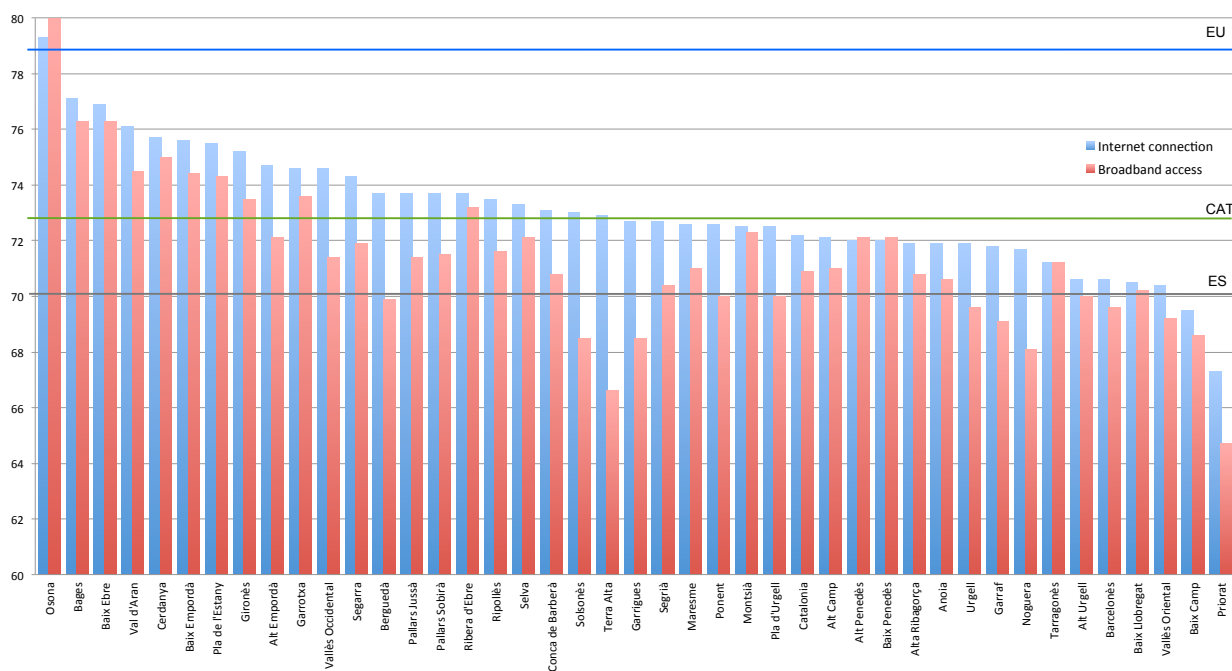


Figure 6: Banda ampla i accés a Internet a les llars catalanes per comarca en 2013. Font: IDESCAT⁴⁸

L'Hospital de Vic⁴⁶ S'autoabasteix seves necessitats de connectivitat a través d'un cable de fibra òptica desplegada per ells mateixos i que és part del procomú.

5.4. Govern

Sistema de resolució de conflictes. Només tres casos de conciliació s'han produït des que el sistema de resolució de conflictes es va establir el 2013. El nombre de disputes en els fòrums i en les llistes de correu s'ha reduït considerablement.

Sistema de compensació econòmica. El sistema de compensació es va iniciar al PoPIX de Barcelona a l'abril de 2014. Actualment s'implementa en quatre PoPIX i el pla és estendre a la resta per a finals de 2015.

5.5. Impacte

La Figura 6 presenta dades sobre la penetració de banda ampla i accés a Internet a les llars de Catalunya el 2013, publicat per l'Institut Català d'Estadística (públic) (*Institut Català d'Estadística (IDESCAT)*⁴⁷) per comarca [9]. Inclou també la taxa mitjana d'accés a Internet de la Unió Europea, Espanya i Catalunya. El primer aspecte a destacar és que, tot i que Catalunya està uns tres punts per sobre de la mitjana espanyola, segueix estant set punts per sota de la mitjana europea. En segon lloc, i el més rellevant en relació a l'impacte de guifi.net, la comarca catalana amb els millors resultats i l'única que està per sobre de la mitjana de la UE, és Osona, on va néixer guifi.net. A més, és l'única comarca en què l'accés a la banda ampla està per sobre de l'accés a Internet. Els indicadors d'altres comarques on la presència de guifi.net és significativa, com el Bages i el Baix Ebre, també són superiors en comparació amb comarques similars però on la presència de guifi.net és irrellevant.

