

**Projecte desplegament d'una  
xarxa d'operador de fibra  
òptica al 22@ i a diverses  
ciutats del continent**

**Resum:**

En la primera fase s'interconnectarien a través d'un anell de fibra òptica tres hotels d'una mateixa cadena en l'àrea del 22@ de Barcelona. S'ofereixen els serveis de: intranet, telefonia IP amb interconnexió a la PSTN, videoconferència i internet. Utilitzem VLANs per gestionar la qualitat de servei i la seguretat.

El nostre model teòric inclou estimacions de tràfic, comparativa de fabricants, valoració econòmica i diagrama de Gantt d'implantació.

A més, ampliem la gamma de serveis amb una xarxa Wimax al 22@ en previsió de futur ús. I augmentem la disponibilitat del servei amb un enllaç ràdio dedicat de backup des d'un dels nodes cap a la torre de Collserola, en la banda dels 18GHz, amb antenes parabòliques. Hem fet càlculs d'atenuació.

En la segona i successives fases s'amplia la xarxa de FO a nivell nacional i internacional per a treballar com a operador d'empreses, amb un acurat disseny i selecció dels aparells òptics.

**Paraules clau:**

Fibra òptica, operador, PSTN, Wimax, radioenllaç, Collserola, telefonia IP, videoconferència, VLAN, qualitat de servei, segmentació del tràfic, router, WDM, ADM, amplificador òptic, anell de fibra, atenuació, antena.

**Abstract:**

As a first stage, three hotels of the same brand in 22@ area of Barcelona would be interconnected through an optical fibre ring. Intranet, IP telephony with PSTN interconnection, videoconference and internet services are offered. VLANs are used to manage security and quality of service.

Our theoretic model includes traffic estimations, provider comparison, business plan and implantation Gantt diagram.

Moreover we extend service supplies to a Wimax network in 22@ area for future use as we preview. We increase service availability with a dedicated radio link backup from one of the nodes to Collserola tower, within 18GHz band, with parabolical antennas. We have done fading calculations.

From second stage onwards, we extend OF network to national and international level acting as a carrier for companies, with an accurate design and selection of optical devices.

**Keywords:**

Optical fiber, optical fibre, carrier, PSTN, Wimax, radio link, Collserola, IP telephony, VoIP, videoconference, VLAN, quality of service, QoS, traffic segmentation, router, WDM, ADM, optical amplifier, fibre ring, fading, antenna.

# Projecte d'infraestructures de telecomunicacions

Desplegament d'una xarxa d'operador  
al 22@ i a diverses ciutats del continent



**Pedro Melià**  
**Joel Sàmper**  
**Clara Vázquez**  
**Miquel Isidre Vidal**  
**Víctor Vilanova**

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

---

**0. INTRODUCCIÓ** **4**

---

**1. REQUERIMENTS** **6**

1.1. REQUERIMENTS DE CLIENT ..... 6  
1.2. REQUERIMENTS D'INFRASTRUCTURA INICIAL..... 6  
1.3.2. COBERTURA WIMAX AMPLIADA ..... 7  
1.4. REQUERIMENTS D'INFRASTRUCTURA AMPLIADA..... 7

---

**2. INFRASTRUCTURA** **8**

**2.1. FASES DE DESPLEGAMENT..... 8**

**2.2. USUARIS I SERVEIS ..... 8**

**2.3. ESTRUCTURA DE LA XARXA TRONCAL - FASE 1..... 9**

2.3.1. ARQUITECTURA DE LA XARXA ..... 9  
2.3.2. FLUXOS DE TRÀFIC..... 10  
2.3.3. DEFINICIÓ DE VLANS..... 11  
2.3.4. ESTIMACIONS DE TRÀFIC..... 13  
2.3.5. ESCALABILITAT..... 14  
2.3.6. IMPLEMENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA ..... 15

**2.4. ESTRUCTURA DE LA XARXA TRONCAL - FASES 2 I POSTERIORES ..... 17**

2.4.1. WDM (MULTIPLEXACIÓ PER DIVISIÓ DE LONGITUD D'ONA) ..... 18  
2.4.2. CONTEXT ..... 19  
2.4.3. ESTUDI DE LES POSSIBLES TOPOLOGIES..... 22  
2.4.4. DISSENY DELS ENLLAÇOS ..... 33  
4.1.1. ENLLAÇ AMB INTERFÍCIES ÒPTIQUES ..... 35

**2.5. INFRASTRUCTURES ADDICIONALS DE SUPORT ..... 45**

**2.5.1. RADIOENLLAÇ ..... 45**

2.5.1.1. JUSTIFICACIÓ DE L'ENLLAÇ ..... 45  
2.5.1.2. MODALITAT DEL SERVEI ..... 45  
2.5.1.3. SITUACIÓ GEOGRÀFICA DE LES ESTACIONS ..... 45  
2.5.1.4. NECESSITATS DE COMUNICACIÓ ..... 47  
2.5.1.5. PLA DE FREQUÈNCIES PROPOSAT..... 47  
2.5.1.6. CARACTERÍSTIQUES GENÈRIQUES DELS EQUIPS..... 48  
2.5.1.7. CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques DELS ENLLAÇOS ..... 50  
2.5.1.8. VALORACIÓ ECONÒMICA ..... 51

**2.5.2. WIMAX..... 52**

2.5.2.1. ALTERNATIVES D'ACCÉS RÀDIO ..... 52  
2.5.2.2. CONNEXIÓ AMB LA XARXA TRONCAL ..... 55  
2.5.2.3. CARACTERITZACIÓ DE LA SOLUCIÓ ..... 60  
2.5.2.4. FABRICANTS I EQUIPS ..... 67  
2.5.2.5. PLA D'IMPLANTACIÓ..... 69  
2.5.2.6. DEFINICIÓ DE SERVEIS..... 72

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### **3. SERVEI DE VOIP 75**

---

<b>3. 1. DIFERÈNCIA ENTRE TOIP I VOIP.....</b>	<b>75</b>
<b>3.2. DESCRIPCIÓ BÀSICA DELS PRINCIPALS PROTOCOLS DE TOIP .....</b>	<b>76</b>
<b>3. 3. PRINCIPALS COMPONENTS HW I SW D'UNA PBX-IP .....</b>	<b>79</b>
<b>3. 4. PRINCIPALS FUNCIONALITATS D'UNA PBX-IP DESTACANT LES DIFERÈNCIES AMB UNA CENTRALETA TRADICIONAL.....</b>	<b>80</b>
<b>3. 5. TIPOLOGIA POSSIBLE DE TERMINALS DE TOIP.....</b>	<b>80</b>
<b>3. 6. DISSENY DE LA XARXA DE TELEFONIA IP .....</b>	<b>81</b>

### **4. CONCLUSIONS 85**

---

### **5. REFERÈNCIES 86**

---

<b>5.1. VPN I MPLS.....</b>	<b>86</b>
<b>5.2. WDM .....</b>	<b>86</b>
<b>5.3. RADIOENLLAÇ .....</b>	<b>87</b>
<b>5.4. WIMAX.....</b>	<b>88</b>
<b>5.5. VOIP .....</b>	<b>89</b>

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## 0. Introducció

Crup Telecom és una consultoria nascuda de joves enginyers amb un esperit marcadament emprenedor. Els seus inicis se situen a l'any 2002. És un equip format per Pedro Melià, Joel Sàmper, Clara Vázquez, Miquel Isidre Vidal i Víctor Vilanova. Són un grup d'enginyers tècnics que decideixen involucrar-se de ple en el món de les telecomunicacions. D'entre els seus projectes més importants cal destacar:

Desenvolupament del projecte d'empresa It&Go.

Disseny d'arquitectura de xarxes amb simulador.

Software d'enrutament de tràfic amb serveis diferenciats.

Programa de captura de tràfic.

Portal web de galeries fotos.

Desplegament d'una xarxa WiFi a la UPF.



En Pedro Melià és un enginyer realment prometedor. Va començar la seva carrera fent un cicle formatiu de grau superior de sistemes de telecomunicació i informàtics, i va llicenciar-se com a enginyer tècnic el 2004 a la Universitat Pompeu Fabra. Actualment, després d'una estada a Itàlia a la Università degli Studi di Trento, està cursant l'enginyeria superior. És l'esperit de superació del grup.



En Joel Sàmper va començar igualment amb la realització d'un CFGS i l'enginyeria tècnica. Ha arribat recentment d'un intercanvi Erasmus a la Queen's University of Belfast, on ha pogut millorar el seu anglès i beneficiar-se de l'experiència de les universitats de la Gran Bretanya. També compta amb experiències en el món empresarial. És la serenitat del grup.



Na Clara Vázquez va començar l'enginyeria tècnica el 2001 a la UPF i poc ha anat pujant fins a convertir-se en una pionera en el món de les telecomunicacions. És una analista d'empreses en el sector i ha realitzat diferents treballs de recerca i desenvolupament a la Universitat Pompeu Fabra, així com una estada de 4 mesos a Irlanda del Nord. És l'esperit de mediació.



En Miquel Isidre Vidal ja va demostrar de molt jove el seu talent en telecomunicacions, informàtica i xarxes en estudis i cursos. Ha superat els estudis d'enginyeria tècnica involucrant-se de ple en la universitat i en projectes de recerca en la mateixa. Ha fet un estatge de mig any a l'Institut National Polytechnique de Grénoble, realitzant avançats projectes de telemàtica. És la constància en persona.



En Víctor Vilanova va començar la seva trajectòria a La Salle Manlleu com a tècnic auxiliar i especialista en electrònica. Continua la seva carrera a l'Escola Politècnica Superior de Vic, incorporant-se recentment a la Pompeu per completar els estudis superiors. Compta amb un destacat bagatge professional en el món de les telecomunicacions i cal destacar que té una visió empresarial i de mercat mai vista. És la veu de l'experiència de la consultora.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

El 2005 se'ls presentà un projecte de desplegament d'una xarxa de telecomunicacions entre 3 hotels d'una mateixa cadena hotelera del districte del 22@ en una primera fase, i consolidant tota la xarxa d'operador entre diverses ciutats d'Espanya i Europa en fases posteriors. Pel que fa a la primera fase, s'ha arribat a un acord amb els hotels per a que aquests alberguin els equips, però la insfraestructura de xarxa seria un dels nostres principals actius. En aquest projecte es planteja la utilització de la fibra òptica fosca llogada a l'empresa Tradia per tal d'interconnectar els nodes. Crup oferiria una gamma de serveis a empreses amb seus repartides pel territori, així com a cadenes hoteleres, especialment aquelles que tenen presència a la costa brava.

Donat que tenim una borsa de clients destacable i en previsió de creixement, hem decidit aprofitar aquesta oportunitat per satisfer els nostres clients. Ha estat un pas molt difícil per a nosaltres, però creiem vital tenir una visió de futur que permeti que la nostra empresa creixi. És a dir, que el desplegament d'aquesta xarxa no només abarcaria uns importants clients potencials, sinó que a més ens serviria per assentar la nostra presència en el mercat de les telecomunicacions a Catalunya.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

# **1. Requeriments**

## **1.1. Requeriments de client**

En aquest apartat explicarem quins són els serveis mínims que haurem d'oferir al nostre client, a fi i efecte de satisfer les necessitats mínimes reflectides en el projecte inicial del nostre client.

El nostre client és una cadena hotelera amb important presència a Barcelona, a la resta de la costa mediterrània i a Canàries. En una primera fase, el projecte se centra en 3 hotels de la cadena situats en el districte del 22@ de Barcelona. Els tres hotels són Barcelona Princess, Icària i AMREY Diagonal. Cada hotel disposa de la seva pròpia estructura de xarxes locals (amb fils i sense fils) per ús dels seus empleats i dels clients.

La cadena hotelera desitja disposar dels següents serveis:

Xarxa Privada Virtual (VPN) formada per aquests tres hotels del 22@ i la resta de hotels de la cadena, amb important presència a la costa mediterrània i Canàries.

Telefonia IP per a empleats i clients, tant per a comunicacions internes com externes.

Videoconferència IP a les sales de reunions.

Accés WiMax a Internet per als seus clients a l'entorn del: 22@, el Fòrum, ports Olímpic i de Sant Adrià i la platges intermitges.

La central de reserves de la cadena esta ubicada en locals de l'hotel Barcelona Princess, amb un servidor accessible desde la VPN i desde Internet.

L'access telefonic a la central de reserves es fa mitjançant el servei de telefonia IP.

## **1.2. Requeriments d'infraestructura inicial**

La interconnexió dels tres hotels es farà mitjançant fibres òptiques llogades a Tradia, de la infraestructura del 22@. Sobre aquestes fibres es desitja desplegar tecnologia Gigabit Ethernet amb l'objectiu de que més endavant, es pugui compartir per altres clients nostres al 22@ que podran accedir a la nostra xarxa a través de algun(s) dels tres nodes de la xarxa, sigui amb accés de f.o. o sense fils.

La tecnologia per l'accés sense fils l'exterior de l'hotel serà WiMax, tecnologia en la que Crup disposa de llicència dins la banda regulada.

La interconnexió amb l'exterior del 22@ disposarà de dos diferents medis: una fibra òptica p-p i un radioenllaç amb la torre de Collserola que ens donaran accés a la resta de la xarxa de Crup.

La telefonia IP estarà suportada per un sistema "multitenant" que permeti donar servei independent a la cadena hotelera i a altres potencials clients del 22@.

### 1.3. Requeriments d'infraestructura de suport

#### 1.3.1. Radioenllaç amb Collserola

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Per tal de garantir una disponibilitat màxima dels serveis que oferim, la xarxa disposarà, a banda del centre d'interconnexió, d'un segon punt de sortida a l'exterior a través d'un radioenllaç directe amb la torre de Collserola, que commutarà automàticament en cas de fallida de l'enllaç principal.

L'enllaç es dimensionarà de forma que garanteixi la continuïtat dels serveis, sense perjudici de la qualitat de servei concertada amb el client i amb una transparència total en la commutació. El radioenllaç haurà d'estar dissenyat per assegurar una disponibilitat del 99'999%.

Es. Negociarà la instal·lació de l'antena en algun dels tres hotels.

### **1.3.2. Cobertura Wimax ampliada**

A banda de cobrir les àrees contigües als hotels per oferir servei Wimax als seus residents, es dimensionarà la xarxa Wimax per tal que aquesta tingui capacitat suficient per donar servei a altres clients, aliens als hotels, és a dir poder ser utilitzada com a *backhaul*<sup>1</sup> per a altres clients.

S'haurà de garantir cobertura Wimax a tot el districte del 22@ sense deixar zones fosques i garantint un ample de banda a tots els potencials clients que permeti gaudir de tots els serveis com si estiguessin connectats a la xarxa cablejada.

### **1.4. Requeriments d'infraestructura ampliada**

En aquest apartat pretenem explicar com hem previst, aprofitant la infraestructura de la primera fase del projecte, cobrir altres necessitats no explicitades pel client, però que hem decidit incloure d'acord amb la visió de mercat per tal d'ampliar la nostra quota de mercat.

Com hem vist, en una primera fase es realitzarà el desplegament en l'àrea del 22@. En fases posteriors del projecte es requerirà el desplegament d'una xarxa, no d'àmbit metropolità, sinó d'abast europeu. En una segona fase es requerirà la interconnexió amb Barcelona, Madrid, València i Mallorca. En la tercera fase s'annexaria a la xarxa les ciutats de Londres, París, Milà i Brusel·les. En fases posteriors s'estudiaria la incorporació d'altres nuclis.

Es requerirà la connectivitat de totes les ciutats entre si. A més, caldrà un disseny escalable, que permeti annexionar a la xarxa qualsevol node sense haver de fer grans modificacions a l'estructura present, ni interrupcions de servei.

---

<sup>1</sup> Backhaul: és la part d'una infraestructura de telecomunicacions que enllaça el punt d'accés del client amb la xarxa troncal de la mateixa.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## **2. Infraestructura**

### **2.1. Fases de desplegament**

#### Solucions a curt termini (1a fase)

Inicialment es considerarà la implantació d'una xarxa que interconnecti tres nodes situats en una àrea propera. Cada node se situarà cadascun dels tres hotels (Amrey, Princess i Diagonal).

#### Solucions a mig termini (2a fase)

En una segona fase del projecte, interconnectaríem els nodes de Barcelona, València i Mallorca. Hem decidit que en primer lloc, i donat que som una gent emprenedora però no volem assumir riscos excessius, ens centrarem en la xarxa estatal.

#### Solucions a mig-llarg termini (3a fase)

En una tercera fase realitzaríem la connectivitat entre Madrid, Londres, París, Milà i Brusel·les. És a dir, ampliarem la nostra xarxa però utilitzant el mateix esquelet i el mateix esquema de disseny considerats en les fases prèvies.

#### Solucions a llarg termini (4a fase)

Finalment, i després d'aconseguir quota de mercat suficient, es procedirà a ampliar la xarxa a altres ciutats europees que considerariem d'interès.

### **2.2. Usuaris i serveis**

Com ja hem comentat, l'objectiu de Crup és el de donar una sèrie de serveis al client que ens ha contractat. Està previst que aquests i més serveis es puguin proporcionar a més clients que introduiríem a la xarxa. El servei s'oferirà a escala continental, és a dir, interconnectant ciutats europees. Això permetrà oferir un servei de banda ampla entre seus disperses de cadenes hoteleres.

Hem considerat per al nostre escenari que proporcionarem interconnectivitat en les següents ciutats on es podrien trobar els hotels o altres possibles clients importants: Barcelona, Madrid, València, Mallorca, Londres, París, Milà, Brusel·les. Aquest és l'objectiu final que ens hem proposat.

A més de tots els serveis que podem proporcionar a través d'aquesta xarxa, tenim els usuaris que poden utilitzar-los. Diferenciem 4 usuaris potencials dels recursos que tenim dins de la xarxa:

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

- **Clients directes:** Són els clients als quals nosaltres venem directament els nostres serveis: cadenes hoteleres, cadenes de supermercats, bancs... Aquests gaudeixen dels mateixos serveis que els clients indirectes a més de poder accedir a recursos privats de la xarxa (central de reserves, bases de dades...) a través de la Intranet.
- **Clients indirectes:** No són clients nostres però fan ús dels nostres serveis en les instal·lacions dels nostres clients. Gaudeixen, per exemple, dels serveis de telefonia IP, videoconferència i accés a internet.
- **Socis o empreses relacionades amb els nostres clients:** aquest tipus d'usuaris podrà accedir a recursos privats de la xarxa que el client cregui oportú. És a dir, tindran privilegis sobre els recursos privats de la xarxa que el nostre client cregui oportú. Aquest perfil d'usuari gaudirà d'aquests recursos connectant-se a través de l'Extranet.

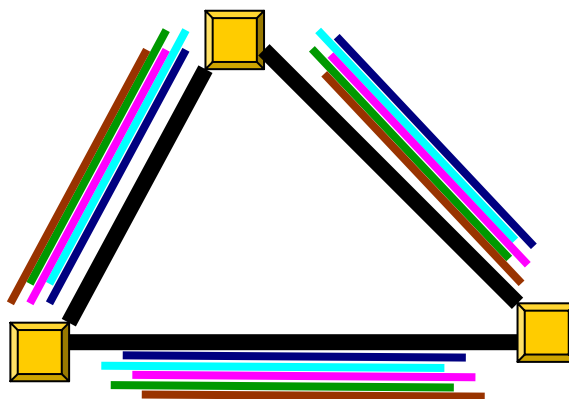
	Telefonia IP	Videoconferència	Accés Internet	Accés a recursos privats de la xarxa
<b>Clients directes</b>	Sí	Sí	Sí	Sí (Intranet)
<b>Clients indirectes</b>	Sí	Sí	Sí	No
<b>Socis dels clients</b>	No	No	No	Sí (Extranet)

## 2.3. Estructura de la xarxa troncal - fase 1

### 2.3.1. Arquitectura de la xarxa

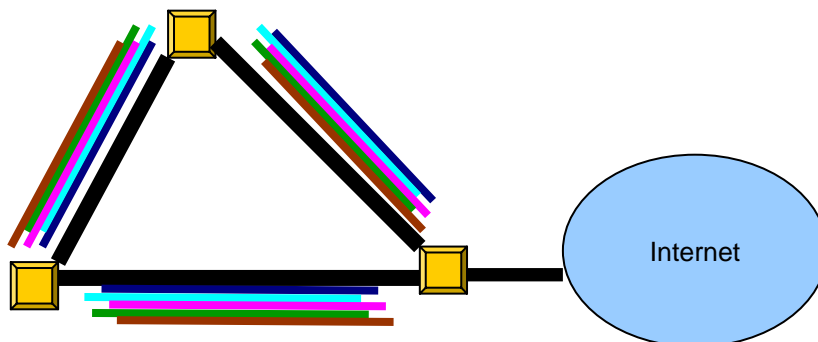
Inicialment disposem d'una xarxa formada per tres nodes units per anell de fibra òptica llogada a Tradia. Dins de la xarxa definirem una VLAN per cada servei (cadascuna amb una qualitat de servei i seguretat determinades).

Cal tenir en compte que el tràfic que accedeix a recursos privats dels hotels o les altres cadenes hauria de tenir una seguretat major que els altres serveis.

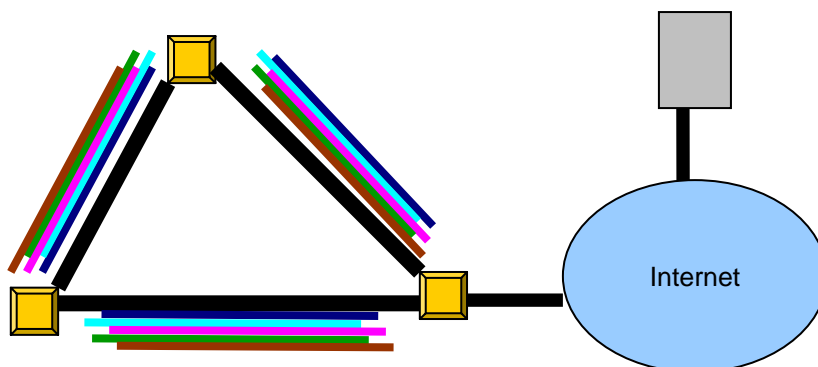


<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Pel que fa al tràfic que surt o entra d'aquest anell principal tenim o podem tenir:  
Enllaços cap a internet: els clients dels hotels es connecten a Internet



Enllaços cap els socis (Extranet): els usuaris acreditats accedeixen a través d'internet a recursos privats dels hotels o les altres cadenes situats a la xarxa interna.



### 2.3.2. Fluxos de tràfic

Haurem de distingir entre els fluxos que s'estableixen entre nodes de l'anell principal i els túnels que s'estableixen amb algun extrem que no forma part d'aquest anell.

#### - Fluxos entre extrems interns:

- Transporten tràfic per serveis/recursos globals:
  - Telefonia IP
  - Videoconferència
  - Accés a internet
- Transporten tràfic que accedeix a recursos privats:
  - Accés a recursos privats (centrals de reserves, bases de dades,...)

#### - Fluxos que impliquen algun extrem extern a l'anell:

- Transporten tràfic que accedeix a recursos privats (Tràfic Extranet)

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

- Transporten tràfic per serveis/recursos globals: aquests tunnels transportaran el tràfic que generaran els serveis de telefonia IP, videoconferència i accés a internet.

	<b>QoS</b>	<b>Seguretat</b>
<b>Extrem intern</b>		
<b>- Recursos globals</b>		
<b>- Telefonia IP</b>	Alta	Normal
<b>- Videoconferència</b>	Alta	Normal
<b>- Internet</b>	Normal	Normal
<b>- Recursos privats</b>		
<b>- Central reserves, BDs...</b>	Alta	Alta
<b>Amb extrem extern</b>		
<b>- Recursos privats</b>		
<b>- Central reserves, BDs...</b>	Alta	Alta
<b>- Recursos globals</b>		
<b>- Telefonia IP</b>	Normal	Normal
<b>- Videoconferència</b>	Normal	Normal
<b>- Internet</b>	Baixa	Normal

No podem garantir la qualitat de servei en xarxes alienes a la nostra (com és el cas d'Internet, que és Best Effort). Per aquest motiu no assignarem la mateixa qualitat de servei al tràfic de recursos globals que impliqui extrems externs que la que donem al tràfic de recursos globals que només implica nodes interns.

### 2.3.3. Definició de VLANs

És important plantejar-se quines VLANs definirem. Més endavant detallarem quin nivell de seguretat i quin nivell de qualitat de servei volem donar per cadascun d'elles. Crearem VLANs independents per diferenciar el tràfic pels seus serveis de manera que si alguna VLAN té algun tipus de problema (tràfic en excés creat de manera voluntària) aquest no afectarà a la resta de serveis. A més, cada empresa diferent que entri a la nostra xarxa tindrà unes VLANs diferents. Per tant, hi haurà una VLAN per cada servei i empresa.

Les VLANs que hem definit són les següents (cadascuna representada amb un color diferent):

VLAN 1: Telefonia IP: genera tràfic de veu (sensible al retard).

VLAN 2: Videoconferència: genera tràfic de vídeo i de veu (sensible al retard).