⁴⁶La capital de la comarca d'Osona.

⁴⁷<http://www.idescat.cat>

Osona té prop de 9.000 nodes⁴⁹. Combinant aquest número amb altres procedents de l'IDESCAT⁵⁰ es conclou que al voltant del 22,4% dels habitants d'Osona té accés a guifi.net: al voltant de 30.500 persones.

6. Discussió

S'han desplegat més de 28.500 nodes operatius al llarg de més de deu anys, amb un CAPEX estimat superior a 7.3M € i un OPEX estimat superior a 3M € per any. Aquests són indicadors suficients per afirmar que el cas de guifi.net demostra que les infraestructures de telecomunicacions es poden mantenir en comú i també que les XC tenen un gran potencial per desenvolupar l'economia local.

L'heterogeneïtat de les tecnologies utilitzades, així com dels participants, i el nivell de col·laboració entre ells reforça l'afirmació anterior. La comunitat de voluntaris demostra que el projecte és realment obert. El nombre de professionals indica que ofereix oportunitats de negoci que garanteixen la seva sostenibilitat. La quantitat de municipis que participen mostra el seu valor social. La comunitat guifi.net es caracteritza per una alta consciència de si mateixa i una voluntat generalitzada de portar el projecte endavant. Tot això es porta a terme seguint un model de construcció col·lectiva molt reeixit, basat en les contribucions d'una gran comunitat de més de 13.000 usuaris registrats i un conjunt d'estructures organitzatives, acords i eines de suport, amb només un parell d'empleats a temps parcial dedicats a aquestes tasques.

Tenint en compte que el nombre de nous nodes de l'últim any és superior a 4.500 (Figura 2a), la gran quantitat de petites i mitjanes núvols de xarxa (Figura 2b), i que una regió que ha adoptat guifi.net, València, ja representa més del 17% dels nodes, podem dir que guifi.net és un projecte de construcció col·lectiva d'èxit que té un impacte real en la societat (Figura 6).

La col·laboració de les administracions públiques és crucial en el desenvolupament efectiu de guifi.net per la comunitat. Es fa evident en comparar la penetració de guifi.net a les ciutats de Vic i Barcelona (Figura 3) - totes dues ciutats amb més d'un operador convencional disponible. De fet, tot i que el compromís del consell de Vic mai ha estat tan fort com el compromís dels municipis més petits de la comarca d'Osona, ha tractat a guifi.net de forma correcta (per exemple, va signar l'acord amb guifi .net, donant un tracte similar al d'operadors convencionals, però entenen les seves característiques). Per contra, la col·laboració amb l'Ajuntament de Barcelona mai ha funcionat. Els resultats no només són evidents en termes de nodes operatius, 1.243 enfront de 329, encara que Barcelona té unes quaranta vegades més població, sinó també en termes de taxes com la de nodes planificats respecte a operatius⁵¹, de 0,32 a 0,60, o de nodes a supernodes⁵², 0,02-0,3.

Explicar per què guifi.net ha començat a Osona i no en una altra part, i per què ha tingut una evolució tan espectacular, requereix una anàlisi detallada. El fet que estigui sota el marc regulador europeu ha estat, òbviament, un facilitador. L'estat de desenvolupament de la tecnologia ajuda a explicar quan va començar (és a dir, després que la WiFi es tornés assequible i flexible), però no respon el perquè s'usa tant en una determinada comarca, ja que hi ha iniciatives sense fils europees més antigues (per exemple, Freifunk va començar l'any 2000). Creiem que els factors clau han estat la visió dels fundadors en l'aplicació dels conceptes *deprocomú* a la infraestructura per al seu disseny i implementació, així com el que tinguessin els coneixements i es comprometessin suficients esforços per posar en pràctica les seves idees. Sense cap dubte, l'enfocament d'autoservei, entenen que l'existència d'una activitat econòmica sòlida és essencial per a la sostenibilitat de qualsevol projecte, i l'enfocament evolutiu per a la solució dels problemes són raons addicionals.

⁴⁹<http://guifi.net/es/Catalunya>, 8.958 sumant Osona i Lluçanès i restant Santa Maria de Marllès i Sant Feliu Sasserra, ja que pertanyen a altres *comarques*

⁵⁰Osona té 71.597 llars, Catalunya 2.944.944 <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=700>; a Osona 38.029 edificis tenen almenys una llar, el 75,6% de les llars són cases unifamiliars <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=692>; la població d'Osona (2013): 155.069 <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=246>; per tant, 4,08 habitants/edifici. La relació de supernodes als nodes és de 0,1; s'estima que la meitat d'ells no estan instal·lats en llars.

⁵¹Aquesta taxa indica la pèrdua d'oportunitat, és a dir, persones que s'unirien a guifi.net si fos més fàcil.

⁵²Aquesta taxa indica el compromís dels participants, especialment quan es combina amb la taxa de nodes planejats a actius, és a dir, els que són a la xarxa s'han compromès prou com per poder posar un supernode.

És interessant observar que les XC poden coexistir perfectament amb els operadors de xarxa convencionals. La Figura 6 mostra que no només les XC contribueixen a millorar l'exclusió digital, sinó que a més no substitueixen els operadors convencionals. Segons IDESCAT, en un 8,54% de les llars el preu és una raó per no tenir accés a Internet⁵³, que coincideix amb les diferències en la Figura 6 a les comarques d'Osona i La Selva⁵⁴. En aquest sentit, mentre que uns pocs participants de guifi.net han cancel·lat els seus contractes amb operadors convencionals, estan més que superats per aquells participants que també tenen connexió a Internet contractada tant amb operadors convencionals com amb operadors de guifi.net.

7. La infraestructura de xarxa com a recurs col·lectiu en comú

Com ja s'ha comentat, el principi subjacent darrere de guifi.net és la ferma convicció que la millor manera de mantenir una xarxa és establint-la com un recurs col·lectiu en comú (CPR). E. Ostrom va estudiar els CPR [10]. En aquesta secció es comparen els seus resultats amb l'evolució guifi.net. Curiosament, fins fa poc, l'obra de Ostrom era desconeguda per a la comunitat guifi.net. No obstant això, l'evolució de la majoria dels conceptes i eines de govern desenvolupades per la comunitat encaixa perfectament amb les troballes d'Ostrom.

Segons Ostrom, un CPR consisteix típicament d'un recurs central que proporciona una quantitat limitada d'unitats marginals que s'obtenen. En el nostre cas, el recurs principal és la xarxa, que es nodreix dels segments de la xarxa que els participants despleguen per arribar a la xarxa o per millorar-la, i la unitat marginal és la connectivitat que obtenen. Els CPR resilients requereixen institucions de govern eficaços per mantenir una direcció a llarg termini i fer front a la lluita per manejar molts actors i canvis en un sistema complex. La direcció a llarg termini es defineix com sostenibilitat en romandre productiu o operatiu sota els principis fonamentals del CPR, i l'objectiu a curt termini es defineix com l'adaptabilitat per reaccionar i adaptar-se al canvi.

7.1. Sostenibilitat

Analitzant el disseny d'institucions CPR duradores, Ostrom [10] va identificar vuit principis que són requisits previs per a un CPR sostenible. A continuació vam argumentar la seva aplicació en el cas de guifi.net:

1. Límits clarament definits. Els principis fonamentals de participació oberta i accés no discriminatori i obert a la vida de la xarxa es tradueixen en receptes definides pel marc de participació, les eines de gestió de la xarxa i les eines de govern. El marc de participació s'implementa, tal com es descriu a la Secció 4.2, a través de la llicència comunitària, la Llicència del Comuns de la Xarxa (LCX) i els acords de col·laboració específica amb professionals i tercers, que impedeixen l'exclusió i asseguren un ús del recurs obert i just. Les eines de gestió de xarxa regulen la pròpia infraestructura, que es descriu a la Secció 4.3. Els instruments de govern regulen el sistema de resolució de conflictes i el sistema de compensació econòmica, que es necessita per preservar els seus principis fonamentals, es descriuen en la Secció 4.4.

2. Regles d'ús (apropiació) i provisió de recursos comuns adaptades a les condicions locals. La congruència entre apropiació (ús de la xarxa) i provisió (expansió de la xarxa) està intervinguda per les eines comunes d'administració de xarxa i les eines d'aprovisionament que ajuden a avaluar l'estat de la xarxa i el seu ús, així com les eines per ajudar en l'expansió de la infraestructura com ara situar nodes al mapa, configuració, i fins i tot finançament col·lectiu o compartició del cost dels nodes de xarxa i enllaços nous o ampliat. Aquestes eines, que es descriuen en la Secció 4.4, representen i implementen els principis definits per la Llicència del Comuns de la Xarxa.