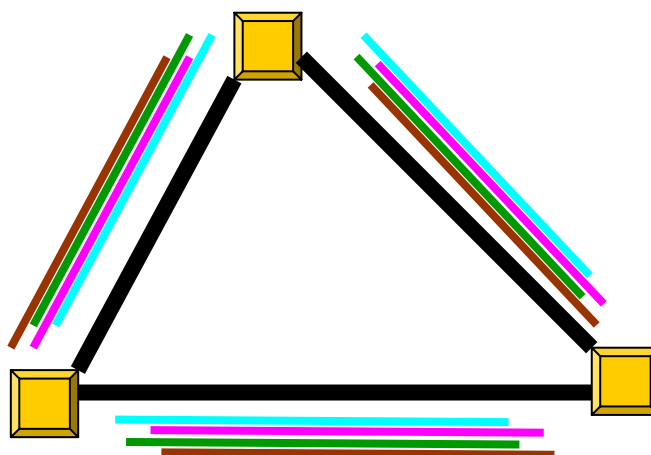
VLAN 3: Tràfic Internet

VLAN 4: Tràfic Intern (xarxa interna)

Als punts d'accés de client a la xarxa es realitzarà, primer de tot, el marcatge de les VLAN (una per cada servei). Els switchos del client hauran de ser responsables de marcar les trames amb la VLAN que els correspongui, depenent del servei. Aquesta assignació es farà generalment per port. Després, als nodes core de la xarxa es realitzarà

la lògica d'enrutament (traffic engineering). Entre l'switch de client i el del core es disposarà un enllaç per cada tipus de servei, per tal de programar l'enrutament de manera més senzilla, tot i que hi podria haver un únic enllaç i l'switch del core ja seria capaç de distingir les VLANs.

	<b>Descripció</b>	<b>Avantatges</b>	<b>Inconvenients</b>	<b>Perfil d'usuari</b>
<b>Opció 1</b>	Fer passar tot el tràfic entre switch core i switch de client per un sol enllaç. Diferents VLANs en un sol port.	Estalvi de ports en els switchos del core.	El client s'ha d'adaptar al nostre sistema	Residencial / Petites empreses
<b>Opció 2</b>	Fer passar cada tipus de tràfic per un enllaç diferent entre switchos.	Enrutament més fàcil als switchos L3 del core. El client pot tenir un mapa de VLANs independent.	Més ports ocupats	Mitjanes i granes empreses



## Seguretat

Pel que fa a la seguretat, hem decidit que només el tràfic de dades intern (intranet i extranet) anirà sobre IPsec, ja que creiem que és un tràfic sensible i no hauria de poder ser modificat ni llegit per entitats no autoritzades. És a dir, s'utilitzarà IPsec en el tràfic entre diferents hotels o seus de la mateixa cadena, i entre una seu i un banc, proveïdor o altre soci. El tràfic de veu, internet i, multimèdia en general no té massa sentit encriptar-lo dins d'una xarxa interna ja que haurà de sortir en clar tan bon punt surti de la xarxa, i haurà de travessar xarxes no fiables. Poden haver serveis oferts a clients indirectes, com per exemple un serveri de central de reserves, que requereixin seguretat, però aquesta ja s'implementarà a nivell d'aplicació (SSL). No té sentit utilitzar IPsec en aquests casos ja que el tràfic haurà de sortir de la nostra xarxa.

## Qualitat de servei

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Pel que fa a la qualitat de servei, aquí s'ordena, de major a menor, les prioritats de cada tipus de tràfic:

Tràfic de dades intern i Tràfic central de reserves

Telefonia IP: genera tràfic de veu (sensible al retard).

Videokonferència: genera tràfic de vídeo i de veu (sensible al retard).

Tràfic Internet: genera tràfic no sensible al retard.

Des del nostre punt de vista el darrer tràfic que ha de quedar bloquejat és el tràfic intern i el de la central de reserves. En segon lloc situem la telefonia IP perquè tot i que aquest tràfic ha de tenir un retard petit, en el cas que totes les habitacions es possessin a trucar no s'haurien de bloquejar les oficines ni la central de reserves. No tenim cap cura especial del tràfic que va de cara a Internet, ja que no sabem com serà la qualitat que rebrà a l'exterior. Per tant, no té sentit intentar garantir quelcom que no depèn exclusivament de nosaltres.

### 2.3.4. Estimacions de tràfic

En la següent taula hem calculat les previsions de tràfic entre 3 hotels d'una mateixa cadena, situats respectivament a Barcelona, Mallorca i València, i diferenciats segons el tipus de servei. Hem realitzat aquests càlculs numèrics per tenir una idea del tràfic que es genera. En la realitat, només cal extrapolar aquests càlculs al cas de tenir més cadenes d'hotels/supermercats tant a Barcelona, Mallorca i València com a la resta de nodes de la nostra xarxa.

Es sobregen les cel·les que representen LSPs

#### Taula-resum de les estimacions de tràfic originat segons càlculs, en Kbps

	B<->M	B<->V	V<->M	B<->ext	V<->ext	M<->ext
internet (wimax i accés hotels)			40960	46080	132096	57344
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	100	500	500		1000	
Telefonia sobre IP	112	112	112	280	1162	686
Videokonferència sobre IP	1536	384	1152	2688	4608	4224
ST	1748	996	42724	49048	138866	62254
Tràfic cap a l'exterior			250168			

#### Operativa en mode normal

	B<->M	B<->V	V<->M
internet (wimax i accés hotels)	0	46080	98304
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	100	500	500
Telefonia sobre IP	112	392	798
Videokonferència sobre IP	1536	3072	5376
ST	1748	50044	104978

#### Operativa M-V caigut: Tràfic M<->ext i M<->V ha de passar per B

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

	B<->M	B<->V
internet (wimax i accés hotels)	98304	144384
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	600	1000
Telefonia sobre IP	910	1190
Videoconferència sobre IP	6912	8448
ST	106726	155022

#### **Operativa B-P caigut: Tràfic B<->ext i B<->P ha de passar per M**

	B<->M	V<->M
internet (wimax i accés hotels)	46080	144384
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	600	1000
Telefonia sobre IP	504	1190
Videoconferència sobre IP	4608	8448
ST	51792	155022

#### **Operativa B-I caigut: Tràfic B<->M ha de passar per V**

	B<->V	V<->M
internet (wimax i accés hotels)	46080	98304
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	600	1000
Telefonia sobre IP	504	910
Videoconferència sobre IP	4608	5760
ST	51792	105974

#### **Operativa V-ext caigut: S'utilitzarà l'enllaç B<->Collserola per enrutar a l'exterior**

	B<->M	B<->V	V<->M
internet (wimax i accés hotels)	57344	132096	40960
xarxa interna (inclou gestió hotelera)	100	1500	500
Telefonia sobre IP	798	1274	112
Videoconferència sobre IP	5760	4992	1152
ST	64002	139862	42724

### **2.3.5. Escalabilitat**

#### Situació actual

La xarxa que estem dissenyant actualment està formada diversos anells que uneixen els complexos hotelers, les cadenes i diferents seus de grans marques. Es vol que un dels serveis que Crup proporioni sigui el de disposar d'un xarxa interna de dades pels hotels de la cadena, amb important presència a la costa mediterrània, Balears, Canàries i la resta d'Europa.

#### Expectatives de creixement

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

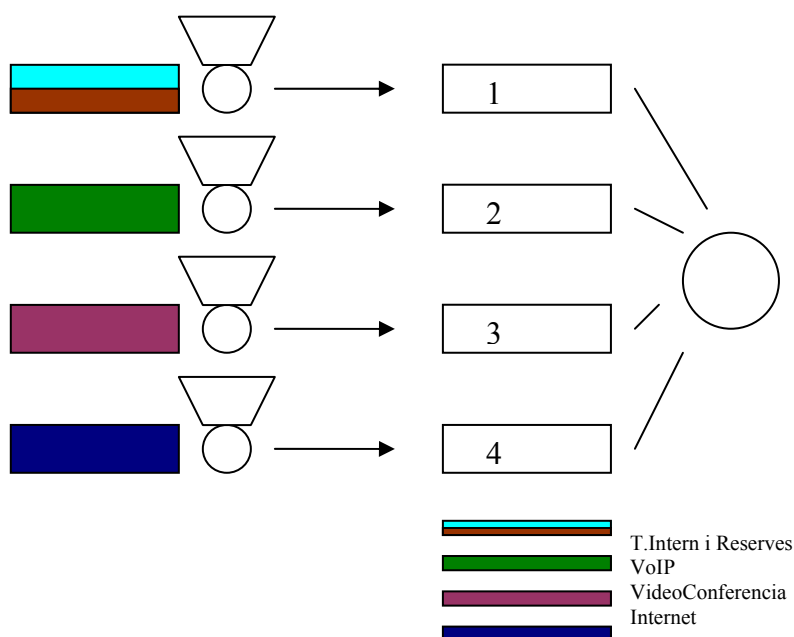
En el context actual, oferirem serveis de xarxa privada, telefonia IP, videoconferència i internet a les diverses cadenes hoteleres, i seus d'importants empreses localitzades a punts estratègics de negoci que puguin arribar a generar grans volums de tràfic.

Cal dir també que les cadenes hoteleres podrien créixer afegint nous hotels en algun altre punt del continent, satisfent les futures necessitats de comunicació proporcionats a través de la infraestructura pròpia. Per exemple, una cadena d'hotels catalans podria decidir obrir punts de negoci a Itàlia o altres ciutats europees. Per tant, hem de tenir present que la xarxa ha de ser totalment escalable, de forma que es puguin incorporar a l'anell altres ciutats a banda de les considerades en les especificacions inicials.

Creiem doncs, que la xarxa sobre la que estem treballant té moltes probabilitats d'abarcар nous clients en un futur no massa llunyà. És per tant molt important que la nostra solució sigui escalable per tal de poder donar-los els serveis que requereixin.

### 2.3.6. Implementació de la solució proposada

La qualitat de servei serà implementada amb cues en el router: Definirem unes cues Leaky-Bucket per controlar l'ample de banda que ha de fer servir cada VLAN, i després una cua de prioritats per garantir un retard mínim als serveis sensibles a ell. (Serveis Diferenciats). El routing es realitzarà també segons les VLANs



### Configuració IPSec:

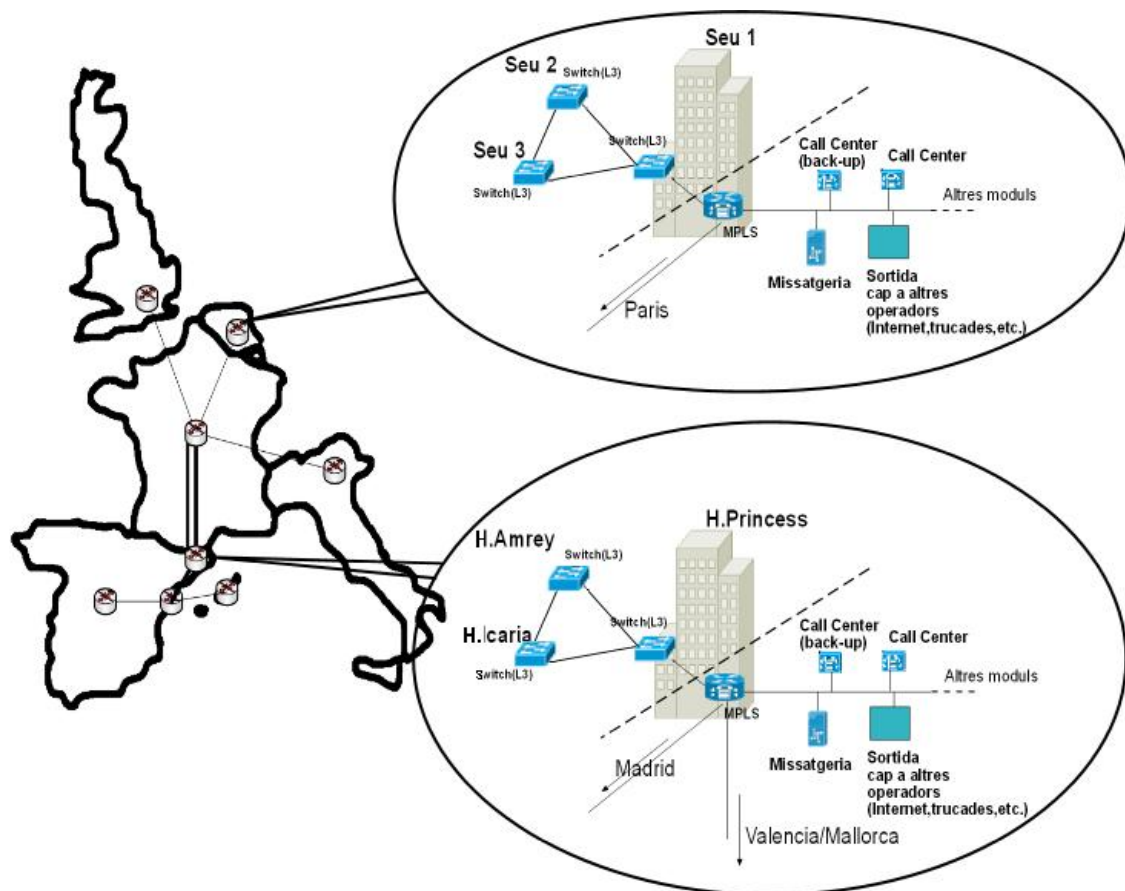
<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Utilitzariem IPSec en mode transport, en el qual només s'encrpta el payload, es protegeixen les capes superior d'IP. Protegiríem tant la privacitat com la integritat. I les claus simètriques les establiríem manualment, ja que la xarxa és petita.

## 2.4. Estructura de la xarxa troncal - fases 2 i posteriors

En les fases posteriors se seguirà un patró de disseny inspirat en el desenvolupament anterior, però adaptat a les noves circumstàncies. En aquest cas, es pretén interconnectar diverses ciutats força allunyades entre si, escollides segons el seu potencial comercial i turístic. Ens basem en el sistema de qualitat de servei mapejada sobre VLANs que hem fet anteriorment. Pel que fa a l'enrutament, pensem que hem de fer ús d'una tecnologia més avançada per tal d'obtenir una fiabilitat més alta i un sistema d'enrutatge més estable. Pensem que una inversió com aquesta està justificada en enllaços de tràfic agregat, com és el cas.

La topologia bàsica que hem decidit en el desplegament intercontinental és en estrella amb algunes modificacions. Pensem que un disseny en anell seria massa car, especialment per un desplegament inicial. Partiríem d'un enllaç principal entre Barcelona i París, que seria redundat en 2 fibres, donada la importància d'aquest enllaç. De cadascun d'aquests 2 nodes penja una estructura en arbre o estrella, tal com s'indica a la figura de més avall. Dels nodes situats a cada ciutats penjaran estructures en anell, que es dimensionaran segons les particularitats de cada lloc. En el cas de Barcelona és obvi que s'annexionarà l'anell de la fase 1. Per a això, caldrà col·locar un router MPLS connectat al node de l'hotel Princess, que enllaçarà amb les altres ciutats, segons l'esquema.



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

En els següents punts es desenvoluparà el disseny de la xarxa de fibra òptica per a les ciutats de Barcelona, València, Mallorca i Eivissa, és a dir, la fase 2. Per al desplegament de la xarxa en les fases posteriors es realitzarà un disseny a part en base al que s'explica en els punts següents.

Per tal de realitzar el disseny de MPLS, que, recordem, només fa les funcions d'enrutament, hem de definir un Label Switched Path per cada parell de ciutats, a mode similar a la taula següent:

Enllaç	AB	Camí	Setup	Holding	Delay	Resilience	Adaptabilitat
Bcn-Val	Per determinar	1	1	1	1	Auto	Medium
Bcn-Mad	Per determinar	1	1	1	1	Auto	Medium
Mad-Par	Per determinar	1	1	1	1	Auto	Medium
Lon-Bru	Per determinar	1	1	1	1	Auto	Medium

...

### 2.4.1. WDM (Multiplexació per divisió de longitud d'ona)

WDM es basa en multiplexar diverses longituds d'ona en una sola fibra. Això ens permet augmentar la capacitat d'un enllaç de fibra òptica afegint longituds d'ona sense la necessitat d'introduir gaires components.



WDM proporciona amplificació, monitorització del rendiment i aprovisionament individual de  $\lambda$ s.

DWDM: Multiplexació densa per divisió de longitud d'ona. És el mateix que DWDM, però podem posar més colors per fibra, ja que podem comptar amb equips més precisos.

#### Fibra òptica



Les xarxes òptiques utilitzen DWDM com a tecnologia de base. La transmissió de la llum dins de la fibra es basa en el principi de "reflexió interna total". La llum es va reflectint dins del nucli. Tipus de fibra:

- *Monomode*: la llum viatja més distància per les menors reflexions i la menor atenuació. És un sol feix molt fi i precís.
- *Multimode*: els feixos de llum impacten amb angles diferents, recorren distàncies diferents i arriben en temps diferents: Dispersió modal. Tenim menys ample de banda efectiu (els feixos es barregen i és difícil reconèixer la senyal).

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

DWDM utilitza fibra monomode perquè proporciona més ample de banda i menys atenuació.

## 2.4.2. Context

En un futur proper el client es planteja ampliar la seva xarxa i donar resposta a les necessitats d'interconnexió de diversos clients de Barcelona, València i Mallorca, utilitzant la tecnologia WDM.

El tràfic demandat que haurà de passar pels enllaços WDM que definim es detalla a continuació:

### Client 1

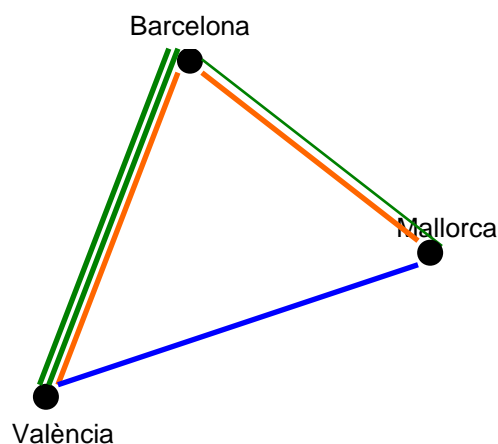
- 1 STM-64 Barcelona – Palma de Mallorca
- 1 STM-64 Barcelona - València

### Client 2

- 1 STM-64 València – Palma de Mallorca

### Client 3

- 2 STM-64 Barcelona - València
- 1 STM-16 Barcelona - Mallorca




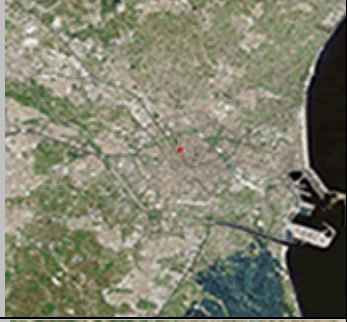
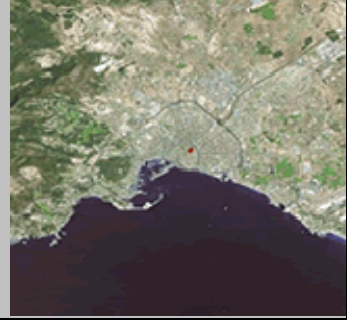
Els clients 1 i 2 accediran a la xarxa amb interfícies òptiques de curta distància, mentre que el client 3 ho farà amb interfícies elèctriques. Això implicarà la utilització dels components adequats per a cadascuna de les interfícies.

Per tal de definir la topologia més adequada a la nostra situació haurem de tenir en compte diverses variables definides per l'entorn.

Cal considerar les distàncies entre cadascun dels punts que volem comunicar, ja que l'eliminació de certs enllaços físics es podria fer en funció d'això per tal d'estalviar costos i l'entorn per on passaran les fibres (fons submarí / superfície terrestre).

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### Situació dels punts i distàncies

<b>Ciutat</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	
<b>Barcelona</b>	<b>41,38</b>	<b>2,18</b>	
<b>València</b>	<b>39,47</b>	<b>-0,38</b>	
<b>Palma de Mallorca</b>	<b>39,57</b>	<b>2,65</b>	

	<b>Barcelona</b>	<b>València</b>	<b>Palma de Mallorca</b>
<b>Barcelona</b>	-	280,39 Km	222,60 Km
<b>València</b>	280,39 Km	-	172,99 Km
<b>Palma de Mallorca</b>	222,60 Km	172,99 Km	-

### Entorn dels enllaços

Enllaços submarins: un sistema submarí de fibra òptica es divideix en un circuit òptic i un elèctric i una “planta terrestre o seca” i “planta humida”.

La planta terrestre està constituïda per aquelles instal·lacions que es troben a prop de la costa i que realitzen les funcions de transmissió d'informació, recepció d'informació, alimentació del circuit elèctric del sistema submarí i la monitorització del funcionament correcte de tots els equips que conformen la xarxa submarina.

Per la seva part, l'equip Terminal de Transmissió Submarina (SLTE) s'encarrega de transmetre i rebre la informació cap a i des de la fibra òptica submarina. Està compostat per un grup d'equips amb els quals es rep la informació en trames SDH STM-64 i les transforma a senyals de múltiples longituds d'ona que després introdueix a la fibra òptica pel seu transport i per l'altre banda rep les senyals òptiques provinents de la fibra

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

submarina, les demultiplexa i les transforma a senyals STM-64 per entregar-les, posteriorment, als ADMs elèctrics. A més a més, s'inclou un equip de monitorització de línia, amb el qual es manté el control dels amplificadors òptics de la planta humida.

L'equip encarregat de donar energia al circuit elèctric es denomina PFE (Power Feeding Equipment), que conté els convertors de corrent contínua necessaris per entregar la corrent constant nominal (al voltant d'1 Amper).

El cable terrestre és l'encarregat de portar la corrent que proveeix la PFE fins al cable submarí (ubicat a la BH – *Beach hole*).

Per poder efectuar les feines marines de reparació, el BH s'identifica com el punt on acaba la planta seca i comença la planta humida, per tant, els càlculs de distància agafen aquest punt com a referència.

A la planta humida, els cables òptics submarins es construeixen típicament amb un element central, i al seu interior s'hi posen les fibres òptiques i un conductor laminar de



coure que proveeix el camí per la corrent contínua que dona energia als repetidors. Aquest conjunt es cobreix amb una o més capes de proteccions de polietilè i, sobre aquestes, diferents capes de filferro (el número de capes i gruix depenen de les condicions esperades per l'ambient d'instal·lació).

Els repetidors són elements fonamentals en un sistema submarí de transmissió per fibra òptica i contenen de 2 a 8 amplificadors de fibra dopada amb erbi EDFA.

Les unitats de derivació BU (Branching Unit) tenen com a missió permetre derivacions, tant en el circuit òptic com en l'elèctric quan es requereixen enllaços marins multipunt.

Els costos d'instal·lació d'equips i fibra sota l'aigua són més cars que fer-ho a l'exterior. A més, tot requereix de més protecció, fet que també encareix els enllaços submarins.

Per aquest motiu, creiem que és més adequat posar el mínim d'equips i fibra sota el fons marí. I passar, sempre que es pugui, per terra, per tal de facilitar la instal·lació i el manteniment de la infraestructura.

Enllaços terrestres: els enllaços terrestres són més fàcils d'instal·lar i reparar en cas d'averia. Per això intentarem maximitzar les distàncies cobertes amb fibra per l'exterior, sempre i quan no haguem de fer massa canvis de medi.

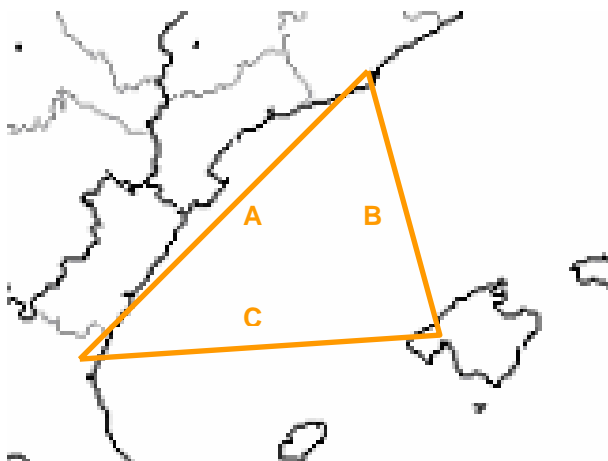
La fibra i els components, en aquest cas, no necessiten tanta protecció, ja que no estan sotmesos a les altes pressions del fons marí ni tampoc en les mateixes condicions d'humitat.

No és adequat fer passar les fibres per zones muntanyoses o de difícil accés ni per terrenys inestables. També s'ha de tenir en compte la disponibilitat de l'energia que necessitem per alimentar els equips que haurem de situar entre els punts a unir.

Infraestructures de Telecomunicacions	Març del 2005
Projecte d'implementació al 22@	Grup C

## 2.4.3. Estudi de les possibles topologies

### 2.4.3.1. Topologia virtual



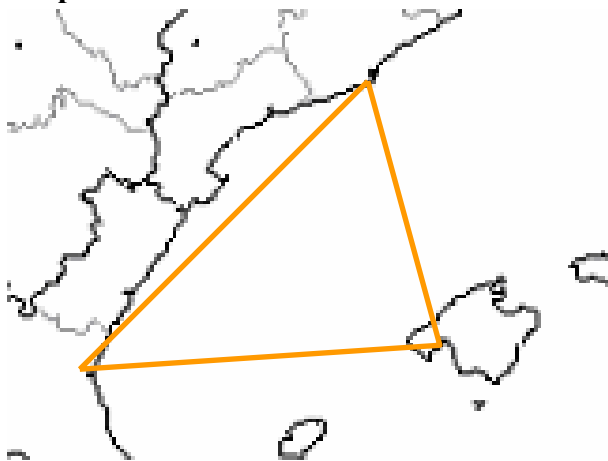
**A:**  
1-STM 64 (Client 1)  
2-STM 64 (Client 3)

**B:**  
1-STM 64 (Client 1)  
1-STM 16 (Client 3)

**C:**  
1-STM 64 (Client 2)

### 2.4.3.2. Topologia Física – Propostes i distribució de les λs:

#### Proposta 1:



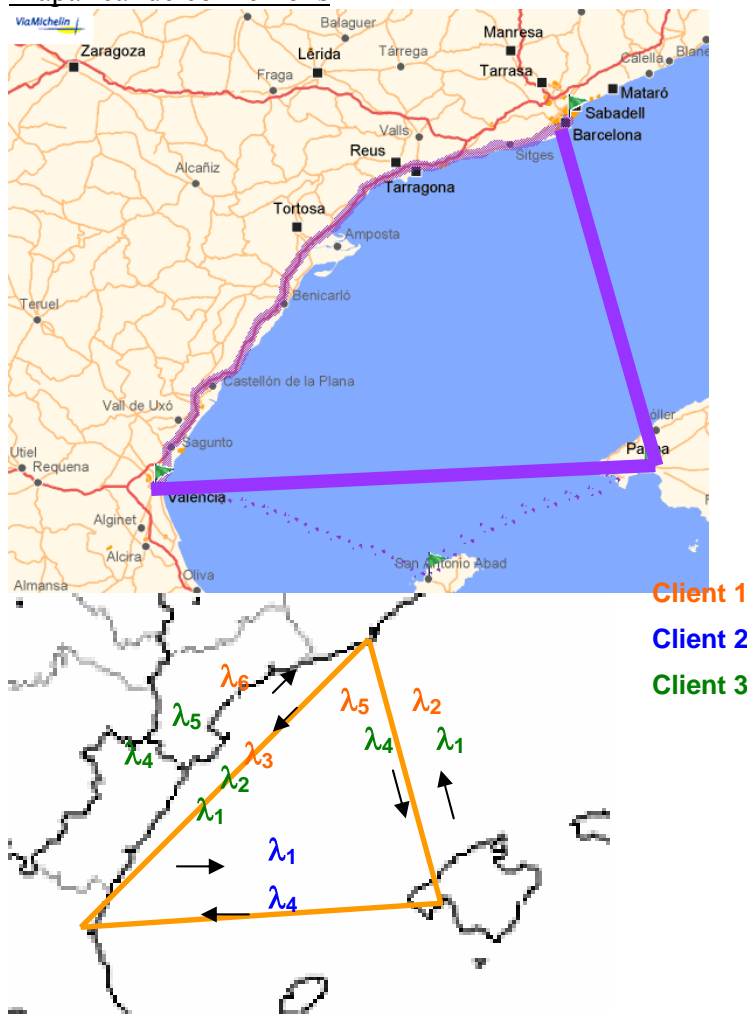
#### Descripció:

La primera proposta seria la més simple: fer els enllaços de fibra punt a punt.

#### Taula de distàncies

	Barcelona	València	Palma de Mallorca
Barcelona	-	280,39 Km	222,60 Km
València	280,39 Km	-	172,99 Km
Palma de Mallorca	222,60 Km	172,99 Km	-

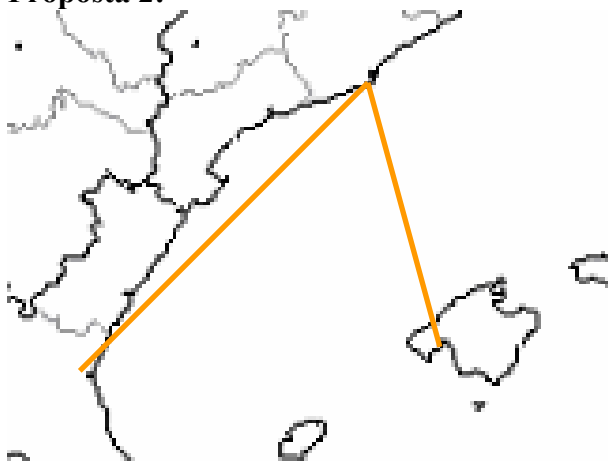
Mapa real de connexions



Elecció/justificació del sistema

Utilitzarem dues fibres, una d'anada i una de tornada, ja que hi ha equips que no són bidireccionals. D'aquesta manera, la complexitat del sistema no serà gaire gran.

**Proposta 2:**



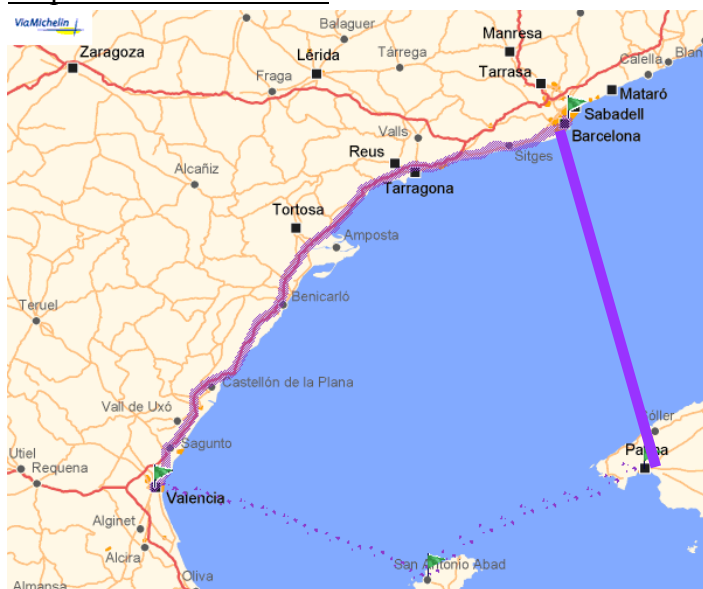
Descripció:

La segona proposta seria més realista, enllaçant València - Barcelona i Barcelona - Palma de Mallorca, ja que on hi ha més tràfic és entre Barcelona i Palma de Mallorca, i no entre Palma de Mallorca i València.

Taula de distàncies

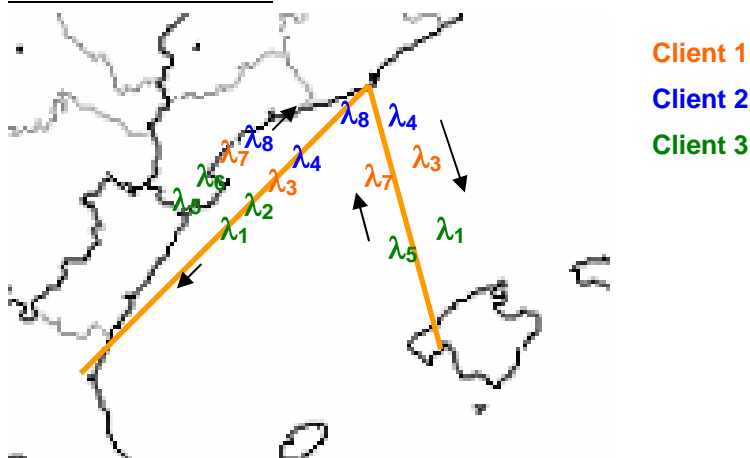
	<b>Barcelona</b>	<b>València</b>	<b>Palma de Mallorca</b>
<b>Barcelona</b>	-	280,39 Km	222,60 Km
<b>València</b>	280,39 Km	-	-
<b>Palma de Mallorca</b>	222,60 Km	-	-

Mapa real de connexions



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

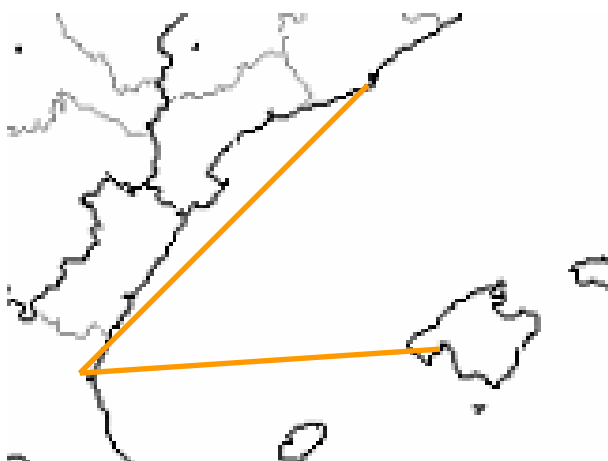
### Distribució de les $\lambda$ s



### Elecció/justificació del sistema

Utilitzarem dues fibres, una d'anada i una de tornada, ja que hi ha equips que no són bidireccionals. D'aquesta manera, la complexitat del sistema no serà gaire gran.

### **Proposta 3:**



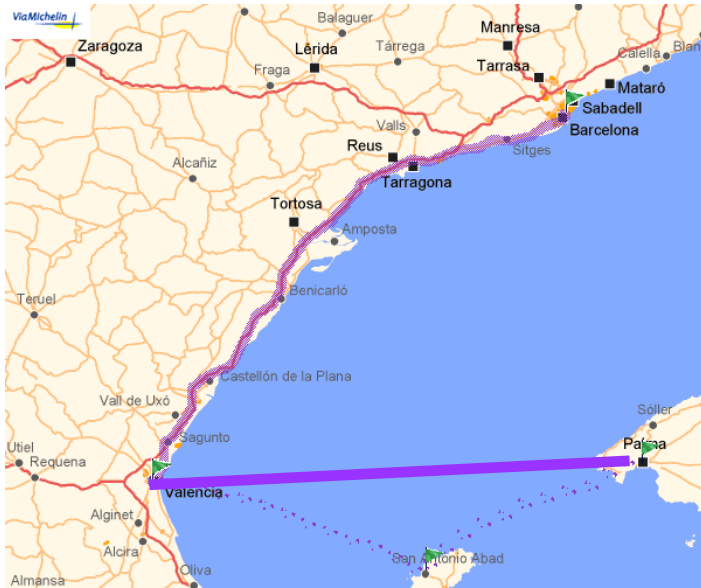
### Descripció:

La tercera proposta intenta tocar de peus a terra, i és que és més propera València de Palma de Mallorca que no pas Barcelona de Palma de Mallorca. És per això que creiem més convenient aquest canvi, encara que això impliqui fer donar més voltes al tràfic.

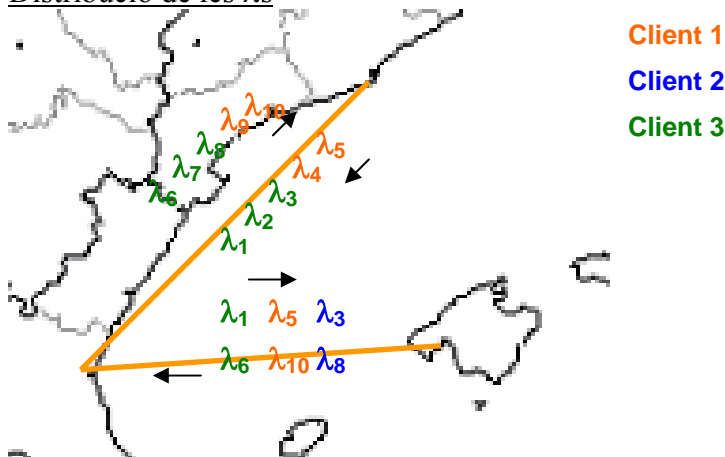
### Taula de distàncies

	<b>Barcelona</b>	<b>València</b>	<b>Palma de Mallorca</b>
<b>Barcelona</b>	-	280,39 Km	-
<b>València</b>	280,39 Km	-	172,99 Km
<b>Palma de Mallorca</b>	-	172,99 Km	-

### Mapa real de connexions



### Distribució de les $\lambda$ s

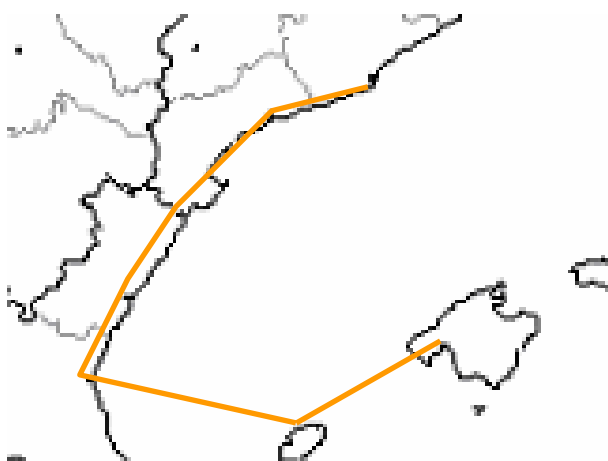


### Elecció/justificació del sistema

Utilitzarem dues fibres, una d'anada i una de tornada, ja que hi ha equips que no són bidireccionals. D'aquesta manera, la complexitat del sistema no serà gaire gran.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

#### Proposta 4:



#### Descripció:

La quarta proposta ja intenta ser la definitiva. És la que pren consciència que fer el salt marítim València - Palma de Mallorca, tot i ser més curt que l'anterior, és arriscat. Proposem, per tant, fer aquest salt en dos passos: Palma de Mallorca - Sant Antoni d'Eivissa, Sant Antoni d'Eivissa - València i València - Barcelona.

En el mapa real de connexions podem apreciar que el tram Barcelona València es realitzaria seguint les carreteres.

#### Taula de distàncies

	<b>Barcelona</b>	<b>València</b>	<b>Sant Antoni</b>	<b>Palma de Mallorca</b>
<b>Barcelona</b>	-	336 Km	-	-
<b>València</b>	336 Km	-	159,44 Km	-
<b>Palma de Mallorca</b>	-	-	126,47 Km	-
<b>Sant Antoni</b>	-	159,44 Km	-	126,47 Km

A la taula podem observar com la distància entre València i Barcelona s'ha incrementat un 20%. Això és degut a que no existeix una línia recta entre València i Barcelona. Per poder fer una aproximació més acurada, hem decidit que es seguiria l'autopista entre Barcelona i València ja que, tot i que es podrien trobar camins més rectes, no els trobaríem més oberts ni amb més facilitats per arribar-hi o instal·lar-hi una caseta.



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 2.4.3.3. Avantatges i inconvenients de les propostes

	<b>Avantatges</b>	<b>Inconvenients</b>
<b>Proposta 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura d'anell (proporciona redundància).</li> <li>- Facilitat de gestió</li> <li>- Senzilla</li> <li>- Facilitat de distribució de <math>\lambda</math>s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Massa enllaços submarins.</li> <li>- Costos elevats d'OPEX i COPEX</li> </ul>
<b>Proposta 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mínims d'enllaços submarins</li> <li>- Agregació de tràfic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augment de la complexitat</li> <li>- Pèrdua de redundància a l'anell</li> </ul>
<b>Proposta 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enllaç submarí més curt</li> <li>- Mínim d'equipament sota l'aigua</li> <li>- Agregació de tràfic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augment de la complexitat</li> <li>- Pèrdua de redundància a l'anell</li> <li>- Augmenta el tràfic de la xarxa</li> </ul>
<b>Proposta 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mínim d'equipament sota l'aigua</li> <li>- Agregació de tràfic</li> <li>- Facilitat de manteniment</li> <li>- Possible ampliació per clients d'Eivissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augment de la complexitat</li> <li>- Pèrdua de redundància a l'anell</li> <li>- Augmenta el tràfic de la xarxa</li> </ul>

Abans d'escollir una de les propostes calcularem si és necessari instal·lar amplificadors a cadascun dels enllaços submarins. Com que totes les propostes contenen l'enllaç Barcelona - València, el càlcul dels amplificadors necessaris per cobrir aquesta distància no marcarà una diferència entre les propostes. Trobem que aquesta és una dada important perquè la instal·lació d'amplificadors al fons marí és una tasca complicada i de cost elevat.

Dades:

Finestra de treball: 3<sup>a</sup> finestra ("C"),  $\lambda \approx 1550\text{nm}$ .

Atenuació: 0,3 dB / Km

Barcelona – Palma de Mallorca: 222,60 Km

València – Palma de Mallorca: 172,99 Km

Característiques amplificador escollit:

<b>Marca/Model</b>	<b>Tipus d'amplificador</b>	<b>Banda d'operació</b>	<b>Mínima potència d'entrada (dBm)</b>	<b>Màxima potència d'entrada (dBm)</b>	<b>Màxima potència de sortida (dBm)</b>	<b>Guany (dB)</b>	<b>Uni/bi direccional</b>
JDS Uniphase / OAA-15U0400Cx	EDFA	C (1529-1562nm)	-30	0	15	24	Unidireccional

Hem escollit aquest amplificador perquè, a més de treballar a la finestra "C", ens dona un guany força alt i és el que requereix la potència d'entrada més baixa de totes les opcions que tenim.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

En els càlculs no tenim en compte els components estrictament necessaris, ja que seran comuns pels dos enllaços (Barcelona - Palma de Mallorca i València - Palma de Mallorca)

i, per tant, ens introduiran les mateixes atenuacions.

Atenuació Barcelona - Palma de Mallorca =  $0,3 \text{ dB / Km} * 222,60 \text{ Km} = 66,78 \text{ dB}$

Atenuació València - Palma de Mallorca =  $0,3 \text{ dB / Km} * 172,99 \text{ Km} = 51,89 \text{ dB}$

Per obtenir un valor de l'atenuació més o menys realista, especificarem un valor aproximat de les pèrdues que tindrem a l'enllaç a causa dels components que actuen durant el transport de les dades. Així doncs, utilitzarem el valor de 4dB com a pèrdues introduïdes per transceivers, transpondedors, multiplexors, amplificadors... Per tant:

Atenuació Barcelona - Palma de Mallorca =  $66,78 \text{ dB} + 4\text{dB} = 70,78\text{dB}$

Atenuació València - Palma de Mallorca =  $51,89 \text{ dB} + 4\text{dB} = 55,89 \text{ dB}$

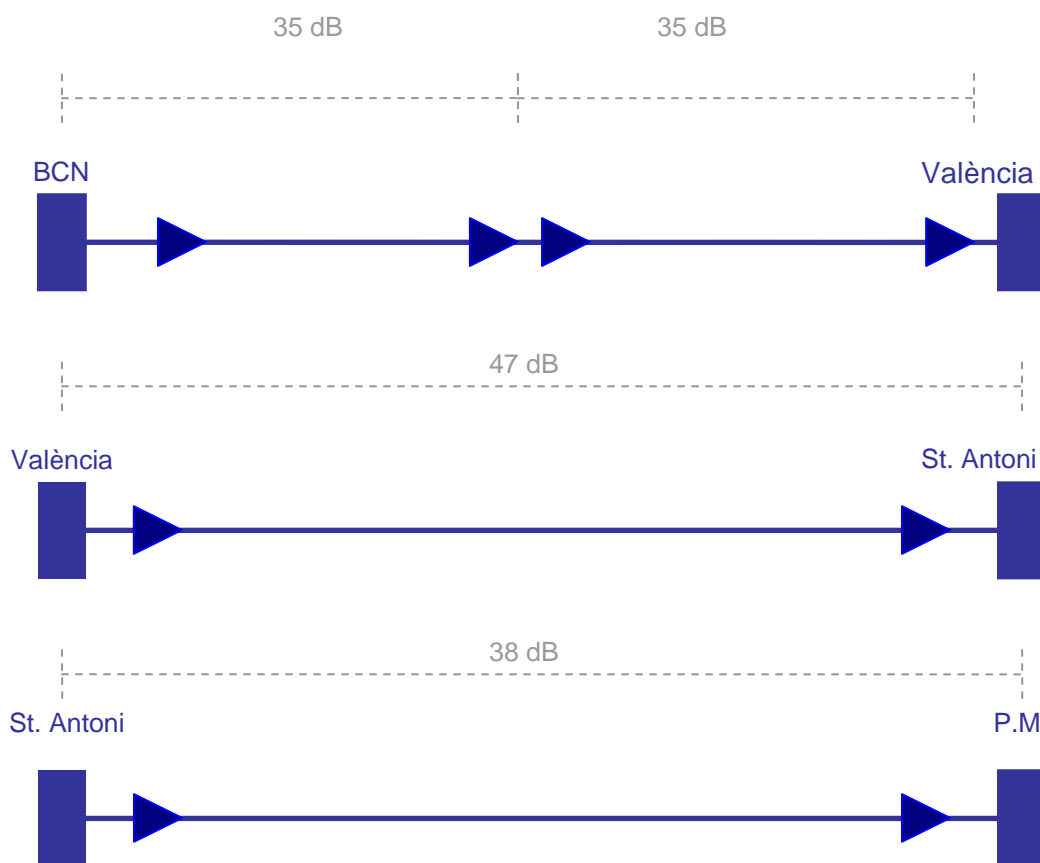


A l'enllaç entre València i Palma de Mallorca, tenim, en els millor dels casos, una atenuació de gairebé 56 dB. Tot i que la senyal emesa sortís amb la màxima potència de sortida des d'un dels extrems, a l'altre obtindríem una senyal molt dèbil (de gairebé -32dB), és a dir, 2dB menys dels que l'amplificador pot percebre

Per això creiem que la millor opció seria la Proposta 4, tant per la viabilitat econòmica com per la tecnològica que aconseguim, ja que el fet d'instal·lar el màxim d'equipaments a la superfície terrestre proporciona menys complexitat a l'hora d'instal·lar i mantenir els equips.

Ja per tenir una mica més de noció de com aniran les coses en aquesta proposta podem fer una petita aproximació:

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>



Podem observar com en el salt per Sant Antoni només és 10 dB menys atenuador, però en tot cas el que hi busquem és poder fer salts sostenibles per als nostres equips sense posar-los sota l'aigua. Cal esmentar també, que per fer l'enllaç entre Barcelona i València és necessari posar aproximadament 4 amplificadors. En aquest tram, posarem dos amplificador seguits (jugant en els marges [-30,+24] dB) a la meitat del camí.

Només un últim incís: no volem donar a entendre que aquest és el disseny definitiu, sinó un esquema aproximatiu per poder intuir després la resposta correcta.

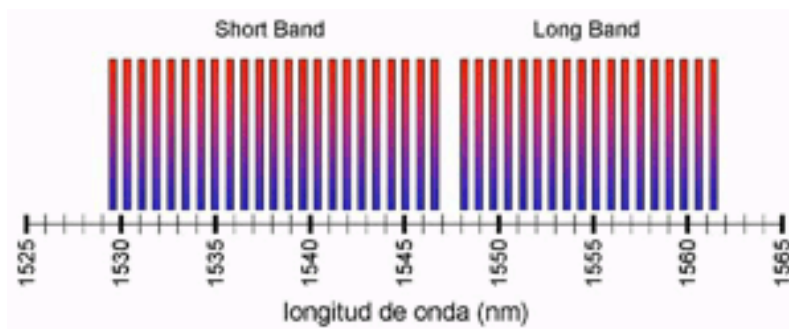
### 2.4.3.4. Proposta escollida



Client 1  
Client 2  
Client 3

#### Distribució de les $\lambda$ s

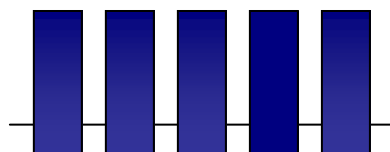
La ITU defineix una quadrícula de longituds d'ona permeses dins de la finestra que va des dels 1525 nm fins als 1565 nm. L'espai entre dues d'aquestes longituds d'ona pot ser de 200 GHz (1,6 nm), 100 GHz (0,8 nm) o fins i tot menys. La tècnica WDM es considera densa (DWDM) quan aquest espai entre longituds d'ona és de 100 GHz o menys.



La separació que establirem entre les  $\lambda$ s serà d'un valor intermig als mencionats anteriorment, és a dir, un valor que no requereixi ni de molta ni de poca precisió en els components que formen part de l'enllaç. Definim 1 nm de distància entre les  $\lambda$ s que utilitzarem. Per tant:

Longituds d'ona d'anada:

- $\lambda_1$ : 1530 nm
- $\lambda_2$ : 1531 nm
- $\lambda_3$ : 1532 nm
- $\lambda_4$ : 1533 nm





<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Tipus d'AO:

- **Basats ens semiconductors** (SOA). Basats en díodes làser. Petits i barats. S'utilitzen a la segona finestra.
- **Basats en emissió estimulada** (EDFA). Utilitzen fibra dopada amb erbi. Només es poden utilitzar a la tercera finestra (on l'erbi pot amplificar). Linealitat del guany, nivell de soroll baix...
- **Basats en efectes no lineals** (Raman).
  - **AO híbrids EDF/Raman**: utilitzat per cobrir llargues distàncies.
- **Multiplexors i demultiplexors**: treballen a nivell òptic. Són prismes.

Tipus:

- Actius: introduir alimentació per no perdre potència mentre multiplexem o demultiplexem.
- Passius: No necessiten cap tipus de font d'alimentació per funcionar.

Reptes:

- Minimitzar "cross-talk": interferència entre lambdes.
- Channel separation: Habilitat per distingir una lambda.

Necessitem multiplexors i demultiplexors diferents i més complicats si utilitzem enllaços bidireccionals enlloc d'enllaços unidireccionals.

### **- Optical Add & Drop Multiplexer i Optical Cross Connected**

ADM òptics:

Extreuen longituds d'ona a la meitat del camí. Dos tipus:

- 1a generació: podem extreure una o més landes fixes. Barats.
- 2a generació: podem extreure landes de manera dinàmica.