3. Acords col·lectius que permetin participar als usuaris en els processos de decisió. La complexitat i els costos de transacció augmenten a mesura que la xarxa creix en grandària (nombre de nodes, enllaços, distància, participants). Aquesta complexitat s'administra amb estructures socials, com el Registre d'Internet Local (LIR) que opera la xarxa (NOC) amb una representació variada de tots els participants

⁵³<http://www.idescat.cat/pub/?id=tic1113>, <http://www.idescat.cat/pub/?id=tic1113&n=2.4.2>

⁵⁴Com s'indica a la secció 5, la presència guifi.net a La Selva és insignificant.

del CPR, amb estructures obertes com les reunions cara a cara locals i globals, amb la participació digital usant eines com les xarxes socials i les llistes de correu, que es descriuen en la Secció 4.1. En totes aquestes estructures la comunitat dels que utilitzen o participen en la construcció del recurs pot participar obertament, malgrat el fet que els membres del LIR i els patrons de la Fundació depenen d'un grup d'usuaris experimentats i representatius.

4. Seguiment efectiu per controladors que siguin part de la comunitat i responguin a ella. El seguiment es realitza amb l'ajuda d'eines informàtiques de gestió i planificació de xarxa, descrit en la Secció 4.3, que proporcionen una font d'informació comuna sobre la història i l'estat dels recursos de la infraestructura comuna; i amb el lideratge de membres locals experimentats i de confiança que se serveixen d'aquestes dades obertes i coordinen decisions quan resulta necessari. Aquestes decisions són transparents, argumentades i informades a través de les eines de comunicació, que es descriuen en la Secció 4.1, i es registren en la història de l'organització, com a part de la llicència estesa de la comunitat.

5. Sancions proporcionades pels usuaris que no respectin les normes de la comunitat. El sistema de resolució de conflictes, que es descriu a la Secció 4.4, té mètodes clars i sistemàtics per fer front als usuaris que perjudiquen el recurs d'infraestructura en comú. Els problemes solen produir a causa dels desequilibris entre la inversió en la infraestructura i l'ús de la xarxa, en general entre els membres professionals. L'informe de costos es recull, i ho comunica públicament la Fundació guifi.net que també s'encarrega de la facturació per compensar desequilibris.

6. Mecanismes de resolució de conflictes que siguin barats i de fàcil accés. El sistema de resolució de conflictes proporciona un procediment estructurat amb tres etapes graduals, i nivells progressius de complexitat i de cost econòmic als participants, guiats per un advocat seleccionat entre un conjunt de voluntaris. Aquest sistema ha demostrat ser barat, fàcilment accessible, eficient, eficaç i gradual, el que permet fer front a un ampli rang de conflictes al voltant de la xarxa.

7. Autodeterminació de la comunitat reconeguda per autoritats externes. La llicència de la comunitat ha estat revisada per advocats i escrita per a ser vàlida i aplicable d'acord amb la legislació espanyola, on guifi.net es desplega principalment. A més, la Fundació guifi.net ha signat convenis de col·laboració amb administracions públiques locals i regionals i està establerta legalment per a la seva funció. També està registrada com a proveïdor de xarxa o proveïdor de serveis de telecomunicacions a Espanya i membre de la Comissió del Mercat de les Telecomunicacions, que valida els seus mecanismes de prestació de serveis. Aquest és el marc de participació que figura a Secció 4.2.

8. Per CPR de major grandària, organització amb diverses capes d'iniciatives niades, amb petits CPR locals a la base. La Fundació intermèdia en una complexa estructura de participants (com a individus, professionals, proveïdors de serveis, entitats públiques), molts CPR locals a la base, proporcionant un CPR federat amb molts aspectes en comú, que interactua amb organitzacions externes a nivell local i global en molts aspectes. Això es descriu en el marc de participació en la Secció 4.2.