OXC:

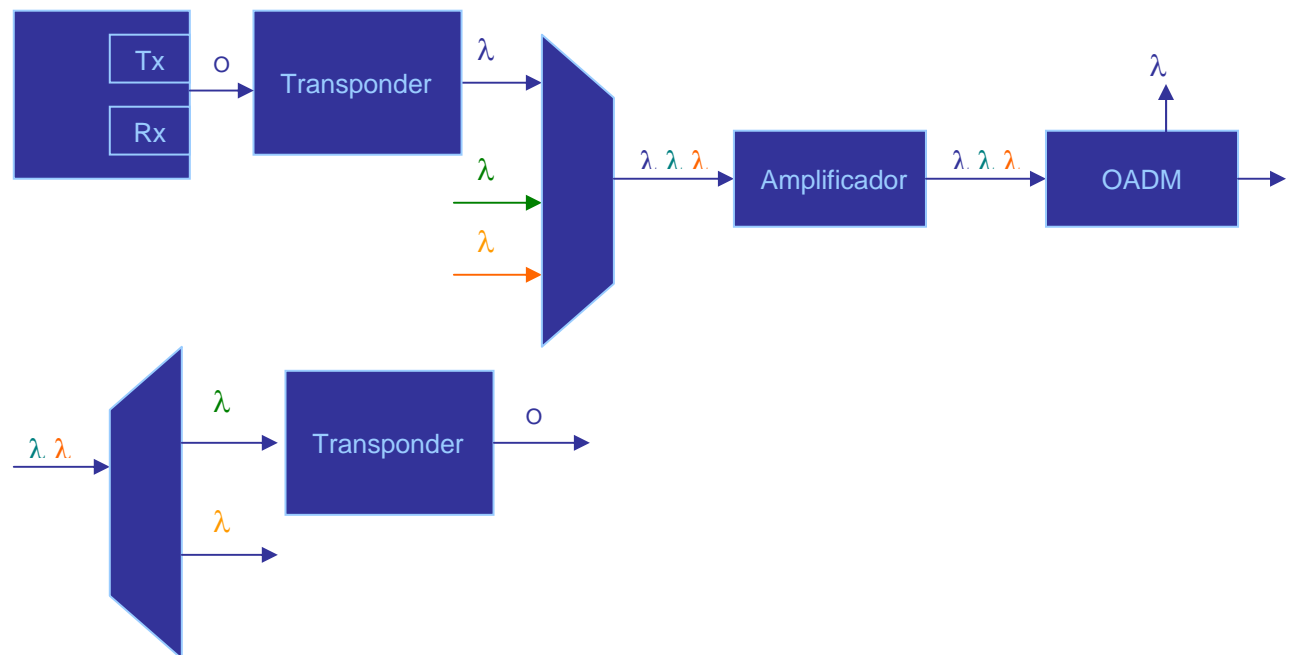
Capaç d'extreure qualsevol landa i enrutar-la a qualsevol sortida a qualsevol landa.

Fa monitorització de la senyal, aprovisionat, grooming (agrupar senyals que poden ser de diferents entrades).

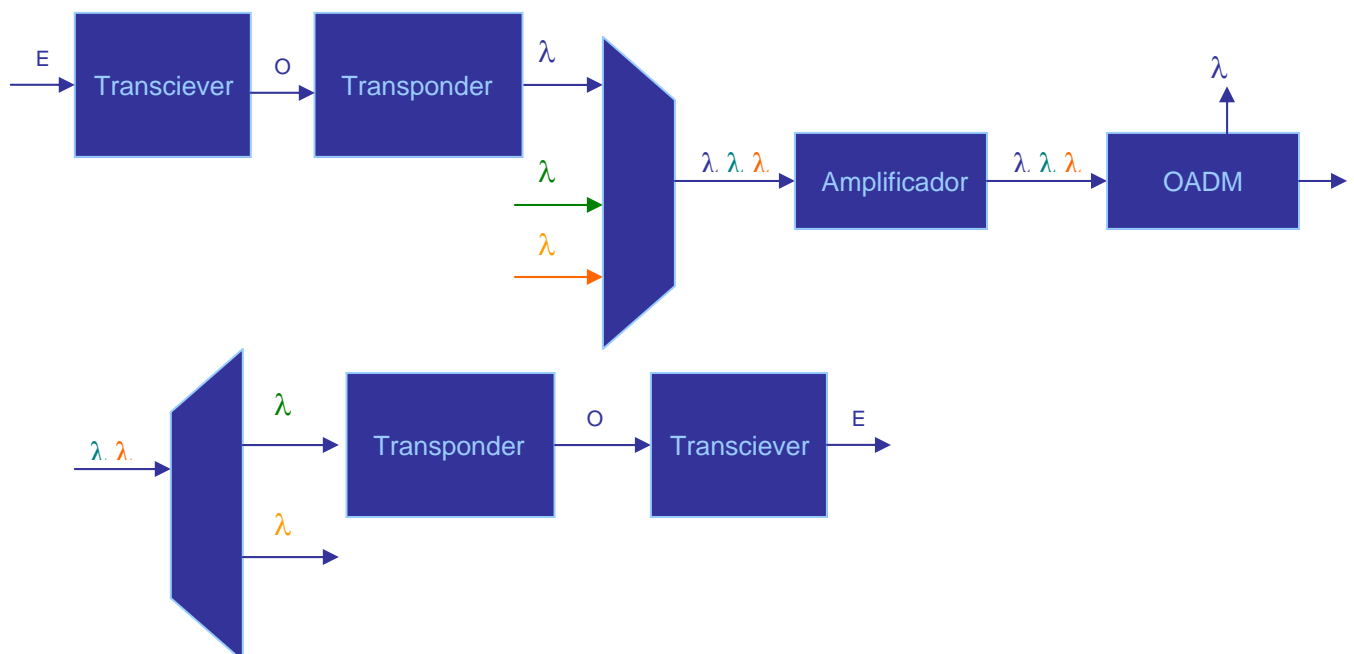
Dos tipus d'OXC:

- Híbrid: converteix la senyal a elèctric
- Òptic.

### 4.1.1. Enllaç amb interfícies òptiques



### 2.4.4.1.2. Enllaç amb interfícies elèctriques



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## 2.4.4.2. Components al mercat

### Transponders

#### Bigbear Networks Kodiak 40/43Gb/s Transponder.

- Canales: 16-channel SFI-5 mux /demux
- Velocidad: 39.813Gb/s o 43.018 Gb/s
- Potencia de salida: 0 dBm to +3 dBm
- Longitudes de onda: 1530 to 1565nm
- Stressed Sensitivity (back-to-back): -5 dBm
- Over Fiber Sensitivity: -4 dBm
- Optical Link Loss: 4 dB

#### BigBear Networks EDC 10GBASE-ZR XENPAK Transponder.

- Distancia: 100 Km
- Velocidad: 10.3125 Gb/s
- Longitudes de onda: 1530 1555 1565 nm
- Potencia de salida: PO 0 +4 dBm
- Extinction Ratio: ER 9 dB
- Potencia de entrada: PIN -25 dBm
- Mínima sensibilidad sobre fibra: (1700ps/nm)
- Sobrecarga: POL -7 dBm
- Optical Link Loss: 23.5 dB
- Dispersion: 1700 ps/nm

### Transceivers

#### Intel TXN17909.

- Velocidad: 10G Fibre Channel version (10.5 Gbps)
- Alcance: 40Km
- Canales de emisión: 850nm, 1310nm, 1550nm
- Decodifica cuatro canales codificados 8B/10B a 3.125Mbps a un bus paralelo XAUI
- Soporta 64B/66B scrambling

#### Picolight Accelar 10Gbps 850nm XFP Transceiver Module

- Velocidad: 10 Gbps
- Longitud de onda: 850nm
- Receive power: -1 dBm
- Stressed Rx sensitivity: -7.1 dBm

### Multiplexors / Demultiplexors


<b>Nom</b>	IBC Interleaver 100/200 GHz
<b>Número de canals</b>	40
<b>Banda d'utilització</b>	Wavelength (C band) 1529,55 fins a 1561,42 nm Wavelength (L band) 1569,59 fins a 1604,88 nm Frecuency (C band) 196.000 fins a 192.000 THz Frecuency (L band) 191.000 fins a 186.800 THz
<b>Pèrdues introduïdes</b>	1.5 dB
<b>Uni/bi direccional</b>	Bidireccional

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## Amplificadors

### OADM's

COADM-SN4-200: Té una fibra d'entrada, 4 fibres drop, 4 fibres add i una de sortida. Les pèrdues de drop i add són de 1,3dB, i les de pas de 1dB.

<b>Nom</b>	100 GHz Optical Add Multiplexer – OADM11A
<b>Número de canals</b>	3
<b>Banda d'utilització</b>	Wavelength (C band) 1529 fins a 1563 nm Wavelength (L band) 1570 fins a 1603 nm
<b>Pèrdues introduïdes</b>	1,5 dB
<b>Uni/bi direccional</b>	Bidireccional
<b>Imatge</b>	

## Splitters

Marca/Model	Tipus d'amplificador	Banda d'operació	Mínima potència d'entrada (dBm)	Màxima potència d'entrada (dBm)	Màxima potència de sortida (dBm)	Guany (dB)	Uni/bi direccional
JDS Uniphase / OAA-15U0400Cx	EDFA	C (1529-1562nm)	-30	0	15	24	Uni
JDS Uniphase / OAR-21F4200Cx	Híbrid EDFA-Raman	C+L(1530, 33-1561,42nm)	3,5	6,5	21	14,5-17,5	Uni
Lase2000/Low Cost EDFA Series	EDFA	C(1529-1562)	-15	2	15	15	Uni

Banda C

Splitting Ratio : 50/50

Perdues:

1x2 : 0,1 dB

1x3 : 0,2 dB

1x4 : 0,3 dB



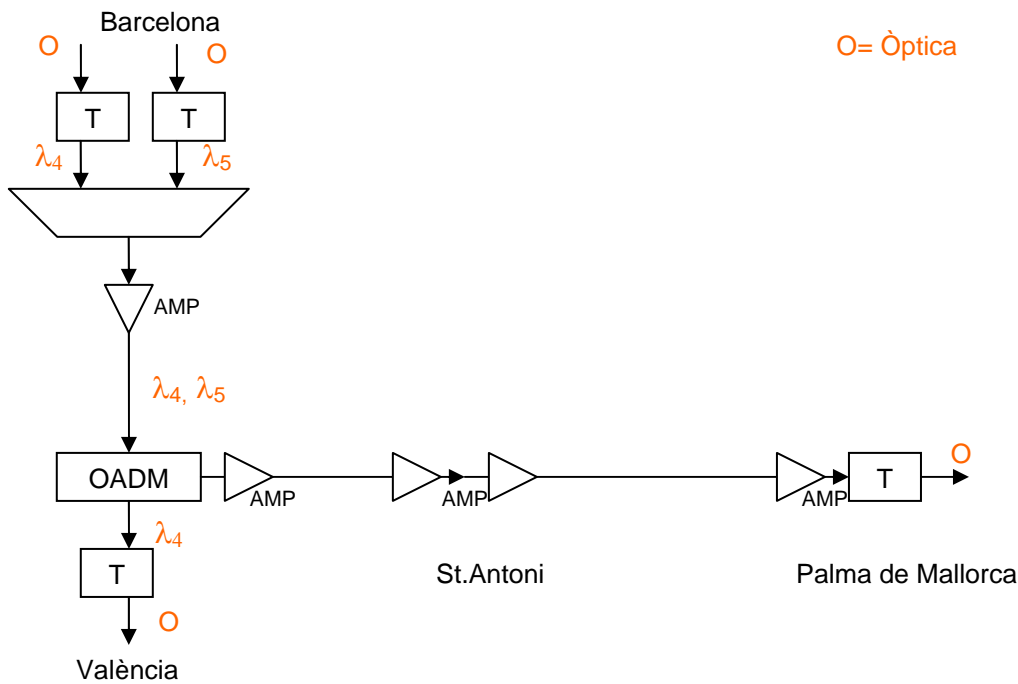
Comentari: recordar que encara que les pèrdues siguin del ordre de 0,1 dB, a cadascuna de les sortides de la fibra s'haurà de comptar amb una pèrdua de 3 dB, ja que la senyal d'entrada es divideix en dos.

### 2.4.4.3. Elecció de components

#### 2.4.4.3.1. Necessitats

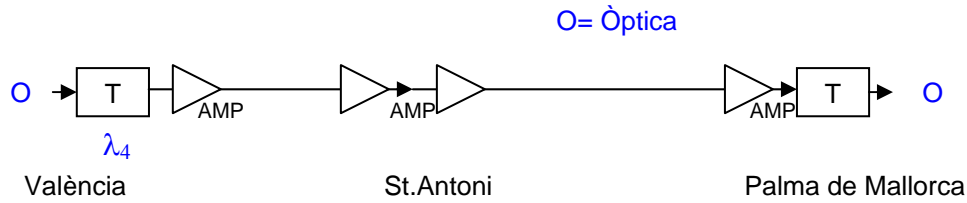


Client 1  
Client 2  
Client 3



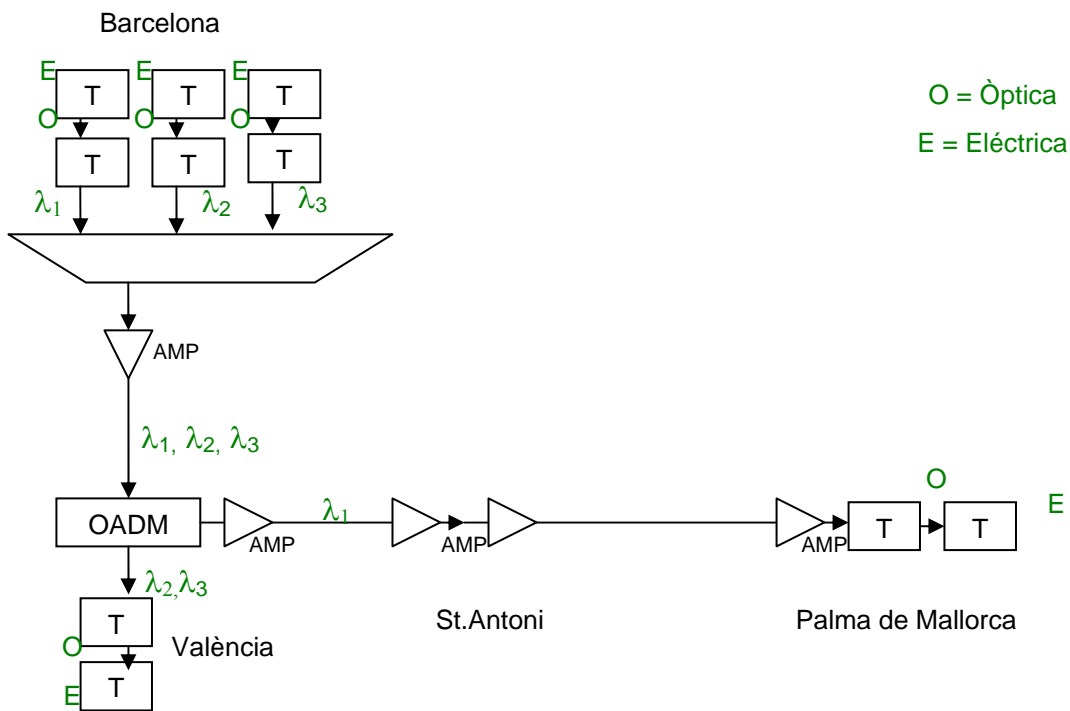
### Client 2

València - Palma de Mallorca



### Client 3

Barcelona – València i Barcelona – Palma de Mallorca



### 2.4.4.3.2 Elecció dels components

Després d'estudiar tots els esquemes, ens hem adonat que hi ha molts punts en comú entre ells i que, a més, són fàcilment integrables. Així doncs, el nostre disseny final estarà fortament influït pels equips. Com que tenim una noció de les necessitats que tindrem, primer en seleccionarem uns de determinats.

Observacions :

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

-Transpondedors / Multiplexadors : tant a Barcelona com a Mallorca se'ns fa necessari posar multiplexadors i transponders junts. Per aquest motiu aprofitem el model de transpondedor Bigbear Networks Kodiak 40/43Gb/s Transponder, que fa funcions de multiplexor i transponder a la vegada.

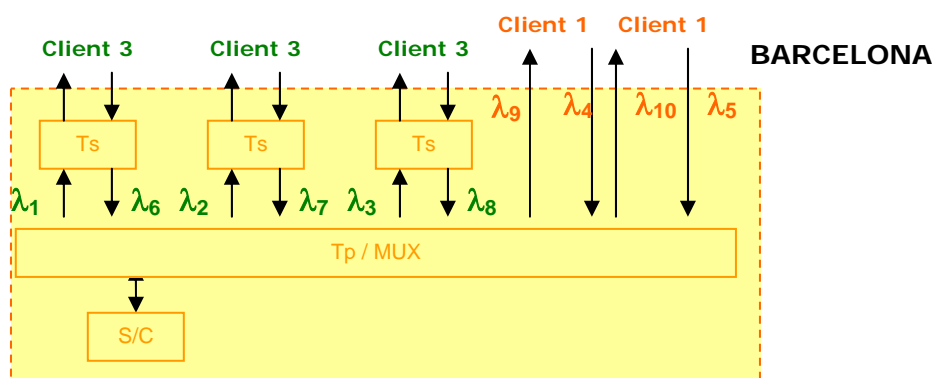
-Splitters: Per cada enllaç hem definit una  $\lambda$  diferent. Els enllaços seran bidireccional. Això és irrellevant per la majoria d'equips, però no per els amplificadors òptics: aquí és on utilitzem els splitters, per poder bifurcar la fibra i poder posar un amplificador en cada sentit a cada punt on es vulgui amplificar la senyal.

-Amplificadors : En la majoria dels casos utilitzarem el model JDS Uniphase / OAA-15U0400Cx. En els casos que necessitem una potència de sortida més gran perquè hem de fer salts marítims, utilitzarem el model JDS Uniphase / OAR-21F4200Cx.

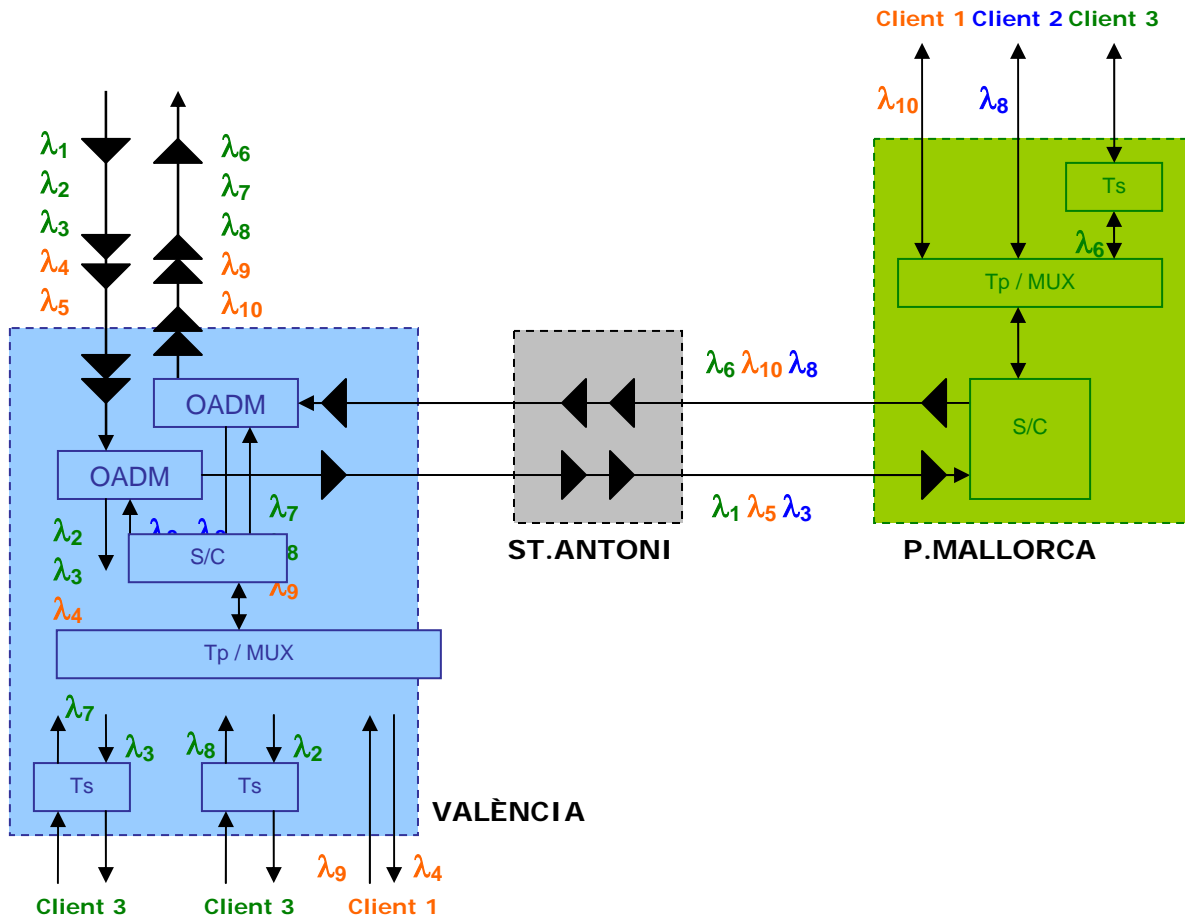
- OADMs: Utilitzarem el COADM-SN4-200, que té una fibra d'entrada, 4 fibres drop, 4 fibres add i una de sortida. Les pèrdues de drop i add són de 1,3dB, i les de pas de 1dB.

- Transceivers: Podem escollir qualsevol dels dos transceivers. Utilitzarem el model Intel TXN17909.

#### 2.4.4.4. Disseny definitiu

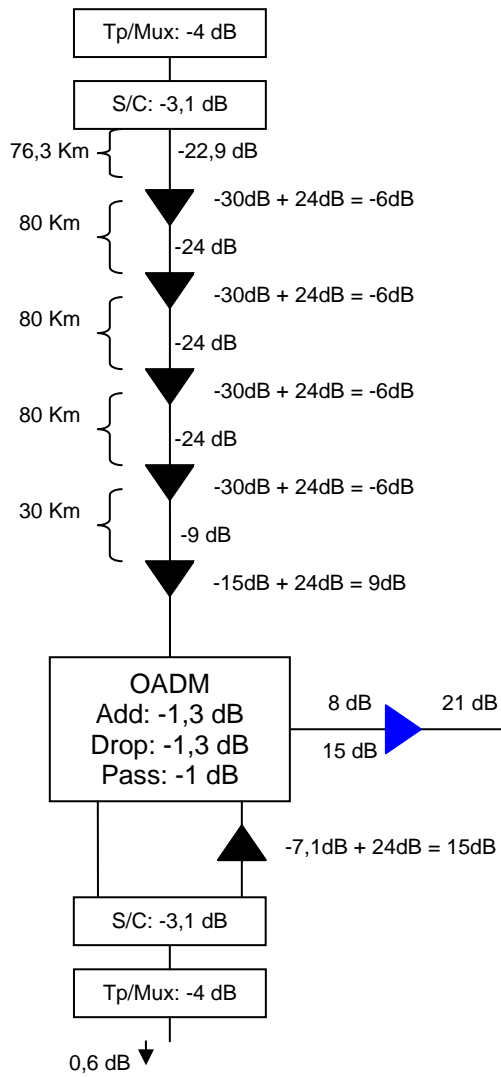


a

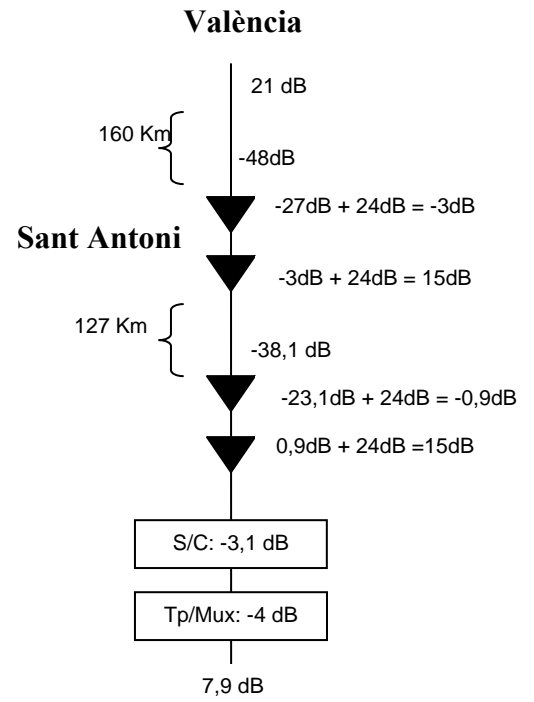


Component	Pèrdues/guanys		
Tp/MUX	- 4 dB		
S	- 0,1 dB - 3 dB		
OADM	Add: -1,3 dB	Drop: -1,3 dB	-1 dB
Amplificador	+ 24 dB		



**Barcelona**



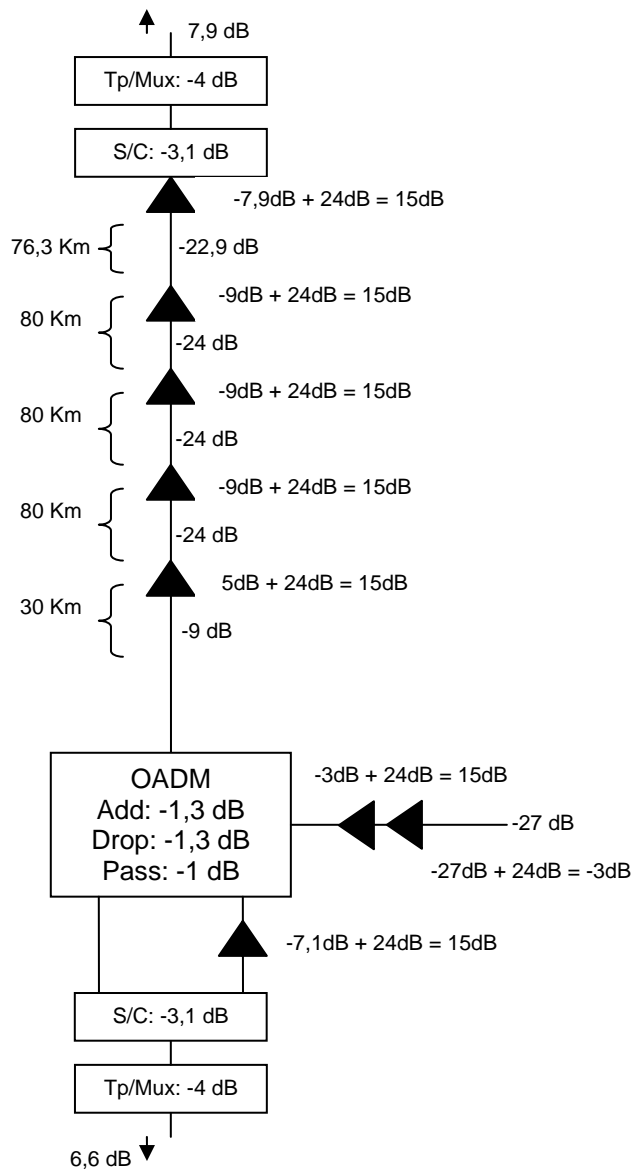
**València**



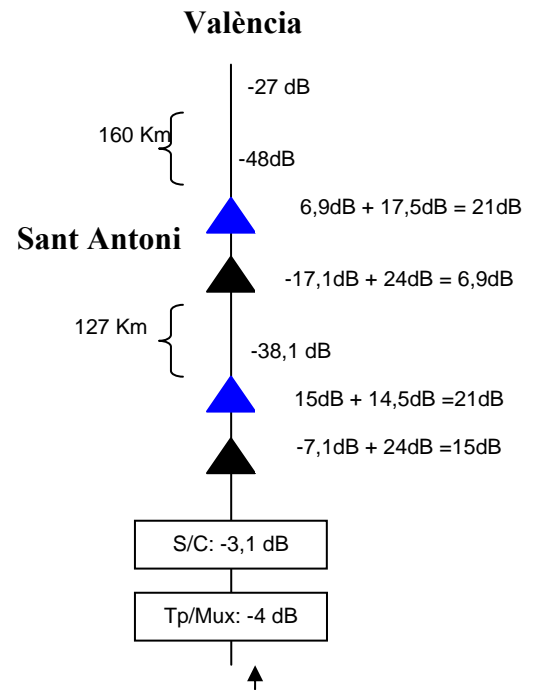
**Palma de Mallorca**

-  JDS Uniphase / OAR-21F4200Cx
-  JDS Uniphase / OAA-15U0400Cx

**Barcelona**



**València**



**Palma de Mallorca**

- JDS Uniphase / OAR-21F4200Cx
- JDS Uniphase / OAA-15U0400Cx

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### **2.4.5. Resolució final**

El nostre disseny l'hem orientat de manera que els costos d'instal·lació i manteniment fossin els més òptims. Aquest fet justifica el per què no hem construït un anell entre els tres destins, ja que passar per mar ens originava uns costos d'infraestructura i manteniment força alts. D'aquesta manera, deduïm que fer un anell no és sempre la solució més adequada.