7.2. Adaptabilitat

Com ja s'ha mostrat, a guifi.net els conceptes i eines de govern s'han desenvolupat i refinat a mesura que nous problemes i obstacles van ser apareixent, amb una forma de govern completament adaptativa. Ostrom [11] va esbossar 5 requisits bàsics per aconseguir un govern adaptatiu:

1. Aconseguir una informació precisa i rellevant, al centrar-se en la creació i utilització del coneixement científic pertinent per part tant dels gestors com dels usuaris del recurs. La comunitat produeix coneixement obert sobre les pràctiques i l'experiència, i treballa amb la comunitat científica per co-desenvolupar i aplicar coneixements científics per al millor desenvolupament, gestió i ús del CPR. Els convenis de col·laboració amb organitzacions acadèmiques de recerca i innovació són l'instrument per desenvolupar aquest principi, que figura a Secció 4.2.

2. Fer front als conflictes, assumint que es produiran, i havent establert sistemes per descobrir-los i resoldre'ls el més aviat possible. Els indicadors sobre el CPR es recullen i gestionen per les eines de gestió i provisió de la xarxa. Les regles en la llicència comunitària i en els acords de col·laboració defineixen els límits que determinen les situacions conflictives, quantificades i descobertes per inspecció de les dades recollides per les eines anteriors. Els mecanismes de discussió es basen en les eines de

participació on els conflictes es defineixen i després es resolen usant instruments per arribar a un consens, com el sistema de resolució de conflictes, i finalment el sistema de compensació econòmica, que es descriu a la Secció 4.4, i tot això coordinat per la Fundació guifi.net.

3. Millorar el compliment de les regles, creant responsabilitat entre els usuaris d'un recurs de supervisar el seu ús. El principi de transparència requereix que els usuaris publiquin dades obertes sobre la xarxa i permeten el seguiment dels nodes i el seu tràfic. Aquest requisit li donen suport i faciliten les eines de gestió de la xarxa, que es descriuen en la Secció 4.3. Les eines de comunicació també proporcionen suport a qualsevol discussió i promouen un ús responsable del CPR.

4. Proporcionar infraestructura, que sigui flexible al llarg del temps, per ajudar en el funcionament intern i per crear enllaços a altres entitats. La Fundació proporciona la infraestructura i la flexibilitat per entendre i adaptar-se als canvis en el temps, supervisar l'evolució del CPR, facilitar el funcionament intern, i mantenir vincles amb organitzacions externes i altres entitats que coexisteixen, interactuen i operen entre amb el CPR.

5. Fomentar l'adaptació i el canvi, per fer front a errors i nous desenvolupaments. La Fundació i els seus patrons, en el seu rol de supervisió i rectora (de vegades conegut com a segon nivell o organització paraigües), exerceixen aquest paper de guiar processos de reflexió, aprenentatge organitzatiu, i previsió.

8. Lliçons apreses

En aquesta secció es discuteix el que, al nostre entendre, són les principals lliçons apreses. A partir de la nostra participació activa i investigació sobre guifi.net, i en comparació amb altres XC, aquest mosaic d'idees i pràctiques vagament connectades pretén ser un ampli conjunt de recomanacions per a altres projectes. Recomanem clarament que aquests projectes es basin en el que ja existeix, que dediquin els seus esforços a refinar, i contribueixin a canvi les seves millores.

Accés obert i no discriminatori. Malgrat que aquests conceptes estan implícits en les XCs, és essencial assegurar-los. Per tant, és bo fer-los explícits. L'èxit de guifi.net està demostrat, ja que ha facilitat l'accés a la infraestructura en les zones on altres models tradicionals de provisió d'infraestructura no estaven disponibles o no eren efectius.

Adopció primerenca d'una llicència de xarxa. L'existència d'un marc tan precís per a la participació ha demostrat ser molt eficaç per focalitzar els esforços de la comunitat i crear un entorn adequat per al desenvolupament empresarial i la inversió local. És important adonar-se que, i) pel que sabem, guifi.net és l'única XC amb regles tan definides, i és molt més gran que el segon més gran, ii) la versió inicial de la llicència es va adoptar quan només hi havia unes poques desenes de nodes, i per tant, la idea de la necessitat d'una regulació formal es va introduir des d'una etapa molt primerenca, iii) diverses XC, moltes inspirades en guifi.net, han intentat sense èxit adoptar una llicència similar quan ja comptaven amb diversos centenars de nodes; generalment han fracassat perquè el nombre de participants era massa alt per aconseguir un consens sobre un assumpte tan radical. La llicència ha estat fonamental per garantir l'accés a la infraestructura col·lectiva i garantir els drets de participació en la producció i govern de la XC. La llicència també ha permès el seu creixement.