Per altra banda, som conscients que l'estructura que hem definit no té en compte els casos de fallada del sistema (talls a la fibra i mal funcionament dels components). De totes maneres, no estem excluint cap possibilitat d'afegir redundància en el cas que els clients ens-ho demanessin. Si ho fessin, tindríem diverses opcions: afegir l'enllaç Barcelona – Palma de Mallorca i obtenir d'aquesta manera una topologia d'anell o bé duplicar el circuit per complet (tenim a favor el fet que la fibra òptica està molt barata: 2 o 3 \$/milla/any).

El fet de passar per Eivissa, podria ser, tot i que sembli incoherent, seria un avantatge per tal de poder augmentar el nostre nombre de clients, ja que hi tenim la infraestructura necessària instal·lada per poder fer-ho.

Creiem, finalment, que el dimensionament de la nostra infraestructura és escalable, ja que ens permetria afegir més clients sense haver de modificar ni ampliar el nombre de components que formen part de la xarxa.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## **2.5. Infraestructures addicionals de suport**

### **2.5.1. Radioenllaç**

#### **2.5.1.1. Justificació de l'enllaç**

SAT proporcionarà servei de telecomunicacions al districte 22@ de Barcelona. Tenint en compte els serveis que oferim i veiem la possibilitat d'un radioenllaç que portarà el trafic agregat dels nostres clients. Aquest només funcionaria en el cas de caiguda de l'enllaç en fibra òptica del node Princess a l'exterior, és a dir, l'utilitzarem únicament com a Back-up.

A grans trets, estariem parlant d'un radioenllaç que ens proporcionarà més redundància i més seguretat per als nostres clients, i tot això gràcies a les característiques radioelèctriques i a un bon aprofitament de l'aspectre.

#### **2.5.1.2. Modalitat del servei**

A l'hora de definir el nostre servei no hem de perdre de vista que estem parlant de tecnologia IP. Per tant, si ens fixem en aquesta tecnologia, ens adonem de que ens faria falta disposar d'un control de fluxe i BER mínim garantit. Considerant les necessitats del nostre radioenllaç Collserola - Hotel Amrey, haurim de tenir en compte que ens fa falta una comunicació en els dos sentits (bidireccional) i a l'hora, simultaneament.

Considerant aquestes dues característiques anomenades anteriorment, estariem parlant de un enllaç amb una modalitat Full-Dúplex.

#### **2.5.1.3. Situació geogràfica de les estacions**

Punts a connectar: Collserola- Hotel Amrey. Distància enllaç (Amrey – Collserola): 5500metres

Direccions dels punts a connectar:

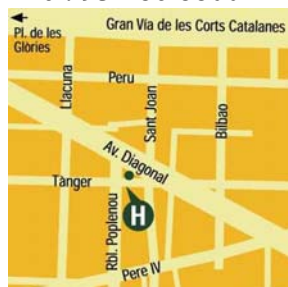
##### **Torre de Collserola**

Carretera de Vallvidrera al Tibidabo s/n  
Barcelona  
Tel: 93 406 9354



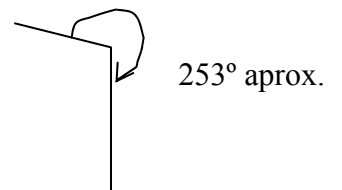
##### **Hotel Amrey**

Av. Diagonal 161-163  
Barcelona  
Tel: 93 486 8800



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

La claredat de l'enllaç actualment es bona (no hi ha cap edifici que dificulti la visibilitat). Cal considerar, però, que en un futur hi podria haver problemes si edificuessin el solar que just davant de l'hotel Amrey (c/ Diagonal 161-163).



### Collserola

- *Coordenades geogràfiques*

Latitud (l) : 41° 25' 07" N

Longitud (L) : 002° 06' 57,7" E

Alçada sobre nivell mar: 450m

### Hotel Amrey

- *Coordenades geogràfiques*

Latitud (l) : 41° 24' 16" N

Longitud (L) : 002° 11' 36" E

- Alçada sobre nivell mar (H. Amrey): 20m

**Alçada total(Collserola) = 450m (sobre nivell del mar) +100 m (torre) = 550m**

**Alçada total(H. Amrey) = 20m (sobre nivell del mar) + 50m (alçada edifici) = 70m**

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 2.5.1.4. Necessitats de comunicació

Actualment, les nostres necessitats pel que fa aquest enllaç no són massa elevades, ja que no requerim d'un ample de banda gran degut a que tenim pocs clients. A més, com que utilitzem l'enllaç només com a backup, no és necessari que el marge de fading sigui molt ample, no obstant, hem fet els càlculs i la tria d'equipaments de forma adequada, per si en un futur l'utilitzem com a enllaç primari.

Respecte les necessitats de TX, per cobrir les nostres necessitats amb 40Mbps duplex seria suficient, però considerarem un enllaç STM-1 de 155Mbps, és important remarcar que seria important motivar els 155Mbps de què disposarem, o bé sigui aprofitant l'enllaç per donar comunicació a tercers o sino, aprofitant la velocitat sobrant per a futures aplicacions.

Pel què fa la QoS, nosaltres garantitzem un tall no superior de 5 minuts l'any. Per tant, una disponibilitat del servei de 5 xifres (99,999% de disponibilitat).

### 2.5.1.5. Pla de freqüències proposat

Trobariem tres possibles opcions a l'hora de definir la banda de freqüències en què volem treballar. Les bandes que ens podrien utilitzar per a definir el nostre radioenllaç serien:

Banda de 3,6 i 11,7 Ghz (la més baixa), suportarien molt bé l'atenuació però se solen utilitzar per vanos amb longituds que van entre 20 i 50 Km per tant no la considerariem aquesta.

La Banda 17,7 a 19,7 Ghz, aquesta banda es veu afectada per l'atenuació per la pluja, però la longitud dels vanos 'típics' està entre els 5 i els 20 Km, per tant, aquesta banda és la que considerarem.

I per últim, trobariem la Banda per sobre dels 22 Ghz, aquestes per meten molta capacitat i se solen utilitzar molt en les grans ciutats però no ens serveix perquè li afecta molt la pluja i la longitud del vano sol estar a l'ordre de pocs kilòmetres.

Les bandes baixes estan molt saturades i a més, se solen utilitzar per a grans distàncies, de forma que nosaltres hem triat una banda una mica més alta, apropiada a la nostre distància.

Utilitzarem la banda que va dels 17,7 als 19,7 (o sigui centrada als 18,7 Ghz), definida per la Recomanació UIT-R F.595-8.

Jerarquia digital: Síncrona (SDH)

Modalitat de l'enllaç: punt a punt.

Canalització:

meitat inferior de la banda  $f_n = f_0 - 1000 + 55n$

meitat superior de la banda  $f_n = f_0 + 10 + 55n$

$n = 1, 2, 3, 4 \dots 16, 17$

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Es proposa una modulació 16QAM. El criteri d' haver escollit una 16QAM és perquè necessitem uns 40Mbps i tindrem 155Mbps en una STM-1, per tant, com que disposem de una velocitat superior no ens cal aconseguir una màxima eficiència espectral. Si a l'hora de buscar proveïdors veiem que tenim dificultats amb els equips d'aquestes característiques ja canviariem de modulació.

### **2.5.1.6. Característiques genèriques dels equips**

#### **Equips de tx i rx**

Proveïdors: Ericsson, ja que ja tenim documentació i ens resulta més fàcil, a més, disposa d'equips de la banda escollida. Ens hem fixat en l'equip MINI-LINK HC

Potència d'emissió = 17 dBm  
Tipus de modulació = 16 QAM  
BER per  $10^{-6}$  = -75 dBm (mirar taula Ericsson)  
Alimentació en continu des de 24 fins 60 V DC  
Equip modular i fàcil d'instal·lar

Aquí hi ha alguns criteris del perquè hem escollit Ericsson:

Fiabilitat de l'equipament

Preu assequible

Assistència comercial i tècnica de l'empresa, Ericsson España: Calle Retama 1  
28045 Madrid

91.339.10.00

Homogeneïtat de l'equipament existent

Facilitat de recanvis o substitució d'equipament

Servei de manteniment existent

Evolució de l'equipament

#### **Tipus d'antenes** (ambdues són de la marca Andrew):

Collserola (hem preferit col·locar una antena gran), característiques:

Diameter: 1.2 metres  
Frequency range: 17,7 – 19,7 (GHz)  
Gain: 44,5 dBi at 18,700 GHz  
HP BW: 0.9 DEG

Hotel Amrey (hem preferit col·locar una antena més petita), característiques:

Diameter: 0.3 metres  
Frequency range: 17,7 – 19,7 (GHz)  
Gain: 33,0 dBi at 18,700 GHz  
HP BW: 3.4 DEG

**Angles d'elevació:**

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

A partir de la distància entre les antenes, coneguda, i de l'alçada en què es troben cadascuna, podem calcular, per trigonometria, quin angle d'elevació té l'antena situada a l'hotel Amrey:

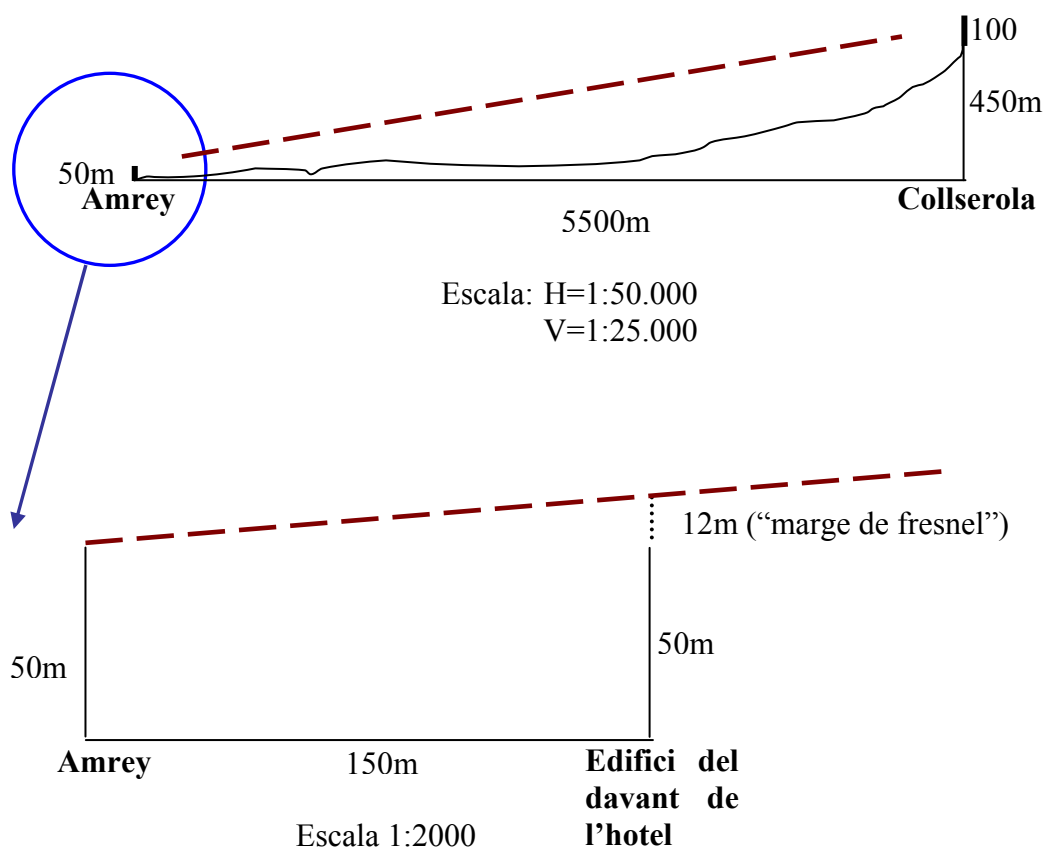
$$\text{tangente } (\alpha) = (550-70) / 5500 = 0,087$$

i a partir de l'arc tangente, deduïm que

$$\alpha = 5^\circ \text{ aprox.}$$

Per simetria, a Collserola, l'antena tindrà el mateix angle però cap avall (negatiu).

En el següent esquema mostrem una vista general dels emplaçaments a escala real (si bé a escala asimètrica). Els 20m sobre el nivell del mar de l'hotel Amrey són omesos.



Mirant un mapa de Barcelona veiem que des del terrat de l'hotel Amrey, en la direcció a l'antena situada a Collserola, hi ha una àrea oberta d'uns 150 metres, punt a partir del qual hi ha més edificis. Suposant que l'edifici del davant té la mateixa alçada, veiem que la claredat de l'enllaç a la vora de l'hotel Amrey és com la que dibuixem al següent esquema. Un cop més, hem utilitzat càlculs trigonomètrics i una escala 1:2000 (1m→20cm)

A partir del mapa que hem posat al segon punt, hem pogut calcular, de forma aproximada l'azimutal, és a dir, l'angle en sentit positiu entre la línia de nord i la línia de l'enllaç.

Infraestructures de Telecomunicacions	Març del 2005
Projecte d'implementació al 22@	Grup C

Azimutal 253°

### 2.5.1.7. Característiques tècniques dels enllaços

Pèrdues en transmissió i recepció = 1 dB en cada banda.  
Escollim Polarització vertical ja que la pluja afecta menys que la horitzontal.

**Potència en recepció:**

$$P_R(\text{dBm}) = P_T(\text{dBm}) + G_T(\text{dB}) + G_R(\text{dB}) - \alpha_T(\text{dB}) - \alpha_R(\text{dB}) - 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

F=18,7GHz i  $\lambda=c/f=0.0160428$

Distància: 5500metres

$$20 \log [(4 \cdot \pi \cdot 5500) / \lambda] = 132,68 \text{ dB}$$

$$\mathbf{PR (\text{dBm})} = +17 \text{ dBm} + 44,5 \text{ dBi} + 33,0 \text{ dBi} - 2 \text{ dB} - 132,68 \text{ dB} = \mathbf{-40,18 \text{ dBm}}$$

**Marge de Fading per tenir una probabilitat d'error de  $10^{-6}$  serà:**

**MF** = PR – RTH = -40,18 – (-75) = **34,82 dB** (fading màxim per a que la probabilitat d'error de bit sigui com a màxim de  $10^{-6}$ ).

**Valor de l'esvaïment no superat durant més del 20% del temps:**

$$\alpha = 10 \log \left[ 1 + \frac{d^2 F^{0,8}}{8500} \right]$$

d = 5,5 Km

F = 18,7 Ghz

$$\alpha = 10 \log [1 + ((5,5^2 * 18,7^{0,8}) / 8500)] = \mathbf{0,158 \text{ dB}}$$

**Probabilitat de que apareguin esvaïment superiors al marge de fading seran:**

$$10 \log p = 34 \log d - MF + 10 \log F + K$$

$$10 \log p = 25,17 - 34,82 + 12,72 - 85$$

$$\mathbf{p = 7 \cdot 10^{-9}}$$

K=-85

d = 5'5 Km

F = 18,7 GHz

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Atenuació provocada per la pluja

$$K_{R(Europa)} = \frac{1}{0,98 + (d \cdot (40,2R - 3d + 200)) / 28200}$$

$K_R = 0,456$  (coeficient de reducció de distàncies)

$R = 150 \text{ mm/h}$   
 $d = 5,5 \text{ Km}$

Per tant:  
 $L_{eq} = d \cdot K_R$   
 $L_{eq} = 2,51 \text{ (Km)}$

Per tant:  
 $A = K \cdot R^n \cdot L_{eq}$   
 $A = 0,062 \cdot 150^{1,09} \cdot 2,51$   
 $A = 36,6 \text{ dB}$

Per tant, en casos de pluja forta se superarà el marge de fading en 1,78dB. Hem decidit de no modificar el nostre disseny, ja que es tracta d'un enllaç de backup i la probabilitat que fallin a la vegada l'enllaç amb fibra òptica del Princess i l'enllaç ràdio amb Collserola és realment baixíssima.

$R = 150 \text{ mm/h}$   
 $K = 0,062$  (mirant la taula i extrapolant amb regla de tres)  
 $n = 1,09$  (idem)

### 2.5.1.8. Valoració econòmica

Per a la realització de la valoració econòmica s'han mirat proveïdors com Ericsson, per els equips de transmissió i recepció; i també proveïdors com 'Andrew ValuLine Integrated Antennas' que ens han proporcionat les antenes.

Els equips que hem utilitzat són més o menys estàndards i segueixen les recomanacions de la UIT. Donat que el servei es dona a clients que necessiten una qualitat de servei mitja-bona (No estem parlant d'empreses que depenguin críticament de les telecomunicacions però sí d'hotels de categoria alta i d'un negoci *in crescendo*), creiem que és una inversió justificada, i no es poden córrer riscos.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Equipament	Model	Preu
Antenes	VHP1-180-D42	1.900
	VHP4-180A-D42	2.500
Equip TX i RX	MINI-LINK HC (2 unitats)	4.200 x 2
Material divers i implantació		8.000
Total (iva no inclòs)		<b>20.800 €</b>

No obstant, d'acord amb la experiència d'altres instal·lacions, podem estimar que globalment el projecte del radioenllaç tindrà un cost aproximat de 20.000 euros (més IVA). S'estima que es requeriran entre 2 i 3 dies per a realitzar la instal·lació completa.

## **2.5.2. Wimax**

### **2.5.2.1. Alternatives d'accés ràdio**

#### **2.5.2.1.1. Accés ràdio**

Les xarxes que proporcionen accés ràdio tenen una sèrie de característiques que les fan molt atractives, entre les quals cal destacar:

- *Baix cost.* En general, una xarxa d'accés basada en ràdio, té menors costos globals que una xarxa de cable equivalent (cable, fibra òptica o coaxial), ja que l'estalvi en obres compensa, en la majoria dels casos, els costos derivats de l'obtenció de llicències d'operació a les bandes reservades.

- *Rapidesa de desplegament.* Aquest tipus de xarxa pot desplegar-se i ser operativa en un període de temps molt més curt que les xarxes cablejades.

- *Accessibilitat.* Permeten proporcionar els serveis a zones que són difícils de cobrir utilitzant altres mitjans degut a una baixa densitat de població, accidents geogràfics,...

- *Baixa inversió inicial.* És l'estrictament necessària per desplegar les estacions base que cobreixen l'àrea definida, i els equips d'abonat.

- *Creixement adaptat a la demanda.* Una vegada realitzat el desplegament inicial, un sistema d'accés ràdio creix proporcionalment a la demanda, ja que els equips terminals s'instal·len segons vagin apareixent nous clients, sense necessitat d'introduir canvis a la infraestructura fins que el nombre d'usuaris no arribi a uns límits determinats.

- *Baix cost de manteniment* en comparació amb els sistemes cablejats on, el manteniment de la planta externa representa una part molt important en els costos globals d'operació.

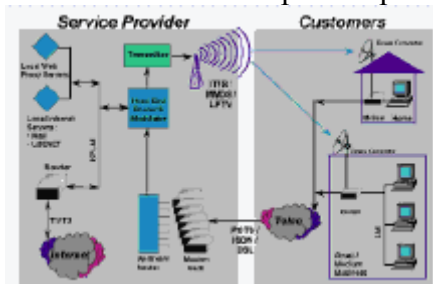
<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

- *Retorn ràpid de la inversió.* Proporcionen a l'operador de xarxa un ràpid retorn de les inversions i li permeten definir un model de negoci atractiu en un mercat competitiu. Les diferents alternatives que tenim d'accés ràdio són presentades a continuació.

## MMDS

La tecnologia MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Systems) va sorgir als EUA per la distribució de programes de televisió. La banda que utilitza, que és de 186 MHz, es divideix en subbandes de 6 MHz, fet que permet la transmissió de 31 canals de televisió analògica NTSC. Aquest número de canals es pot augmentar utilitzant tècniques de compressió i transmissió digital (fins a 5 canals digitals per un d'analògic). Aquests sistemes estaven orientats a entorns rurals o de baixa densitat, on la instal·lació de cable convencional per la distribució de TV podia resultar antieconòmic.

Els últims moviments entorn als sistemes MMDS s'orienten a donar serveis interactius de veu, dades i accés a internet. En aquest cas, el concepte de MMDS original es difumina, i queda reduït a una porció d'espectre que pot ser utilitzat per qualsevol sistema d'accés múltiple sempre que es respecti la canalització bàsica de 6 MHz.



## LMDS

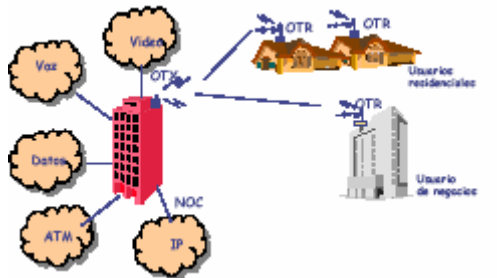
Els sistemes LMDS (Local Multipoint Distribution Services) van sorgir amb una orientació similar a les de MMDS, és a dir, aplicacions de distribució de TV multicanal, tot i que, degut a la utilització d'una freqüència de treball major (26-28 GHz), les distàncies que es cobrien eren menors (3 o 4 Km enfront als 15 o 20 Km de MMDS). Aquest fet va provocar que els sistemes LMDS es veiessin, des de bon començament, com una solució urbana d'alta densitat i concentració d'usuaris.

Els sistemes LMDS no van arribar a desenvolupar-se per l'aplicació de distribució de televisió, ja que de seguida es va detectar el seu alt potencial com a solució d'accés de gran capacitat en aplicacions de veu i dades.

Cap de les denominacions MMDS o LMDS respon a un estàndard específic, de manera que aquests sistemes estan basats, generalment, en solucions propietàries de cada fabricant. En el cas de LMDS, s'entén que ho són, aquells sistemes d'accés de ràdio fix de gran capacitat que treballen a les bandes de 26 o 28 GHz.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Els sistemes LMDS estan orientats, fonamentalment, a proporcionar serveis de telecomunicacions a PIMES, ja que proporciona grans capacitats als usuaris finals i per oferir una ampla gamma de serveis com telefonia, RDSI (ISDN), línies llogades a n x 64Kb/s i 2 Mb/s, dades en mode paquet, accés ràpid a internet, etc.



## WLAN

Degut a l'augment de la demanda de comunicacions de les empreses (tant en volum com en diversitat), les xarxes d'àrea local de banda ampla han anat sorgint com una alternativa natural a les xarxes locals (LAN) de banda estreta que, mica en mica, s'han anat quedant limitades pel que fa a la capacitat de provisió de serveis. Les WLAN (Xarxes Locals Inalàmbriques) operen en bandes de 2,4 GHz i 5 GHz.

## WIMAX

Wimax és una evolució de Wifi que proporciona més abast i ample de banda.. Els serveis que proporciona són:

- Accés a Internet inalàmbric amb un alt ample de banda
- Recollir el tràfic generat per diversos AP
- Veu sobre IP

Degut a les seves prestacions, Wimax és una tecnologia dirigida a operadors que permet interoperabilitat de components de diferents fabricants.

Les capacitats teòriques que proporciona Wimax són: 50Km a 70Mbps. Les reals: 10Mbps amb un abast de 3,5 a 5 Km.

Bandes de freqüències:

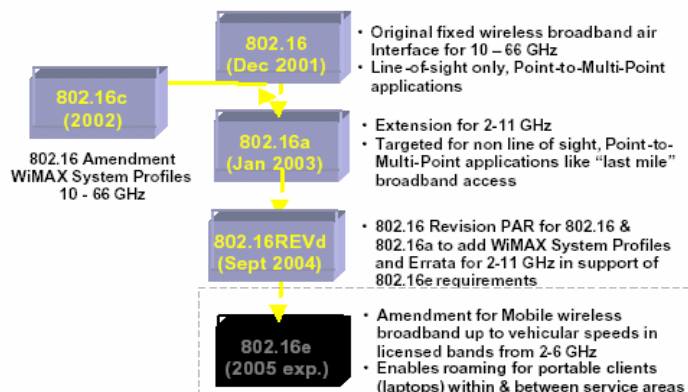
802.16e: < 6GHz. 5 Km d'abast. Permet N-LOS.

802.16a: 2-11GHz. 8 Km d'abast. Permet N-LOS.

802.16: 10-66 GHz. LOS.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 802.16 Standards Genealogy



Aquesta tecnologia d'accés ràdio proporciona, a més dels paràmetres d'ample de banda i cobertura citats anteriorment, seguretat i qualitat de servei. Així doncs, podem protegir les dades transmeses i assignar diferents prioritats al tràfic segons el servei que volem donar.

#### 2.5.2.1.2. Elecció de la tecnologia d'accés

Basant-nos en els serveis que oferim a la xarxa cablejada de què disposem, que proporciona qualitat de servei, un bon ample de banda i seguretat, creiem que la solució més adequada per poder donar accés ràdio a les platges i als ports de Sant Adrià i Barcelona seria utilitzar la tecnologia Wimax, ja que és l'única que ens permet homogeneitzar la xarxa per tal que el tràfic viatgi en condicions semblants tant a la xarxa cablejada com a la no cablejada.

Wimax és una tecnologia a gran escala (permet cobrir àrees geogràfiques força grans). Això ens pot fer pensar que per cobrir un sol barri com el 22@ no és la solució més adequada. Tenint en compte, però, altres factors com les previsions d'alta demanda de tràfic de dades que hi haurà al 22@ degut al creixement d'oficines (El projecte del 22@ permetrà, al llarg de la seva d'execució -15/20 anys- augmentar entre 100.000 i 130.000 els llocs de treball localitzats a la zona), és a dir, un criteri enfocat al nombre d'usuaris que faran ús de la xarxa, podem proporcionar una capacitat molt alta comparat amb altres operadors (tenint així un avantatge competitiu) amb un temps d'instal·lació molt reduït.

#### 2.5.2.2. Connexió amb la xarxa troncal

##### 2.5.2.2.1. Capacitat de sortida

Com hem comentat anteriorment, oferirem el servei Wimax als clients dels hotels que es moguin per la zona de les platges i els ports, a les empreses del 22@ i també a habitatges de la zona.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Ens interessaria, sobretot, poder oferir un ample de banda que captés l'atenció dels clients i així poder-los proporcionar una bona capacitat a més de les comoditats que dona tota tecnologia sense cables.

Creiem que els clients amb més potencial seran les empreses i els habitatges i, per aquest motiu, aquests tipus d'usuaris tindran més bones prestacions que els clients dels hotels que vulguin tenir accés a Internet des de les platges i els ports, ja que considerem que aquest tipus d'accés requereix de menys prestacions que els anteriors.

Estudi de mercat

Cal dir que, actualment, les condicions de capacitat que els operadors ofereixen a empreses són força bones. Per aquest motiu, abans de definir quin ample de banda volem oferir a cada usuari, estudiarem què ofereixen els operadors. D'aquesta manera, sota aquestes condicions, podrem definir quin ample de banda proporcionarem per tal de tenir un avantatge competitiu respecte aquests.

Per tal de poder tenir una idea del dimensionat que requereix la nostre xarxa hem de saber les necessitats del servei que hauríem d'oferir. En tindrem una noció mirant com està el mercat actualment i imaginant com serà en un futur.

#### Estudi de mercat d'ofertes a particulars

De les ofertes de les operadores actuals ens fixarem en l'ample de banda i el cost que li representa el client, ja que són els factors claus per un client particular:

Podem observar que la majoria d'ofertes tenen un cost econòmic comprès entre 30 i 40€

Operador	Internet	Telefonia	Preu(mes)	Comentaris
Ya.com	1 Mbps	Local i Nacional Gratuïtes	37 €	Router Wifi
Terra.es	512Kbps/1Mbps	No	75/38 €	
Wanadoo.es	512 Kbps	Local i Nacional Gratuïtes	36 €	Router Wifi
Arrakis	512Kbps/1Mbps	No	75/39 €	Router Wifi
Auna	1 Mbps	Si, tarificat	45 €	Televisio i Router Wifi
<i>Telefonica</i>	512Kbps/1Mbps	Si, tarificat	60/36€ + 12 €	Router Wifi

i amb un ample de banda d'uns 512Kbps/1Mbps. D'aquí en podem treure tres conclusions útils:

- 1er) El client no sol gastar més de 40 € al mes per la connexió a internet.
- 2on) Incloure una tarifa plana de tucades nacionals i locals serà un pas obligat
- 3er) Ample de banda mínim a vendre: 1Mbps.

#### Estudi de mercat d'ofertes a empreses

La oferta a les empreses és la mateixa que als clients particulars, la diferència rau en la possibilitat que deixen els operadors que disposen de xarxa pròpia (telefònica i auna) en fer contractes a mida (encabits en els seus packs per a empreses, però són altament flexibles).

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Després d'examinar les ofertes no veiem un ample de banda ofert superior als 4Mbps, i cada operadora dona unes característiques molt flexibles, la impressió general és la de negociar amb el client quines són ses necessitats i com cobrir-les.

Capacitat de sortida

#### Cobertura a les platges i ports pels clients dels hotels

Com ja hem dit, no donarem massa capacitat als clients dels hotels que vulguin accedir a la xarxa via Wimax des de les platges i els ports, ja que considerem aquesta opció com una activitat més aviat lúdica i de poca duració i que per tant, no pot ser massa exigent a l'hora de demanar recursos.

Calcularem la capacita total necessària a partir de:

- *Ample de banda per usuari.*

Trobem raonable el fet d'oferir uns 160 Kbps per usuari.

- *Nombre d'usuaris.* L'hem calculat tenint en compte paràmetres com la penetració del servei, el nombre d'habitacions dels hotels, la mitjana de persones per habitació d'hotel i la probabilitat que les persones que disposin d'un terminal amb les característiques necessàries per connectar-se via Wimax utilitzin aquest servei.

Penetració del servei	0'2
Nombre d'habitacions dels hotels	698
Mitjana de persones per habitació d'hotel	1'5
Probabilitat que els usuaris que disposin d'un terminal utilitzin el servei	0'8
Nombre d'usuaris	167,52

Així doncs:

$$\text{Capacitat total} = 160 \text{ Kbps} * 167,52 = 26803,2 \text{ Kbps}$$

<b>Capacitat total = 26,803 Mbps</b>
--------------------------------------

#### Cobertura a les empreses

Per poder calcular l'ample de banda total que necessitarem per donar servei a les empreses que vulguin contractar Wimax necessitarem saber:

*Ample de banda per usuari.*

Ample de banda Internet: 8 Mbps (Estimem que tindrem una mitjana d'uns 20 empleats per empresa).

Ample de banda Telefonía IP: 5 Kbps/Usuari (Donarem un circuit per cada 3 usuaris).

Si considerem una mitjana de 20 usuaris per empresa, tindrem uns 30 Kbps.

Ample de banda total: 8030 Kbps

*Nombre d'usuaris.* A a partir de dades proporcionades per l'Ajuntament de Barcelona indicant el nombre de nous llocs de treball que es crearan a la zona del 22@ i la penetració del servei que hem estimat per empreses interessades en potenciar l'ús de les noves tecnologies en aquesta zona, obtindrem un valor aproximat del nombre d'usuaris Wimax.

Nombre d'empreses	120.000 llocs treball / 20 = 6.000
Penetració del servei	0,35
Nombre d'empreses client	2.100

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Tenint en compte que la majoria d'empreses disposaran d'una xarxa cablejada i que només utilitzaran l'accés inalàmbic en ocasions puntuals, hem decidit definir un valor de penetració no massa elevat.

Cal dir també que, com a operadora de telecomunicacions que disposa d'un desplegament de fibra òptica important per la zona que permet capacitats molt elevades, ens interessarà més vendre aquest tipus d'accés a internet connectant-les amb fibra a la xarxa *backbone*.

Així doncs, hem decidit redefinir el nombre d'usuaris i hem estimat que tan sols un 20% de les empreses preferiran tenir les condicions que oferim amb Wimax per sobre de les que oferim amb fibra. Tenim, per tant:

Nombre d'empreses	6.000
Penetració del servei	0,35
Preferència Wimax per sobre FO	0,2
Nombre d'empreses client	420

Capacitat total = 8030 Kbps \* 420 = 3372600 Kbps

<b>Capacitat total = 3372,6 Mbps</b>
--------------------------------------

#### Cobertura als habitatges

Els indicadors necessaris per obtenir un valor aproximat de la capacitat total que hem de proporcionar a aquest perfil de clients són:

- *Ample de banda per habitatge*

Ample de banda internet: 1 Mbps

Ample de banda Telefonia IP: 14 Kbps

Ample de banda total: 1014 Kbps

- *Nombre d'habitatges potencials*. Utilitzant dades que ens indiquen quants habitatges nous es crearan, quants n'hi ha actualment, la penetració de Wimax, la penetració d'internet a les llars catalanes, obtenim un nombre aproximat del total d'habitatges que faran ús del nostre servei.

Nombre de nous habitatges	3500	
Nombre d'habitatges al 22@ actualment	17.000	
	Nombre d'habitants al 22@ actualment	52.000
	Mitjana d'habitants per casa	3
Penetració Wimax	0,2	
Penetració d'internet a les llars catalanes	0,346	
Nombre d'habitatges potencials	1418,6	

Si també tenim en compte que a la majoria dels clients ens interessarà més vendre'ls accés a internet via fibra òptica, aplicarem també un factor de valor 0,2 que representa als clients que prefereixen les prestacions Wimax a les prestacions que proporcionem amb FO.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Nombre de nous habitatges	3500	
Nombre d'habitatges al 22@ actualment	17.000	
	Nombre d'habitants al 22@ actualment	52.000
	Mitjana d'habitants per casa	3
Penetració Wimax	0,2	
Penetració d'internet a les llars catalanes	0,346	
Preferència Wimax per sobre de FO	0,2	
Nombre d'habitatges potencials	283,72	

Capacitat total:  $1014 \text{ Kbps} * 283,72 = 287692,08 \text{ Kbps}$

<b>Capacitat total = 287,692 Mbps</b>
---------------------------------------

#### Valors de capacitat definitius

Cal destacar que les capacitats que venem als usuaris són força més grans que la capacitat real de què disposaran en un moment determinat. La nostra política és la de garantir un 10% de l'ample de banda contractat als habitatges i als usuaris de les platges i un 20% a les empreses. Només en els casos que la xarxa no estigui massa congestionada, aquests valors pujaran (fins al límit d'1 Mbps). Així doncs, els valors redefinitos de capacitat són:

Capacitat per donar cobertura a les platges i ports pels clients dels hotels.	2,68 Mbps.
Capacitat per donar cobertura a les empreses.	674,52 Mbps
Capacitat per donar cobertura als habitatges	28,77 Mbps
<b>Capacitat total</b>	<b>705,97 Mbps</b>

#### 2.5.2.2.2. Configuració

La configuració de la connexió de la xarxa backhaul a la xarxa troncal serà a base de VLANs. Com ja vam definir en lliurables anteriors, tenim definida una VLAN que s'ocupa del tràfic Internet i Wimax. Vam assignar-li una prioritat de valor 4 (per darrere del tràfic de gestió hotelera, del tràfic de telefonia IP i del tràfic originat per videoconferències).

L'estació base estarà situada al taulat de l'hotel. La connexió entre aquesta i el router que ens proporciona accés a la xarxa backbone es farà, físicament, utilitzant un cable Gigabit Ethernet.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 2.5.2.3. Caracterització de la solució

#### 2.5.2.3.0.0 Zona d'operació del 22@

Tenint en compte que desplegarem la nostra tecnologia WiMax en el sector hoteler del districte 22@, farem una breu presentació i situació d'aquesta. El barri de Poblenou, principal nucli de la industrialització espanyola durant el segle XIX, es proposa avui com a la principal plataforma econòmica i tecnològica de Barcelona i Catalunya.

El futur del districte 22@ en la seva capacitat competitiva depèn críticament de la capacitat d'integrar les noves tecnologies de la informació i la comunicació, i d'intensificar les activitats denses en coneixements.

Així doncs, la nostra zona d'operació permetrà, al llarg de la seva execució, construir 3.200.000 m<sup>2</sup> de nou sostre i sostre rehabilitat per a usos productius, amb nous habitatges sotmesos a algun règim de protecció, nous equipaments i zones verdes, i augmentar els llocs de treball localitzats a la zona. Cal considerar, per tant, un desplegament de la tecnologia inalàmbrica WiMax que, a més de proporcionar connectivitat entre els hotels, pugui proporcionar servei de dades als usuaris del districte.

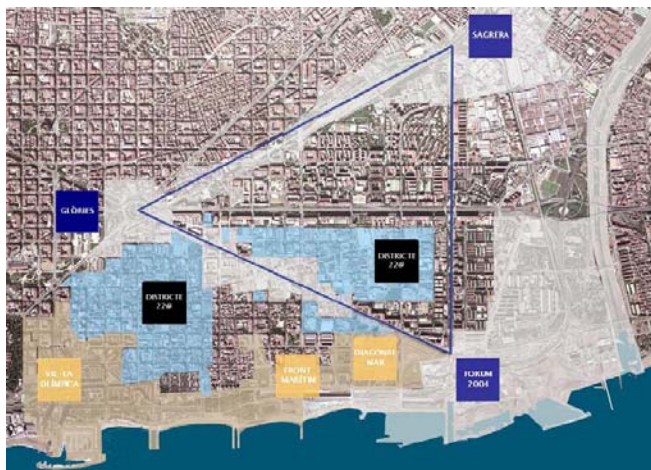


FIGURA - Districte on implantarem la nostra tecnologia WiMax -

#### 2.5.2.3.0.1 Possibles solucions tecnològiques

Podem trobar diferents solucions a l'hora de proporcionar WiMax. Sense tenir en compte cap consideració ni indicació, 'a priori' podríem trobar aquests diferents escenaris:

Una única cel·la (molt gran) que cobris tot el districte 22@.

Múltiples cel·les (més petites) que cobreixin el districte 22@.

Sectoritzar mitjançant múltiples cel·les iguals (totes amb una potència més baixa).

Una única cel·la i sectoritzant segons convingués, considerant les necessitats d'ample de banda que aquell sector requereís (tenint en compte el nombre d'usuaris).

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

De les citades anteriorment, ens centrarem en l'escenari que conté diferents cel·les que cobreixen el sector per densitat d'usuaris, és dir, on hi pugui haver més càrrega o volum de dades i no en funció de l'àrea geogràfica, ja que cal tenir en compte que la zona del districte és una zona relativament petita i ens interessarà més centrar-nos on hi hagi més densitat d'usuaris.

#### Sistema Multicel·lular (múltiples cel·les que cobreixin el districte 22@)

El sistema multicel·lular està pensat per a fer diverses cel·les petites i agrupar diversos clients de manera òptima. La desavantatge d'aquest sistema és que, en cas de tenir clients geogràficament molt dispersos, s'ha de instal·lar una infraestructura molt sobredimensionada per a donar servei a les necessitats, sovint molt bàsiques, dels clients més petits. Per a cada una de les cel·les que instal·lem hem d'incloure una estació base.

En els sistemes de múltiples cel·les s'aprofita de manera òptima l'ample de banda, perquè el multipliquem directament per el nombre d'estacions base que utilitzem, però, de la mateixa manera, multipliquem els costos d'instal·lació i manteniment d'aquesta. És una bona opció per a zones on tenim un gran nombre de clients petits concentrats en una zona geogràfica poc extensa, el nostre cas.

##### 2.5.2.3.1. Ubicació de les BS

Hem decidit ubicar les estacions base als teulats dels mateixos hotels (Princess, Amrey i Icària). El fet de col·locar-los en aquests tres punts ens permet cobrir tota la zona del 22@ a més de les platges i ports, utilitzant tres sectors.

Com que el nostre client és la cadena hotelera, el més possible és que no ens posi dificultats a l'hora d'instal·lar els components necessaris als seus edificis.



<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 2.5.2.3.2. Configuració de les BS

Disposem d'una llicència a la banda de 3,5 GHz (802.16<sup>a</sup>: Permet N-LOS). L'espectre disponible és de 28 MHz (14 MHz de pujada i 14 MHz de baixada. Així doncs, l'ample de banda per canal és de 3,5 MHz (4 canals possibles).

Tenim pensat de donar seguretat al tràfic ràdio. Wimax dona la possibilitat de mantenir la privacitat de les dades que circulen a més de protegir-les de possibles intrusions no desitjades. L'accés a la xarxa haurà de ser autoritzat, per aquest motiu, necessitem que les sessions que els usuaris estableixen siguin autenticades (servei que ja ens proporciona Wimax – BPI + Key Handling -).

A l'hora de proporcionar redundància, tenim diverses opcions. La més adequada (més fiable) consistiria en duplicar totes les antenes de què disposés el nostre disseny (configuració 1+1). Altres opcions que són menys òptimes pel que fa a la qualitat podrien ser les d'implementar configuracions n+1, és a dir, col·locar una sola BS de reserva de més per donar suport a caigudes de qualsevol de les antenes que s'ocupen de donar cobertura a tota la zona. Aquesta BS, hauria de tenir una cobertura molt gran, i per tant perdríem capacitat. Tanmateix, el fet que sectoritzem la zona a cobrir, ens dificulta fer un n+1 degut a la superposició de sectors i freqüències. Així doncs, aplicarem una redundància 1+1 a tots els sectors que definim.

Pel que fa a modulacions i com repartir els canals encara no decidim res fermament. Hem de tenir clar però, que com que treballem en distàncies força petites, ens arriscarem a treballar en 64QAM, que tot i ser la menys robusta, és la que ens proporciona un ample de banda major.

En el cas que fos necessari ampliar la capacitat d'algun dels sectors, tenim pensat de duplicar-lo variant la polarització dels equips per tal de no haver de variar les freqüències. D'aquesta manera traurem tot el profit de les que tenim ja reservades.

### 2.5.2.3.3. Sectoritzacions

Com ja hem dit, tenim una estació base a cadascun dels hotels (Princess, Amrey i Icària). D'aquesta manera, aconseguim donar, amb tres sectors, cobertura a tota la zona del 22@ i a les platges i als ports.

- **Sector 1**: L'estació base està situada a l'hotel Icària. L'azimut del sector és de 60°.
- **Sector 2**: L'estació base està situada a l'hotel Amrey Diagonal. L'azimut del sector és de 120°.
- **Sector 3**: L'estació base està situada a l'hotel Princess. L'azimut del sector és de 60°.



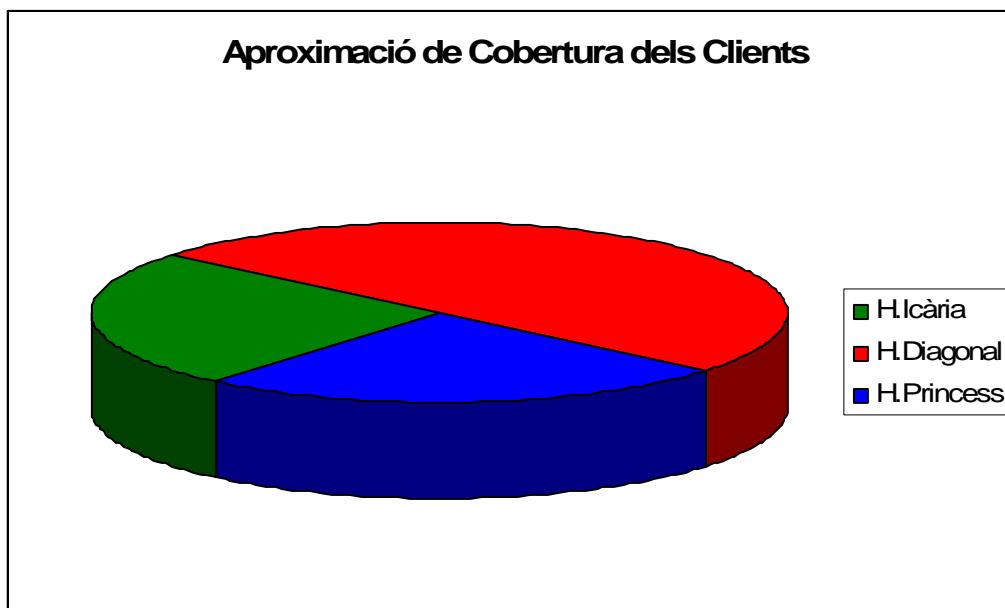
### Aproximacions

Ara que ja tenim un càlcul aproximat dels clients que podem tenir, farem el dimensionat de les freqüències sobre el mapa per poder donar suport a la demanda d'ample de banda que requerirà la xarxa.

Primer definirem el total de clients com dos conjunts: els clients dels hotels i els nostres clients. Els clients dels hotels rebran la cobertura només des de l'hotel Diagonal que enfoca directament a les platges i els nostres clients rebran la cobertura per tots els hotels.

Els nostres clients els aproximarem a una quarta parta en les zones cobertes per l'hotel Princess i l'hotel Icària (sectors 1 i 3) cada una, i la meitat per l'hotel Diagonal (sector 2)

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>



Això ens dona unes necessitats d'ample de banda de:

Hotel Icària:  $\frac{1}{4}$  clients empreses +  $\frac{1}{4}$  clients particulars =  $0,25 \cdot 674,52 + 0,25 \cdot 28,77 = 168,63 + 7,1925 = 175,8225 \text{ Mbps}$

Hotel Diagonal: clients dels hotels +  $\frac{1}{2}$  clients empreses +  $\frac{1}{2}$  clients particulars =  $2,68 + 0,5 \cdot 674,52 + 0,5 \cdot 28,77 = 2,68 + 337,26 + 14,385 = 354,325 \text{ Mbps}$

Hotel Princess:  $\frac{1}{4}$  clients empreses +  $\frac{1}{4}$  clients particulars =  $0,25 \cdot 674,52 + 0,25 \cdot 28,77 = 168,63 + 7,1925 = 175,8225 \text{ Mbps}$

	Clients Particulars	Clients Empreses	Clients Hotel	Total
H.Icària	7,1925	168,63	-	<b>175,8225</b>
H.Diagonal	14,385	337,26	2,68	<b>354,325</b>
H.Princess	7,1925	168,63	-	<b>175,8225</b>

Donat que l'hotel Icària i l'hotel Princess tenen un plantejament igual, tractarem els seu cas només una vegada i l'aplicarem als dos.

#### Hotels Icària i Princess:

Ample de banda necessari :  $175,8225 \text{ Mbps} \approx 180 \text{ Mbps}$

Ample de banda per canal :  $3,5 \text{ Mhz} \rightarrow 18,2 \text{ Mbps}$  (aprox)

Nombre canals necessari: 10 canals

Nombre de canals disponibles: 4

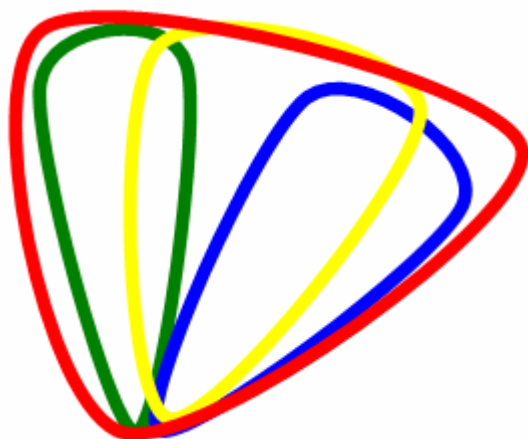
Problema: falten 6 canals (10-4)

Solucions:

Resectorització interior: Aquesta estratègia consisteix en repetir l'ús dels canals en el mateix sector, utilitzar mini-sectors dintre sector. Cada petit sector utilitzaria dos canals, diferents dels canals del mini-sector continuu. Amb aquesta tècnica passem de tenir 4 canals a tenir-ne 6 en el sector i a més ens permet poder evitar interferències amb altres sectors.

Canviar polarització de les antenes i utilitza les dues polaritzacions , doblem el nombre de canals  $\rightarrow 12$  canals.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>



Tindriem un **sector**, dividit en 3 mini sectors dels quals dos (**verd i blau**) tindrien els mateixos canals, mentre que el groc tindria els canals dels sectors continus.

#### Hotel Diagonal:

Ample de banda necessari : 354,325 Mbps  $\approx$  360 Mbps

Ample de banda per canal : 3,5 Mhz  $\rightarrow$  18,2 Mbps (aprox)

Nombre canals necessari: 20 canals

Nombre de canals disponibles: 4

Problema: falten 16 canals (10-4)

Solucions:

El cas de l'hotel Diagonal el modelarem com si fossin dos sectors de 60°, amb el detall que utilitzaríem els canals que ens sobren per donar cobertura als clients dels hotels.

#### 2.5.2.3.4. Infraestructura adicional

La caseta serà d'uns 5 m<sup>2</sup>, per les nostres necessitats no necessitem res més. De les quatre parets les repartirem de la següent manera:

- 1) Porta d'entrada
- 2) Equips de manteniment tèrmic, siguin per refrigerar o siguin per escalfar.
- 3) Equips elèctrics (Rectificadors, rectificadors, ...)
- 4) Equips de transport.

##### 2.5.2.3.4.1 Equips Interior

#### Alimentació AC/Disjuntor i Alimentació CC/Disjuntor

Els disjuntors són un element clau per protegir el nostre equipament de les fallades elèctriques, tant de la xarxa elèctrica com dels rectificadors dels que n'obtenim la corrent continua.

Segons com veiem el consum i les necessitats dels nostres equips triarem un model o altre de disjuntor, en tot cas, en les referències nombrem un parell de pàgines web on podem trobar diferents models per triar segons les necessitats que requerim.