Participació diversa. Com a resultat de la particular naturalesa del recurs que es contribueix a les XCs (és a dir, una infraestructura física), com ja s'ha discutit àmpliament, l'equilibri en la participació dels tres grups de participants identificats en la Secció 2 és crucial per a la correcta implementació i desenvolupament del projecte adequat donades les seves funcions específiques i insubstituïbles. En resum, els voluntaris tenen la responsabilitat de garantir la neutralitat del projecte i la seva independència, impulsar la creativitat i la innovació, mantenir l'esperit amateur, i mantenir els drets dels consumidors. Els professionals han de proporcionar béns i serveis, ja que són els responsables de cobrir la demanda del mercat i, pel seu propi interès, han d'aconseguir els fons per mantenir tot l'ecosistema. Les administracions públiques són responsables dels recursos públics (accés als conductes de carreteres,

pals, etc.), incloent la infraestructura de xarxa, i poden voler usar-los per satisfer les seves pròpies necessitats de telecomunicacions.

La infraestructura com a recurs comú. El *procomú* és el principi més adequat i eficaç per a la gestió de recursos que guia la vida i el desenvolupament de la comunitat.

Eines eficaces per a la participació i la coordinació. Són essencials per posar en pràctica el marc teòric. Les eines voltant de dades obertes, procediments, automatització i eines de coordinació ajuden a reduir la barrera per accedir a la infraestructura i per participar en la seva producció col·lectiva. Redueixen el cost de la presa de decisions i acció, i són imprescindibles per a la transparència i la rendició de comptes. També són fonamentals per a l'expansió de la XC. Per tant, s'han de refinar contínuament.

Organització multinivell. Una xarxa gran i complexa requereix una estructura amb diversos nivells per a la retroalimentació i les interaccions en moltes comunitats locals que coordinin per una organització de segon nivell, com la Fundació guifi.net, que afegeix i també interactua amb agents externs.

Lideratge i orientació. Tot el procés és molt innovador i, per tant, per la seva naturalesa oberta, susceptible a desviacions. Unes idees clares i un fort lideratge han demostrat ser molt eficaços per frenar les discussions improductives i contenir actituds conflictives. No obstant això, l'orientació sempre ha de ser raonable, incloent i transparent. Com més gran sigui el nivell de l'organització, major serà la seva importància.

Equilibrar l'esforç entre el desenvolupament d'eines de suport i el desplegament de la xarxa. L'objectiu principal i la manera de mantenir viu el projecte és desplegar infraestructura i mantenir-la operativa. Òbviament, per aconseguir-ho, s'ha de disposar d'un conjunt complet d'eines, moltes d'elles comentades aquí. No obstant això, és crucial mantenir un equilibri entre l'esforç dedicat a la construcció d'aquest conjunt d'eines i l'esforç dedicat al treball de camp de desplegament. Malauradament, hem vist molts projectes que han fracassat a causa d'esforços excessius en un dels dos aspectes, deixant l'altre sense prou atenció. La nostra recomanació general és aprofitar qualsevol oportunitat per desplegar nova infraestructura i resoldre els problemes que vagin apareixent (no cal oblidar que el valor de la xarxa augmenta amb cada nou node).

Participació àmplia de la societat. Les raons per iniciar un projecte de XC varien. Les més freqüents són l'experimentació i la investigació per part d'un grup de tècnics altament qualificats. No obstant això, les XC d'aquest tipus amb què estem familiaritzats no han pogut involucrar al seu entorn social, perquè aquestes motivacions no siguin atractives per al públic general, i per tant, aquestes xarxes s'han mantingut com a projectes marginals. Per contra, guifi.net s'ha concebut com una xarxa de producció des del principi, i per tant, ha atret l'atenció de moltes persones que hi han trobat una oportunitat per resoldre els seus problemes de connectivitat. Una vegada que han comprès el valor social de la proposta, alguns d'ells s'han convertit en col·laboradors molt actius.