No oblidar que aquests elements van a dalt de l'armari, per evitar entrebancs fortuïts, veure's afectats per petites inundacions o semblants.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### Bateries

Les bateries seran el nostre suport en el cas de fallida del sistema d'alimentació elèctrica principal (sigui per que falla la xarxa elèctrica o el rectificador), en tot cas hem de buscar i tenir en compte la potència que consumeixen en la seva carrega per evitar que consumissin l'energia destinada als equips de telecomunicació.

### Cables

Una vegada situada la caseta en el taulat podrem calcular el traçat dels cables que hauran d'alimentar els equips, així com connectar-los a la nostre xarxa .

### Rectificadors

Són els aparell que transformaran la corrent alterna a continua.

La disposició dels equips en l'armari seria la següent:

Disjuntors
Rectificadors
Bateries

En tot cas els rectificadors i les bateries estarien aprop pel fet que si el disjuntor detecta un fallo intern com de la xarxa elèctrica passi la corrent continua extreta de les bateries, i a l'inversa si s'han de carregar les bateries que puguin carregar-se a traves del disjuntor.

#### 2.5.2.3.4.2 Sistema radiant:

El sistema radiant consistirà en un conjunt de pals en forma de tanca que posarem sobre la caseta dels equips sobre el qual posarem les antenes, a mesura de les necessitats anirem instal·lant-les i orientar-les, per poder dur a terme això serà necessari deixar-ho tot instal·lat en la construcció de la caseta per minimitzar el temps en les següents instal·lacions.

#### 2.5.2.3.4.3 Equips de transport:

Els equips de transport són els mateixos que proporcionen la connexió wimax, doncs tenen ja interfícies ethernet per directament enviar el tràfic a nostre xarxa de paquets.

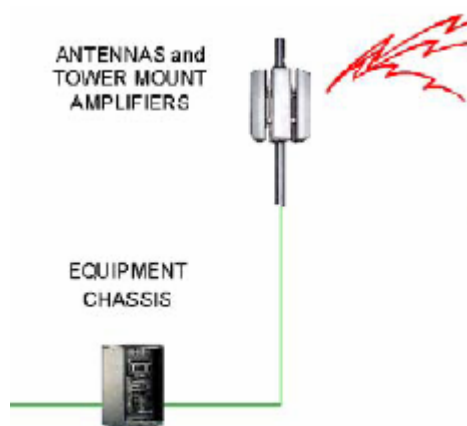
## 2.5.2.4. Fabricants i equips

### 2.5.2.4.1. Estacions base

- ExcelAir70 Basestation (Axxcelera):



Operating Frequency Band Plans	See Table
Passband (Tx, Rx)	25 MHz min.
Access Method	TDMA/FDD
Tx/Rx Separation	100 MHz typ., 50 MHz min.
Modulation supported	Forward Path: 64QAM, 16QAM, or QPSK Return Path: 16QAM or QPSK
RF Channel Sizes	1.75 MHz to 7 MHz
Controllable Physical Layer	Symbol rate, spectrum inversion, forward and return path frequency, modulation, and transmit power level
Forward Error Correction	Reed Solomon
Antenna Gain	17 dB nominal
Antenna Polarization	Vertical and Horizontal
Antenna 3 dB Azimuth Beamwidth	60° nominal
Number of Antennas	1 - 6
Number of RF Sectors (Transceivers)	6
Number of BW Sectors (Modems)	1 - 6
Antenna Pattern Envelope	TS4 per ETSI 302 085 v1.1.1
CPEs Per BW Sector (max. recommended)	500
Transmit Effective Radiated Power	+47 dBm (P1dB)
Transmit Spectral Mask	ETSI EN 301 021 v1.3.1
Receive Threshold Sensitivity (at antenna port)	-82 dBm for QPSK at 10 <sup>-3</sup> BER in 3.5MHz channel -76 dBm for 16QAM at 10 <sup>-6</sup> BER in 3.5MHz channel
Typical Range (16QAM downlink, QPSK uplink)	10 mi / 16 km



Observacions: L'equip conté la BS i una antena integrada. Treballa a la freqüència dels 3,5 GHz, que és la banda a la que treballem.

- Breeze Max (Alvarion)

Parameter	Value	
Frequency	Base Station	Band a: UL: 3399.5-3453.5MHz; DL: 3499.5-3553.5MHz Band b: UL: 3450.0-3500.0MHz. DL: 3550.0-3600.0MHz
	CPE	UL:3399.5-3500.0MHz DL: 3499.5-3600.0MHz
Radio Access Method	TDMA FDD	
Modulation	OFDM 256 FFT with adaptive sub-carrier modulation: BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64.	
Channel bandwidth	3.5MHz; 1.75MHz - software selectable	
Base Station Multi Carrier bandwidth (via IF Mux)	14MHz	
Duplexing Scheme	AU full duplex SU half duplex	
Central frequency resolution	125KHz	
Antenna (CPE)	18dBi, 20°, Vertical & Horizontal polarization, compliant with ETSI EN 302 085 V1.1.2 TS3.	
Maximum Output power (At antenna port)	AU: 28dBm (+/-1dB) SU: 20dBm (+/-1dB)	
Sensitivity	-82/85 dBm for highest modulation (QAM 64) @ 3.5/1.75 MHz	
Typical values	-100/103 dBm for lowest modulation (BPSK) @ 3.5/1.75 MHz	

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Observacions: Aquest equip no disposa d'una antena integrada  
- Tsunami MP.11 Model 5054-R

<b>RECEIVE SENSITIVITY (BER=10<sup>-6</sup>)</b>	Modulation	20 MHz Channels - Turbo Mode	20 MHz Channels - Standard Mode
	16QAM 3/4	-81 dBm @ 36Mbps	-77 dBm @36Mbps
	6QAM 1/2	-83 dBm @ 24Mbps	-81 dBm @24Mbps
	QPSK 3/4	-84 dBm @ 18Mbps	-84 dBm @18Mbps
	QPSK 1/2	-85 dBm @ 12Mbps	-86 dBm @12Mbps
	BPSK 3/4	N/A	-87 dBm @9Mbps
	BPSK 1/2	N/A	-88 dBm @6Mbps
<b>TRANSMIT POWER SETTINGS</b>		6-24 Mbps @ 20 MHz 16QAM 1/2 QPSK 3/4 QPSK 1/2 BPSK 3/4 BPSK 1/2	36 Mbps @ 20 MHz 16QAM 3/4
	5.25-5.35 GHz	15 dBm	13 dBm
	5.47-5.725 GHz	16 dBm	13 dBm
	5.725-5.850 GHz	16 dBm	13 dBm
	Output Power Attenuation: 0 - 18dB, in 3dB steps Output Power Values will have a tolerance of +/- 1.5 dB		
<b>INTEGRATED ANTENNA SPECIFICATION</b>	Subscriber Unit with Integrated 23-dBi Antenna		
	Part Number	5054-SUR-xx	
	Frequency range	5250 - 5875 MHz	
	Nominal Impedance	50 ohms	
	Gain	23 dBi	
	Front-to-Back Ratio	35 dB	
	HPBW/vertical	9 degrees	
	HPBW/horizontal	9 degrees	
	Cross Polarization	24 dB	
	Power handling	1 W (cw)	
VSWR	2.0 : 1 Max		
<b>RF MODULATION</b>	OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)		
	20 MHz Channels		
	BPSK	6 and 9 Mbps	
	QPSK	12 and 18 Mbps	
	16-QAM	24 and 36 Mbps	
Maximum Packet Size	522 Bytes		
<b>WIRELESS PROTOCOL</b>	WORP (Wireless Outdoor Router Protocol)		
<b>OVER THE AIR DATA RATES</b>	36 Mbps, 24 Mbps, 18 Mbps, 12 Mbps, 9 Mbps, 6 Mbps, 4.5 Mbps, 3 Mbps, 2.25 Mbps, 1.5 Mbps		
<b>DEVICE INTERFACE</b>	Ethernet	Auto-sensing 10/100BASE-TX Ethernet	
	Antenna Connector for BSU and SU with Type-N Connector	Standard Type-N Female	

Observacions: L'equip no treballa a la banda dels 3,5 GHz. Disposava d'una antena integrada.

#### 2.5.2.4.2. Subscriber Units

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

- ExcelAir CPE3100 (Axxcelera)

Access Method	TDMA/FDD
Controllable physical layer parameter	Symbol rate, spectrum inversion, forward and return link frequency, modulation, and transmit power level
SNMP MIBS Supported	RFC 1213, RFC 1493, RFC 2669, RFC 2670, RFC 2674
Forward Error Correction	Reed Solomon
Modulation supported	64 QAM, 16 QAM and QPSK
Net Channel Efficiency	64 QAM 16 QAM QPSK
QoS	Down link: 4.6 Bits/sec/Hz Up link: N/A Down link: 3.0 Bits/sec/Hz Up link: 2.4 Bits/sec/Hz Down link: 1.5 Bits/sec/Hz Up link: 1.2 Bits/sec/Hz
Frequency Range	802.1Q/p and Rate Shaping (Peak Information Rate)
Passband	3.4 to 3.6 GHz (See band plans below)
Tx/Rx Separation	25 MHz min.
RF Channel Sizes	100 MHz typ. Paired channel spacing. 50 MHz min. Tx/Rx guard band
Antenna Gain	1.75 MHz to 7 MHz
Antenna Polarization	19 dBi (nominal)
Antenna 3 dB Beam-width	Vertical/Horizontal
Antenna Pattern Envelope	16° Nominal
Receive Threshold Sensitivity (at antenna port)	TS4 per ETSI 302 085 v1.1.1
Transmit Power Dynamic Range (at antenna port)	-77 dBm for 16 QAM at 10 <sup>-5</sup> BER in 7 MHz -71 dBm for 64 QAM at 10 <sup>-6</sup> BER in 7 MHz
Transmit Spectral Mask	[-30, +20] dBm (+25 dBm, P1dB)
RSSI LED Indicators	ETSI EN 301 021 v1.3.1
Operating Temperature Range	7 segment coarse: -10 dB each
Storage Temperature Range	8 segment fine: -1.25 dB each
Dimensions & Weight	1 segment downstream synchronization
Network Interface Connector	-33 ° to +55° Celsius (includes solar load) -45°C to +85°C
	14"(w) x 14" (1) x 5" (h) 10 lbs. Wind Loading: 88 lbf @125 mph (200 kph)
	IEEE 802.3 10/100 Base-T Full/Half Duplex, HP Auto-DMIX, Female RJ-45



Observacions: Tenim una BS d'Axxcelera disponible. El fet els CPE siguin de la mateixa marca, ens estalviarà problemes (només haurem de tenir contacte amb un sol fabricant i ens assegurem que no hi hagi problemes d'incompatibilitat).

### 2.5.2.5. Pla d'implantació

Equips:

- BS:  
ExcelAir 70 Basestation Axxcelera  
Canals i ample de banda

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Channel Size Examples	Downstream Throughput	Upstream Throughput	Aggregate Throughput (1 BW-Sector)	Aggregate Throughput (6 BW-Sectors)
	<b>16QAM</b>	<b>QPSK</b>		
1.75 MHz	8.1 Mbps	2.8 Mbps	8.7 Mbps	52 Mbps
3.5 MHz	12.2 Mbps	5.1 Mbps	17.3 Mbps	104 Mbps
6 MHz	20.9 Mbps	7.7 Mbps	28.6 Mbps	171 Mbps
7 MHz	24.3 Mbps	10.2 Mbps	34.5 Mbps	208 Mbps
	<b>64QAM</b>	<b>16QAM</b>		
1.75 MHz	9.1 Mbps	5.1 Mbps	14.2 Mbps	85 Mbps
3.5 MHz	18.2 Mbps	10.2 Mbps	28.4 Mbps	170 Mbps
6 MHz	31.3 Mbps	15.3 Mbps	46.6 Mbps	279 Mbps
7 MHz	36.5 Mbps	20.5 Mbps	57.0 Mbps	342 Mbps

Consum: -48 v, 35 A

- SU: Excel Air CPE 3100 de Axxcelera

Access Method	TDMA/FDD
Controllable physical layer parameter	Symbol rate, spectrum inversion, forward and return link frequency, modulation, and transmit power level
SNMP MIBS Supported	RFC 1213, RFC 1493, RFC 2669, RFC 2670, RFC 2674
Forward Error Correction	Reed Solomon
Modulation supported	64 QAM, 16 QAM and QPSK
Net Channel Efficiency	64 QAM 16 QAM QPSK Down link: 4.6 Bits/sec/Hz Up link: N/A Down link: 3.0 Bits/sec/Hz Up link: 2.4 Bits/sec/Hz Down link: 1.5 Bits/sec/Hz Up link: 1.2 Bits/sec/Hz
QoS	802.1Q/p and Rate Shaping (Peak Information Rate)
Frequency Range	3.4 to 3.6 GHz (See band plans below)
Passband	25 MHz min.
Tx/Rx Separation	100 MHz typ. Paired channel spacing. 50 MHz min. Tx/Rx guard band
RF Channel Sizes	1.75 MHz to 7 MHz
Antenna Gain	19 dBi (nominal)
Antenna Polarization	Vertical/Horizontal
Antenna 3 dB Beam-width	16° Nominal
Antenna Pattern Envelope	TS4 per ETSI 302 085 v1.1.1
Receive Threshold Sensitivity (at antenna port)	-77 dBm for 16 QAM at 10 <sup>-5</sup> BER in 7 MHz -71 dBm for 64 QAM at 10 <sup>-5</sup> BER in 7 MHz
Transmit Power Dynamic Range (at antenna port)	[-30, +20] dBm (+25 dBm, P1dB)
Transmit Spectral Mask	ETSI EN 301 021 v1.3.1
RSSI LED Indicators	7 segment coarse: -10 dB each 8 segment fine: -1.25 dB each 1 segment downstream synchronization
Operating Temperature Range	-33 ° to +55° Celsius (includes solar load)
Storage Temperature Range	-45°C to +85°C
Dimensions & Weight	14"(w) x 14" (1) x 5" (h) 10 lbs. Wind Loading: 88 lbf @125 mph (200 kph)
Network Interface Connector	IEEE 802.3 10/100 Base-T Full/Half Duplex, HP Auto-DMIX, Female RJ-45

Canals de baixada: 64QAM → 4,6 Bits/Sec/Hz \* 3,5 MHz = 16,1 Mbps

Canals de pujada: 16QAM → 2,4 Bits/Sec/Hz \* 3,5 MHz = 8,4 Mbps





<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 2.5.2.6. Definició de serveis

Nosaltres ens definim com una operadora de telecomunicacions de dades i veu. El nostre ventall de serveis per tant sempre pretindrà treure profit de les condicions avantatjoses que podem oferir combinant els dos serveis.

Modalitats:

Des del començament nosaltres ja hem definit dos nivells de ventes, a empreses i a particulars, dintre aquests hi hauria d'haver diferents subnivells, tan mateix aquí només explicitem l'estàndard i a partir d'aquest seria possible retocar a qualsevol altre.

Usuaris Particulars:

Resum del Servei: Línia Telefònica + Connexió a Internet

Línia Telefònica: Seria una línia telefònica amb trucades gratuïtes a nivell metropolita i nacional, tarificada per la resta de trucades.

Connexió a Internet: Asimètrica, 1Mbps de baixada/512 kbps de pujada.

**SLA** per a Usuaris Particulars.(En castellà, adaptat de [www.air-bites.com](http://www.air-bites.com)):

#### **Obligaciones y derechos de CrupTelecom:**

CrupTelecom no revelará sus datos de contacto a terceros sin su consentimiento, excepto (a) a empresas que hayamos contratado para el suministro del Servicio, aunque únicamente con la finalidad de suministrarle el Servicio; o (b) para la cooperación de CrupTelecom con las autoridades legales y/o terceros en la investigación de cualquier supuesto delito civil o penal, incluida la divulgación no autorizada de sus datos de contacto, aunque únicamente si tenemos la obligación legal de hacerlo.

El Servicio de atención al cliente está disponible en [info@CrupTelecom.com](mailto:info@CrupTelecom.com). CrupTelecom adoptará todas las medidas razonables para suministrar un acceso sin interrupciones al Servicio. CrupTelecom intentará, siempre que sea factible, llevar a cabo las tareas de mantenimiento fuera del horario habitual de negocio y, en la medida de lo posible, avisará con antelación de las tareas de mantenimiento o de cualquier otra suspensión del servicio en [www.CrupTelecom.com](http://www.CrupTelecom.com). No obstante, podemos modificar o suspender temporalmente el Servicio o cualquier parte de éste sin enviarle un aviso previo en caso de efectuar reparaciones técnicas urgentes.

Las posibles medidas de seguridad que emplee con Internet o la intranet de su empresa no se verán afectadas por el uso del Servicio. CrupTelecom no aumento ni reduce la seguridad de la que Usted dispone, puesto que nosotros sólo suministramos acceso y no interferimos en el contenido. Por este motivo, no podemos hacernos responsables ni nos hacemos responsables de la seguridad de la información que transmita utilizando el Servicio. Asimismo, CrupTelecom no se responsabiliza de la precisión, integridad y puntualidad de la información que obtenga desde Internet o desde la Intranet de su empresa cuando utilice el Servicio.

CrupTelecom no asume la responsabilidad en ningún caso por pérdidas indirectas, especiales o derivadas, lucro cesante, interrupción laboral, pérdida de información o

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

datos, violación de la seguridad, pérdida de clientela o cualquier otra pérdida pecuniaria, incluidas las pérdidas o los daños sufridos como consecuencia de un virus, la denegación del Servicio, la inundación de correo electrónico o el ataque de piratas informáticos. La responsabilidad de CrupTelecom se limita al importe que Usted ha pagado por el Servicio.

CrupTelecom sólo garantiza el 10% del ancho de banda contratado, asimismo se compromete en intentar proporcionar en la medida de lo posible el ancho de banda contratado las 24h del día.

#### **Obligaciones y derechos del usuario final**

Usted es responsable de (a) mantener la confidencialidad de la contraseña y de (b) todas las actividades que se realicen con su nombre de usuario y su contraseña. Usted es responsable de todas las pérdidas, los daños, los costes y los gastos directos ocasionados a CrupTelecom por la pérdida, la mala utilización o la revelación de su nombre de usuario y su contraseña.

No debe realizar ninguna acción que pueda infringir o que infrinja cualquier ley o regulación aplicable, ni tampoco puede hacer nada que pueda interferir o interfiera, directa o indirectamente, o que pueda afectar o afecte el Servicio o los servidores o redes conectados al Servicio.

CrupTelecom ofrece el Servicio para actividades como el uso activo del correo electrónico, mensajería instantánea, navegación por la *web* y acceso a intranets empresariales. Las transferencias de datos de gran volumen, en especial las transferencias constantes de datos de gran volumen, no están permitidas. Queda prohibida la revelación de su contraseña o nombre de usuario a terceros, salvo CrupTelecom lo autorice explícitamente por escrito. Queda prohibido el hospedaje de servidores *web* o de cualquier otro tipo de servidor mediante la utilización de nuestro Servicio. No está autorizado a acceder a la cuenta de otra persona, enviar correo no deseado, recopilar los datos personales de otra persona sin su consentimiento ni interferir en el uso que otros usuarios hagan del Servicio. CrupTelecom puede suspender el Servicio si tiene una base razonable para creer que (a) su uso del Servicio es inexplicablemente excesivo (es decir, sobrepasa un gigabyte por mes) o (b) utiliza el Servicio para llevar a cabo actividades delictivas o ilegales.

No recibirá ningún tipo de compensación si no puede utilizar el Servicio porque (a) se ha producido un corte de electricidad general en el lugar donde intenta acceder al Servicio, (b) se realizan tareas de mantenimiento en la ubicación, según ha programado y notificado con antelación en [www.CrupTelecom.com](http://www.CrupTelecom.com) o (c) se ha suspendido el Servicio debido a una avería que escapa al control de CrupTelecom. No obstante, si el Servicio no se encuentra disponible por otras razones diferentes a las mencionadas en los apartados (a) - (c) durante cualquier periodo de tiempo del horario de trabajo habitual y por una causa atribuible a CrupTelecom, póngase en contacto con el Servicio de atención al cliente para poder obtener un reembolso o ampliar el plazo de uso.

No puede revender el Servicio a terceros.

L'SLA és un tant general, doncs sempre esperàriem a les ocurrents rectificacions que ens recomanessin les consultores en l'etapa 22 del nostre projecte (mirar diagrama gantt).

Preu: 30€ , vist l'estudi de mercat del punt dos és un preu atractiu i assequible als ull dels usuaris particulars. Tenint un mercat una bossa d'usuaris particulars pròxima als

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

1500 creiem que el ROI no seria massa elevat. Tan mateix no hem entrat al detall dels preus ni les inversions inicials per tant no donem per segura cap idea sobre el tema.

## **Empreses**

La modalitat empreses és una modalitat amb uns requeriments de qualitat més alts i amb unes necessitats d'ample de banda i línies telefòniques més altes.

Resum del Servei: Línies Telefòniques + Connexió a Internet

Línia Telefònica: Seria dues línies telefòniques amb trucades gratuïtes a nivell metropolitana i nacional, tarificada per la resta de trucades. A les empreses se'ls oferiria un pack de serveis extra del estil centraleta i línies extres en el cas de necessitar-les, en qualsevol cas donada la nostra infraestructura més línies simplement és més ample de banda(30 kbps cada línia) el que no implica complicacions massa grans doblar o triplicar el número de línies.

Connexió a Internet: Asimètrica, 8Mbps de baixada/3Mbps de pujada.

SLA per a Empreses el definiríem en funció de les necessitats de les empreses, en tot cas si podríem definir semblances en el SLA de l'usuari particular, les diferències serien un 20 % garantia del servei.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

### 3. Servei de VoIP

Crup Telecom no podem estar al marge que la tecnologia de les telecomunicacions que, cada dia més, convergeix a oferir conjuntament el serveis de connexió de xarxes amb telefonia, és a dir, veu + dades. Per poder afrontar aquest repte ja dimensionem la xarxa per suportar veu sobre IP.

Totes les empreses, en un moment o altre, han de fer una aposta forta per una tecnologia. En el nostre cas, creiem que un dels serveis emergents amb més futur i amb més creixement de mercat és la telefonia sobre IP. És per aquest motiu que hem decidit de fer un estudi més detallat de les tecnologies de telefonia i veu sobre IP i dedicar-li una atenció especial.

#### 3. 1. Diferència entre ToIP i VoIP

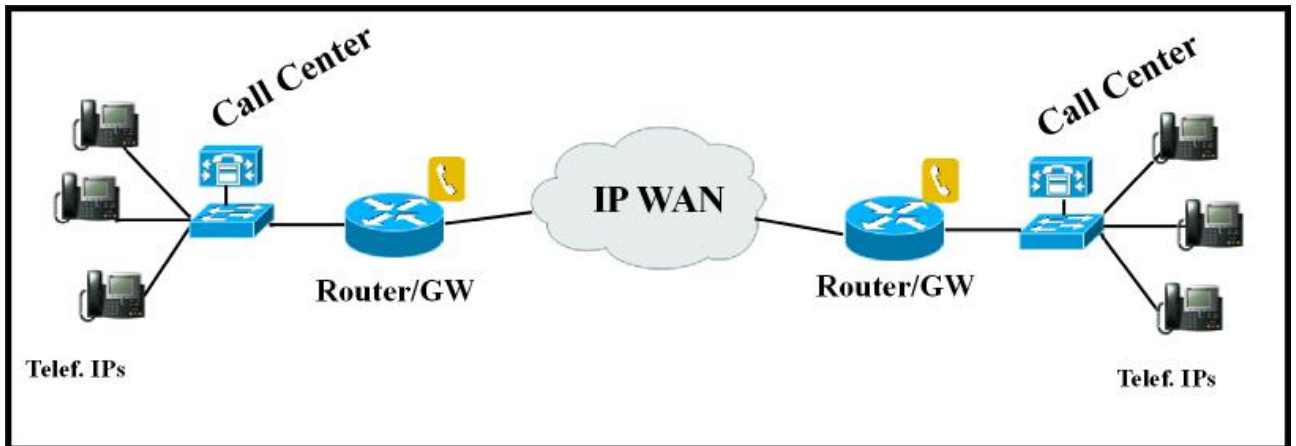
La veu sobre IP va sorgir inicialment per la necessitat dels operadors de telefonia de codificar i comprimir la veu digitalment. Aquestes necessitats venien donades per reduir el cost en el transport internacional de veu i optimitzar l'ample de banda, gràcies a la compressió.

La **VoIP** està pensada per oferir un servei de veu a través d'una interfície LAN, interconnectant-se amb l'altre interlocutor a través d'internet o de la mateixa xarxa local, amb el conseqüent estalvi econòmic. S'observa, doncs, que la **VoIP** és un servei que funciona sobre les infraestructures de xarxa que ja estan funcionant, com si fos un tràfic de dades més. En canvi, la **ToIP** està pensada com un servei de veu integral i per tant inclou conceptes de qualitat de servei i adreçament. La **ToIP** no és només un flux de dades, sinó que representa un servei a part, generalment ofert a través de WAN.

La telefonia sobre IP està recolzada per uns backbones que assegurin la qualitat del servei. A més, ofereix integració amb les xarxes de telefonia tradicionals (*Public Switched Telephone Network*), facilitant-ne la interconnexió. Sol oferir redundància en els seus circuits, un retard màxim, un jitter limitat... i altres serveis afegits com l'enciptació.