9. Direccions futures

Tot i que el desenvolupament del projecte guifi.net és summament positiu, com ja s'ha discutit, no és menys cert que ha de seguir evolucionant per enfrontar-se als desafiaments d'un context globalitzat. Els serveis inadequats i cars dels proveïdors d'Internet convencionals han estat i segueixen sent una oportunitat perquè emprenedors puguin establir-se al mercat de les telecomunicacions. No obstant això, s'espera que aquest nínxol del mercat es redueixi de manera significativa en els propers anys com a conseqüència de les polítiques de modernització que els ISP convencionals estan implementant. El projecte en el seu conjunt ha d'aprofitar l'oportunitat d'aquesta finestra temporal per consolidar la seva posició en el mercat mitjançant el desplegament de tanta infraestructura procomú com sigui possible, així com mitjançant el desenvolupament de productes diferenciadors, comercialitzats pels professionals, ja que la competència basada només en el preu no serà viable. A nivell d'ISP, cal un equilibri adequat entre economia d'escala i productes a mida.

D'una banda, l'agregació dels clients és una estratègia evident per a la reducció de costos, però de l'altra, les ofertes de serveis personalitzats han demostrat ser molt apreciades, especialment per les pimes. A nivell regional, la col·laboració entre els proveïdors d'Internet ha de continuar i fins i tot incrementar-se per enfortir el projecte i continuar beneficiant-se de l'agregació de la demanda. Iniciatives com el desenvolupament d'un Punt d'Intercanvi regional regit pels principis de guifi.net (el *CommonsIX*) i promogut per la Fundació estan ben alineades amb aquest objectiu.

La internacionalització és un repte estimulants amb moltes oportunitats. Els beneficis de l'adopció del marc de guifi.net per altres comunitats, és a dir noves persones amb noves habilitats i noves idees, amb la necessitat d'adaptar el marc a diferents realitats, amb contribucions als processos de formalització i modularització, etc., poden millorar significativament el model. Això és particularment cert si l'adoptant és d'un estat diferent a causa del canvi de normativa, llengua, o altres desafiaments. Per exemple, moltes XC han mostrat interès en la llicència XC de guifi.net. No obstant això, objecten que és massa dependent del marc legal espanyol. Treballar en diferents estats portaria la possibilitat de desacoblar els assumptes globals de les especificitats locals. D'aquesta manera, per exemple, la llicència de la XC podria dividir-se en parts, la primera per ser compartida amb tots els adoptants, establint així el marc de col·laboració, i la segona feta a mida de cada XC específica per afrontar les seves necessitats locals. Seguint l'enfocament de l'organització de diversos nivells discutit en la secció 8, aquest procés portaria l'oportunitat de crear una organització de nivell superior (internacional) per coordinar les XCs i fer-se càrrec d'assumptes globals. El procés d'internacionalització també contribuiria a la creació d'una consciència col·lectiva del valor social del model de béns en comú, no només per a la infraestructura de xarxa, sinó també per a altres casos.

Internament, el creixement del projecte guifi.net comporta reptes interessants. A nivell social, per exemple, la comunitat de col·laboradors està a punt d'arribar a una mida en què no es coneixen entre si fàcilment. Aquesta situació posarà a prova les eines i recursos socials desenvolupats, i és molt probable que impliqui canvis. Tècnicament, l'esgotament d'adreces IPv4 és un gran desafiament per a la comunitat, així com l'obsolescència tecnològica de maquinari i programari.

10. Conclusions

Les xarxes comunitàries, infraestructures de xarxa procomú, neutres i obertes construïdes de forma col·lectiva, són un model satisfactori desenvolupat en els últims 10 anys o més, amb guifi.net com a cas d'èxit. La comunitat guifi.net ha creat i desenvolupat una metodologia basada en els principis de gestió de béns en comú que ha crescut i és sostenible per ser oberta i neutra a les diverses opcions tecnològiques, al tràfic, als participants, incloent voluntaris, professionals i administracions públiques.

La comunitat guifi.net ha evolucionat per adaptar-se al creixement a través del desenvolupament col·lectiu i l'ús d'eines de coordinació. Això inclou i) eines de comunicació; ii) eines per a la planificació i gestió de la xarxa; iii) un marc de participació amb eines organitzatives com la llicència comunitària, la Fundació, o acords de col·laboració; i iv) instruments de govern, incloent la resolució de conflictes, i la compensació econòmica. El resultat és una comunitat saludable amb més de 13.000 participants registrats, una infraestructura de xarxa de més de 40.000 nodes declarats i més de 28.500 operatius i una longitud total de prop de 50.000 quilòmetres d'enllaços, connectada a la Internet global.

El cas de guifi.net és una prova sòlida que les infraestructures poden gestionar eficaçment com un bé en comú. De fet, el cas guifi.net té prou diferències, complexitat, coherència i detall com per merèixer el seu propi model específic, el *model guifi.net*. Aquest model d'infraestructures de telecomunicació, en comparació amb els models convencionals, és social, econòmic i ambientalment més eficaç en el seu context: socialment, ja que es basa en els principis d'accés no discriminatori i obert que donen suport a les persones i preserven la sobirania de la infraestructura; econòmic i ambientalment, pel paradigma d'intercanvi en el qual es basa, el recurs col·lectiu en comú, que maximitza la utilització dels recursos; i el model sembla créixer bé. En contra de la tendència a privatitzar les infraestructures públiques, com la xarxa telefònica, ens afirmem en l'oportunitat per a la transformació i el desenvolupament d'infraestructures de xarxa seguint aquest model d'utilitat pública.

Agraïments

Aquest treball té el suport del Programa Marc de la Unió Europea 7, en projectes de la iniciativa FIRE “Community Networks Testbed for the Future Internet” (CONFINE), FP7-288535, i “A Community networking Cloud in a box” (CLOMMUNITY), FP7-317879.

Referències

- [1] J. Avonts, B. Braem, C. Blondia, A Questionnaire based Examination of Community Networks [doi:10.5281/zenodo.7450](https://doi.org/10.5281/zenodo.7450).
URL <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7450>
- [2] D. Thapa, O. Saebo, Demystifying the possibilities of ict4d in the mountain regions of nepal, in: System Sciences (HICSS), 2011 44th Hawaii International Conference on, 2011, pp. 1–10. [doi:10.1109/HICSS.2011.142](https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.142).
- [3] B. Braem, R. Baig Viñas, A. L. Kaplan, A. Neumann, I. Vilata i Balaguer, B. Tatum, M. Matson, C. Blondia, C. Barz, H. Rogge, F. Freitag, L. Navarro, J. Bonicioli, S. Papathanasiou, P. Escrich, A case for research with and on community networks, ACM SIGCOMM Computer Communication Review 43 (3) (2013) 68–73. [doi:10.1145/2500098.2500108](https://doi.org/10.1145/2500098.2500108).
URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2500098.2500108>
- [4] L. Maccari, An analysis of the ninux wireless community network, in: Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2013 IEEE 9th International Conference on, 2013, pp. 1–7. [doi:10.1109/WiMOB.2013.6673332](https://doi.org/10.1109/WiMOB.2013.6673332).
- [5] L. Cerda-Alabern, On the topology characterization of guifi.net, in: Proceedings of the 2012 IEEE 8th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), WIMOB '12, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2012, pp. 389–396. [doi:10.1109/WiMOB.2012.6379103](https://doi.org/10.1109/WiMOB.2012.6379103).
URL <http://dx.doi.org/10.1109/WiMOB.2012.6379103>
- [6] D. Vega, L. Cerda-Alabern, L. Navarro, R. Meseguer, Topology patterns of a community network: Guifi.net, in: Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2012 IEEE 8th International Conference on, 2012, pp. 612–619. [doi:10.1109/WiMOB.2012.6379139](https://doi.org/10.1109/WiMOB.2012.6379139).
- [7] G. Hardin, The tragedy of the commons, Science 162 (1968) 1243–1248.
URL <http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/162/3859/1243.pdf>
- [8] D. Vega, R. Meseguer, F. Freitag, Analysis of the social effort in multiplex participatory networks, in: J. Altmann, K. Vanmechelen, O. Rana (Eds.), Proceedings of the 11th International Conference on Economics of Grids, Clouds, Systems and Services, GECON '14, Springer International Publishing, 2014.
- [9] Statistical Institute of Catalonia, Territorial statistics of information and communication technologies in households (2013).
URL <http://www.idescat.cat/novetats/?id=1724&lang=en>
- [10] E. Ostrom, Governing the commons: the evolution of institutions for collective action, Cambridge University Press, 1990.
URL <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/politics-international-relations/political-economy/governing-commons-evolution-institutions-collective-action>
- [11] E. Ostrom, The challenge of common-pool resources, Environment: Science and Policy for Sustainable Development 50 (4) (2008) 8–21. [doi:10.3200/ENVT.50.4.8-21](https://doi.org/10.3200/ENVT.50.4.8-21).