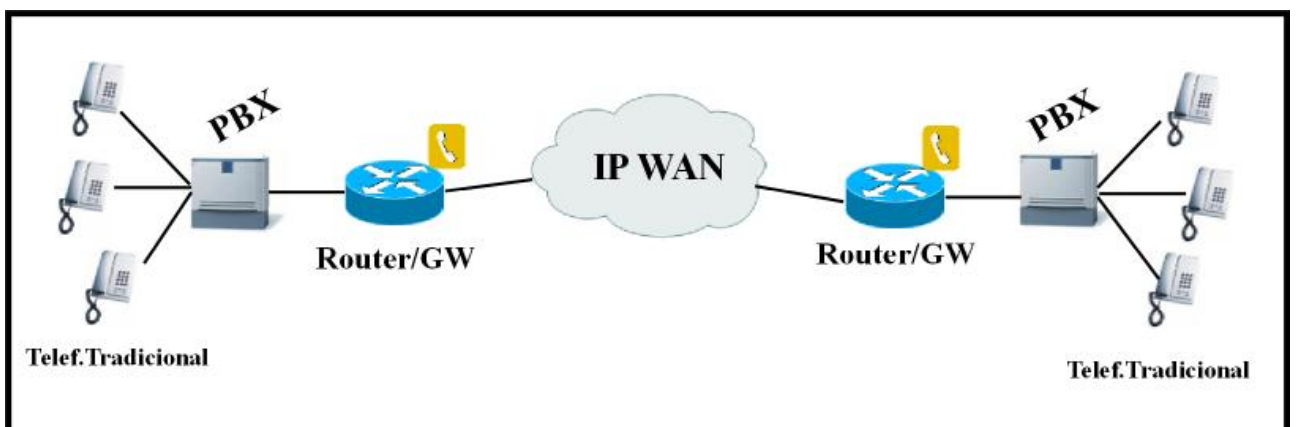
En la **ToIP** el telèfon porta integrat el circuit que realitza la conversió AD. Aquests telèfons permeten gaudir de les funcionalitats afegides que ofereix **ToIP**. La veu sobre IP generalment es limita a fer una conversió AD per mitjà d'un adaptador, utilitzant els telèfons tradicionals.

En la següent figura es mostra un esquema típic d'una xarxa amb telefonia sobre IP. En aquesta, els telèfons ja disposen d'una interfície IP. Per a poder realitzar les trucades, els telèfons s'autentiquen a un call center.



Topologia bàsica de les xarxes de ToIP

En la següent figura es mostra un esquema típic de veu sobre IP. En aquest, els telèfons senzillament tenen una connexió a una extensió a una centralita a la qual envien la veu en banda base, sense digitalitzar. La **PBX-IP** disposa d'una interfície IP, i dita centralita porta tota la intel·ligència de les connexions i de la commutació.



Topologia bàsica de les xarxes de VoIP

### 3.2. Descripció bàsica dels principals protocols de ToIP

Els dos protocols més utilitzats són *H323* i *SIP*, que s'expliquen a continuació, fent èmfasi en les seves diferències.

En termes generals es pot dir que *H323* és un protocol molt més madur que *SIP*. Aquest últim va sorgir a partir de la idea d'utilitzar els missatges HTTP per al control de les comunicacions de veu sobre IP, mentre que *H323* és un protocol especialment pensat per VoIP. *H323* és un protocol molt complet, mentre que *SIP* té unes funcionalitats bàsiques i les extensions d'aquestes es defineixen en mòduls addicionals definits de manera independent. D'aquí que a vegades es digui que *SIP* és un protocol més simple. En realitat, el que passa és que per fer una trucada sense cap servei especial el protocol és més simple, però per a utilitzar les funcionalitats més avançades, el protocol és igual de complicat.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Una de les conseqüències de néixer en un entorn HTTP o LAN és que els missatges de senyalització de *SIP* són en mode text, mentre que els d'*H323* són en mode binari. Estem en un cas, doncs, d'eficiència versus legibilitat. L'adreçament és més senzill en *SIP*, ja que utilitza adreces semblants a les del correu electrònic.

*H323* fou dissenyat per a ésser utilitzat en xarxes d'àrea local, amb la qual cosa en un inici no es pensà en qüestions d'escalabilitat en l'adreçament, si bé això es resol en la definició de dominis, o zones. *SIP* ja està preparat per oferir un sistema d'adreçament global. No obstant, *H323* està més preparat per a possibilitar el control de facturació ja que no li és necessari que tot el tràfic de dades passi pel gateway (el telèfon només informa de l'inici i la fi de la trucada). En canvi, amb *SIP*, cal fer configuracions per controlar la tarificació.

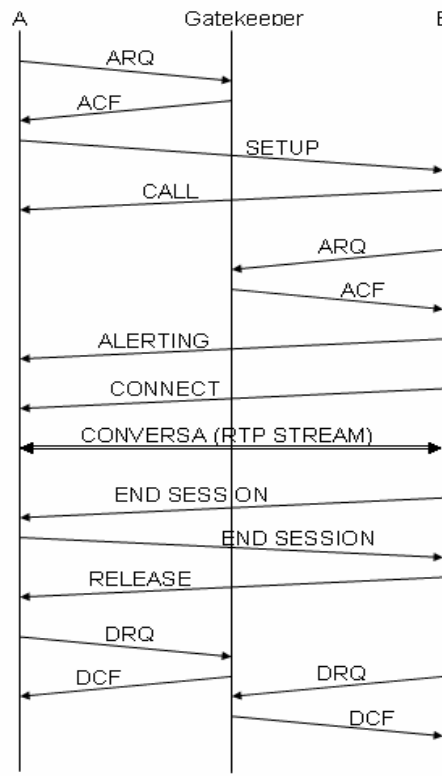
*SIP* és una tecnologia que permet descentralitzar la càrrega dels processos de senyalització i dades. Pel contrari, *H323* pressuposa que hi ha una intel·ligència centralitzada que ho controla tot.

*H323* està més preparat per a integrar-se en les **PSTN** (*Public Service Telephone Network*) ja que els missatges de senyalització que utilitza estan basats en els de les **PSTNs** (*SS7*). Una altra de les flaqueses de *SIP* és que no incorpora un protocol per establir videoconferències.

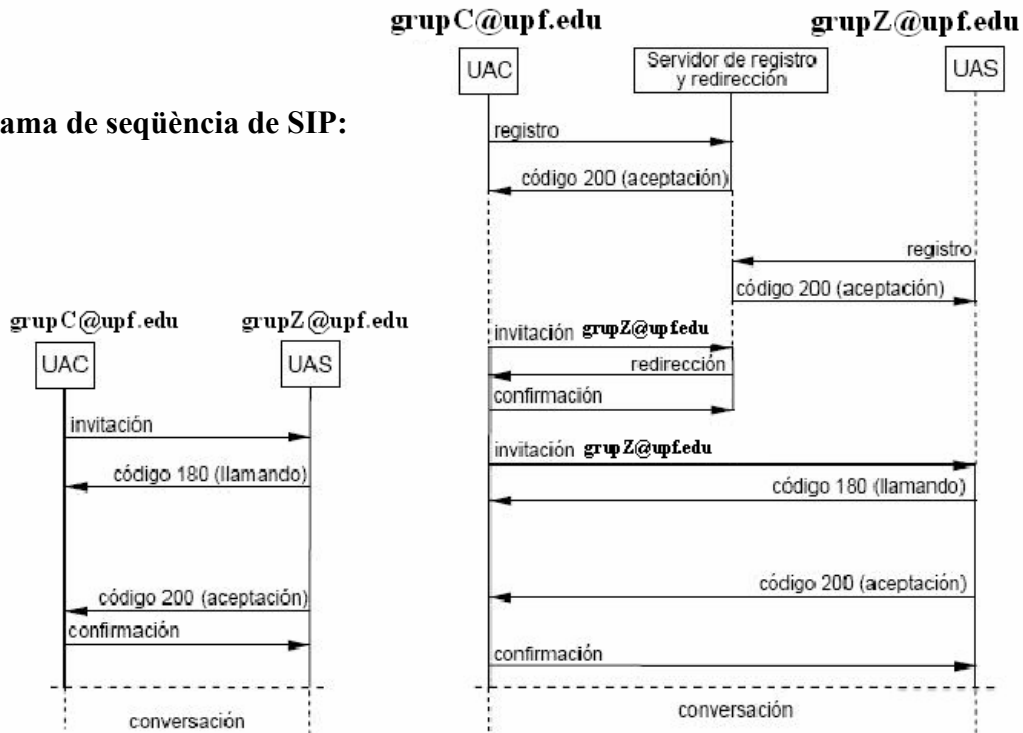
En conclusió, *SIP* és un protocol més innovador, amigable i més integrat en l'entorn internet, mentre que *H323* és un protocol més madur i més integrat en l'entorn de les **PSTNs**. Al final és el mercat qui mana, però són dos protocols que poden coexistir en un futur, ja que cadascun és més fort en un entorn determinat.

Hi ha altres implementacions propietàries, com **Skinny Call Control Protocol**, desenvolupada per la marca Cisco. Aquest protocol s'utilitza per a la senyalització de les trucades de veu sobre IP i pot coexistir amb els dos anteriors.

**Diagrama de seqüència de H323:**



**Diagrama de seqüència de SIP:**



(a) Sin servidor intermediario

(b) Con servidor intermediario

### **3. 3. Principals components HW i SW d'una PBX-IP**

En la figura següent hem posat un esquema genèric d'una PBX-IP, que inclou totes les possibilitats. Pot ser que la centraleta encamini el tràfic directament a través d'una interfície IP. Algunes centraletes ho porten integrat o n'hi ha d'altres que disposen de targes d'expansió que permeten incorporar dita funcionalitat. També hi ha la possibilitat que la centraleta obtingui línia a través d'una ISDN, com és el cas de la majoria de centraletes instal·lades actualment, i que s'utilitzi un convertidor per passar a tràfic IP.

Aquesta opció permet utilitzar un accés de telefonia sobre IP sense haver de canviar la nostra centraleta tradicional. D'altra banda, les extensions poden ser digitals/analògiques, que és la forma tradicional, entenent per "extensions digitals" les extensions que funcionen a través d'un protocol digital propietari del fabricant de la centraleta. També hi ha la possibilitat que la centraleta ofereixi interfícies IP per als telèfons IP.

A la següent figura podem apreciar els diferents components que formen el Hardware d'una PBX:

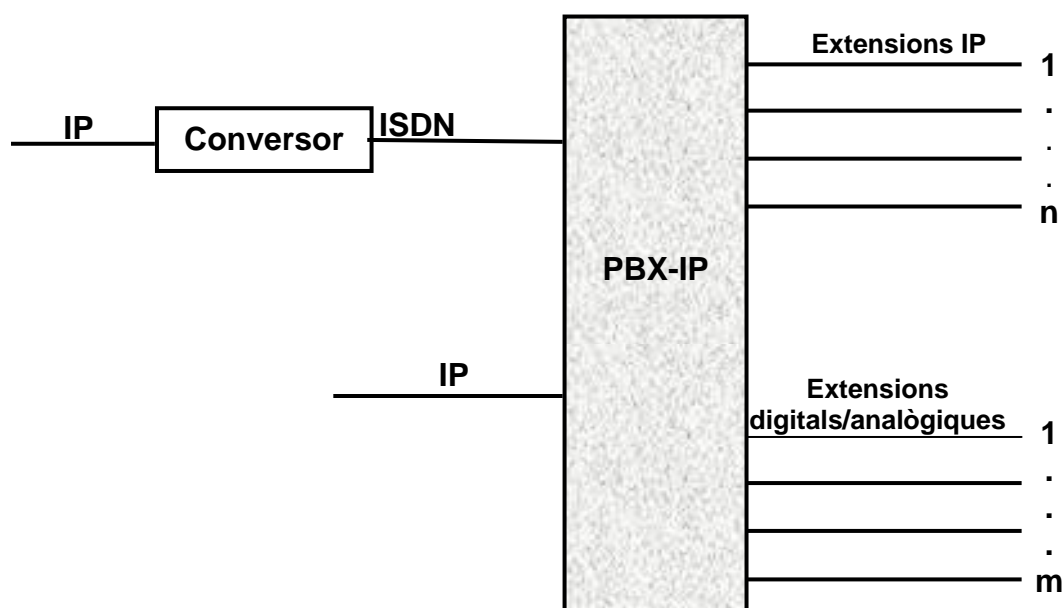


Figura: Components Hardware

Pel que fa als components de software, hem de destacar que tota la intel·ligència recau en la centraleta, que s'encarrega d'autoritzar-se contra un call center en el cas que es rebí un servei de veu sobre IP dedicat, mentre que si el tràfic va sobre internet, la centraleta encamina les trucades.

D'altra banda, la centraleta ha de tenir interfícies de configuració per tal d'establir els paràmetres que li permetran comunicar-se amb les extensions i accedir a l'exterior, ja sigui a través d'internet o proveïdors.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

L'accés a l'exterior pot ser a través d'internet simplement, o bé utilitzant un proveïdor d'accés que treballi sobre internet, o bé amb un proveïdor d'accés que treballi sobre una xarxa dedicada i pròpia.

### **3. 4. Principals funcionalitats d'una PBX-IP destacant les diferències amb una centraleta tradicional.**

La **VoIP** ens ofereix més ventajes i funcionalitats que la telefonia tradicional, l'aument de funcionalitats també es reflexe a les centretetes. Les **PBX-IP** ofereixen un ventall més gran de prestacions que les centretetes tradicionals com pot ser la restricció en recepció de trucades, la gestió web de totes les funcions que ens ofereix l'equip, etc. A la següent taula podem observar les diferències entre els dos tipus de centretetes, i podem apreciar que les centretetes utilitzades amb **VoIP** ens ofereixen majors ventajes:

Funcionalitats	PBX Tradicional	PBX-IP
<b>Desviament de la trucada a un destí.</b>	√	√
<b>Conferencia a tres.</b>	√	√
<b>Conferencia amb més de tres usuaris.</b>	X	√
<b>Tarificació.</b>	√	√
<b>Desviament de la trucada a diferents destins.</b>	√	√
<b>Desviament de la trucada a diferents destins, amb condicions i simultaneament.</b>	X	√
<b>Receptor ocupat, repetició automàtica de la trucada .</b>	X	√
<b>Restricció de trucades rebudes.</b>	X	√
<b>Configuració via web</b>	X	√
<b>Trucada en espera</b>	X	√
<b>Bústia de veu</b>	√	√
<b>e-bústia de veu(enviament del missatge de veu a l'e-mail.</b>	X	√
<b>Detall de trucades rebudes i realitzades</b>	√	√

<b>Compleixen</b>	√
<b>No compleixen</b>	X

### **3. 5. Tipologia possible de terminals de ToIP.**

La classificació més important pel que fa a la tipologia de telèfons IP és pel que fa als protocols que soporta. Els telèfons IP generalment suportaran uns protocols estàndards o semi-estàndards com pot ser *SIP* o *H323*. Hem de fixar-nos si el nostre telèfon IP els aconsegueix. D'altra banda, i depenent de la solució que vulguem adoptar, ens pot interessar utilitzar protocols propietaris com ara *SCCP*.

En segon lloc hem de verificar que els codecs suportats són els que ens interessin, d'acord amb el dimensionament d'ample de banda que tinguem per la nostra xarxa.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

De les característiques de manteniment i operativa, hem de fixar-nos sobretot si l'alimentació és inline, de si disposa de DHCP, i de quines interfícies de configuració es disposa.

Finalment, podem fixar-nos en les funcionalitats addicionals que ofereixi, com pot ser: fax integrat, pantalla per fer videoconferència, interfície addicional per connectar un PC, servei de directori, etc.

Proposem una sèrie de terminals ajustats al perfil dels nostres clients. Cal tenir present que els usuaris finals dels telèfons IP seran clients d'hotels d'alta categoria i també pleats de cadenes de supermercats i altres.

El Cisco IP Phone 7960G és un telèfon de qualitat i de preu assequible per a un desplegament en un hotel de gamma alta.

Equips:

### **Cisco IP Phone 7960G**



*Les seves principals característiques són:*

**Preu:** 330€

**Codecs:** G.711a i G.729ab

**Adreçament IP:** DHCP o estàtic.

**Protocols:** SCCP, SIP, MGCP, H323, MS Netmeeting.

Com a alternativa, proposem el **Cisco 7940G**.



*Les seves principals característiques són:*

**Codecs:** G.711 i G.729a

**Adreçament IP:** Estàtic o DHCP.

**Protocols:** SCCP, SIP, MGCP, H323, MS Netmeeting.

### **3. 6. Disseny de la xarxa de telefonia IP**

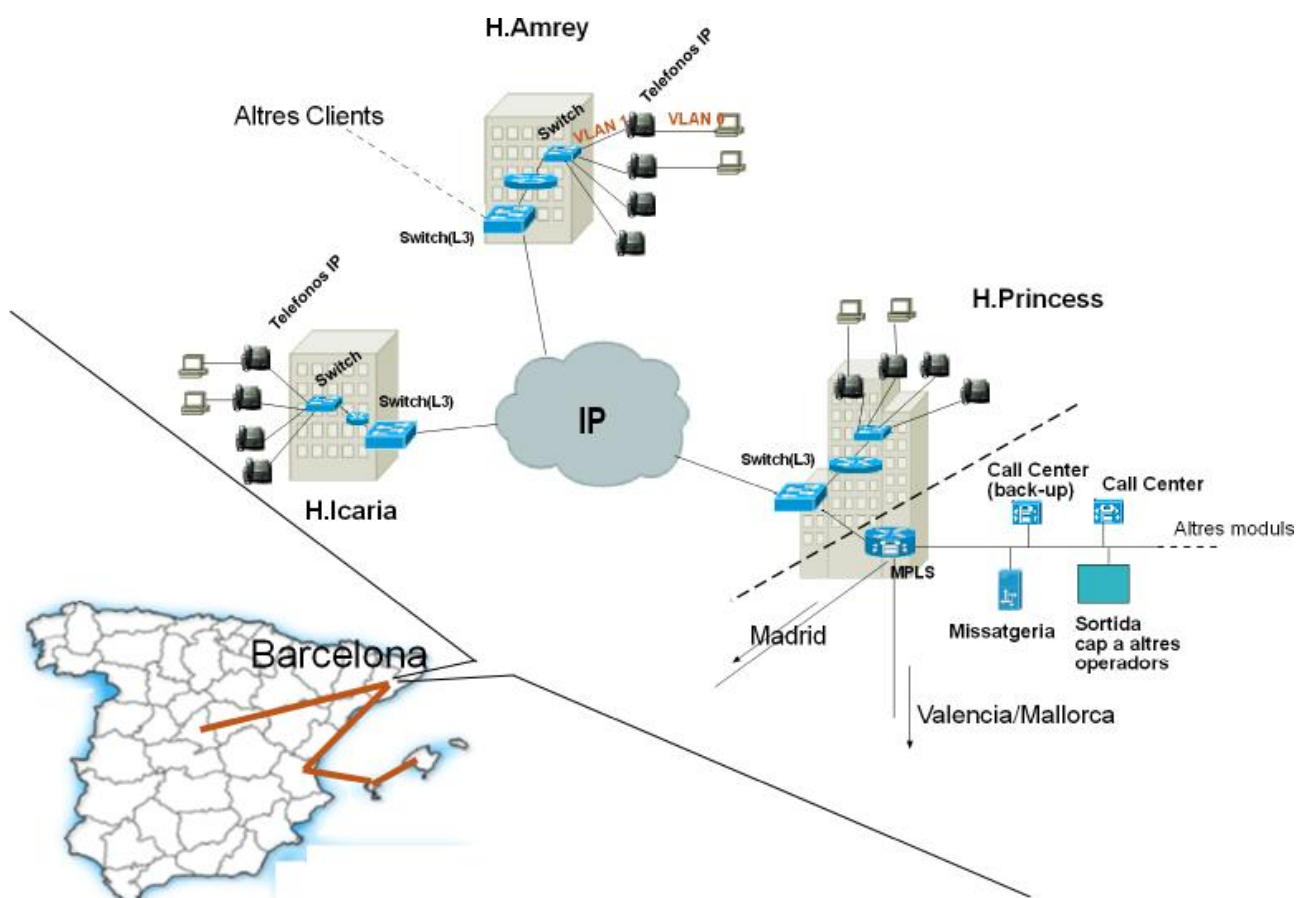
Donada la constant evolució dels protocols de telefonia sobre IP, hem decidit que suportarem tant el protocol H323 com el protocol SIP. Ara bé, hem decidit que requerirem la utilització de protocols estàndards perquè d'aquesta manera no depenem

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

d'un sol fabricant. Exigirem que els telèfons IP utilitzats pels clients suportin SIP o H323, i que com a mínim suportin el códec G711.

Partim de la base que tenim el centre de trucades al node P, en el qual s'autenticaran i s'autoritzaran totes les peticions de trucades dels clients. Els telèfons IP dels clients dialogaran amb els gateways de telefonia IP per sol·licitar les trucades, i aquests dialogaran amb el centre de trucades per autenticar-se i accedir als serveis que nosaltres oferim com a operador. El tràfic de dades ("media") anirà sobre RTP i no caldrà que passi pel centre de trucades, sinó que s'enrutarà com qualsevol tràfic de dades, si bé amb una garantia de qualitat de servei.

### Topologia de la xarxa



### Càlculs de tràfic

Per a fer les estimacions de tràfic de telefonia IP hem de dominar aquests paràmetres:

- Nivells de protocols d'encapsulació i tipus de xarxa. Depenent de la xarxa que utilitzen tindrem més o menys overhead, i també hem de tenir en compte els nivells d'encapsulació. Per exemple, en el nostre cas hem de tenir en compte que

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

podem utilitzar MPLS. En el nostre cas si el tràfic és urbà tenim Gigabit Ethernet i IP. Per la resta ens caldrà afegir, a més l'overhead de MPLS.

- Distribució dels paquets. No és el mateix que el media s'agrupi en paquets IP cada 10ms o cada 25ms. Si l'agrupament es fa en intervals curts es redueix el retard però s'incrementa l'overhead. I a la inversa. Hem agafat 20ms, com un compromís entre retard i overhead.
- Càrrega d'usuaris. Aquesta ve donada per la quantitat d'usuaris que utilitzen el servei de ToIP durant l'hora carregada i durant quant de temps. Estimem que en l'Hora Carregada, un 60% de les habitacions ocupades a l'hotel (que suposem ocupat al 100%) realitzen o reben una trucada de 30 minuts, i tenint en compte que en mitjana a cada habitació hi ha 1'5 persones. Estimem que cada node aglutinarà 4 anells i calcularem el tràfic entre ciutats en conseqüència.
- Codificació de la veu. En el nostre cas, depenent del procés de negociació en l'establiment de cada trucada, es podran utilitzar diversos códecs de veu. No obstant, per a aquests càlculs considerarem el pitjor cas, és a dir, G711, que dona una taxa de dades de 64Kbps simètric.

Per tant:

Una trucada de 30 minuts durant l'HC són 0'5 Erlangs. A partir d'aquí i de la quantitat d'usuaris trucant durant l'hora carregada i del nombre d'usuaris per habitació, calculem els Erlangs. Amb els Erlangs i donada la probabilitat de bloqueig de 1% obtenim el nombre de circuits de veu que hem de dimensionar. Amb aquestes dades i l'ample de banda real ocupat per cada circuit, obtenim l'ample de banda total requerit en cada cas.

Procedim a continuació a calcular l'ample da banda real ocupat per un canal de veu, donada la codificació considerada, que és la del cas pitjor (64Kbps) i donat l'interval d'empaquetament de 20ms:

Si s'envia un paquet cada 20 ms, vol dir que cada segon s'envien 50 paquets.

El códec utilitzat fa que s'hagin d'enviar 64000 bits cada segon.

Per tant, cada paquet, enviat cada 20ms, tindrà 1280 bits (160 bytes) de payload.

42 bytes Ethernet 802.1Q + 40 bytes IP + 160 bytes Payload = 242 bytes.

Per tant, cada segon ocuparem 50\*242 bytes de taxa binària, que representa:

aprox. 97Kbps simètrics per canal de veu.

Amrey-exterior	Princess-exterior	Icaria-exterior
0'5*174*0'6*1'5	0'5*384*0'6*1'5	0'5*200*0'6*1'5

79	173	90	Erlangs
95	194	107	circuits
9215	18818	10379	Kbps

Per tant, en mitjana un hotel tindrà 13000 Kbps de tràfic de veu IP en el pitjor dels casos pel que fa al códec utilitzat. D'acord amb les següents suposicions, obtenim el detall del tràfic generat o rebut per un hotel "típic" que estigui al node de Barcelona:

El 60% del tràfic enllaça amb altres operadors: 7800Kbps.

El 20% va enllaça amb el nostre enllaç que va cap a Madrid: 2600Kbps.

El 10% enllaça amb València: 1300Kbps.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

El 10% restant és tràfic entre els 3 hotels, que estan en el mateix anell: 1300Kbps.

### **Equips necessaris a cada hotel**

D'acord amb el nostre disseny, necessitarem els següents equipaments:

El client (l'hotel) haurà de tenir un(s) switch(os) per agregar el tràfic. En cas que el telèfon no tingui port per connectar un PC, l'switch haurà d'etiquetar el tràfic que li ve del port del telèfon amb la VLAN corresponent. En cas que l'hotel decideixi que els telèfons tindran port per connectar el PC, serà el telèfon IP qui s'haurà d'encarregar de marcar el tràfic de VoIP amb la VLAN corresponent, i deixar el tràfic del PC amb la VLAN0 i l'switch el marcarà amb la VLAN que correspon al tràfic d'internet.

Els switchos dels hotels aniran connectats als nodes del nostre core. El node de l'hotel Princess haurà de suportar MPLS, per a la interconnexió amb València i Madrid, i altres nodes que es vagin desplegant.

Al nostre node, situat a les dependències de l'hotel Princess, haurem de tenir tots els equipaments necessaris per fer front a tota aquesta demanda de tràfic. Ens basarem en un bus situat darrere l'switch-L3, al qual connectarem tota una sèrie de mòduls. Necessitarem un call center que processi totes les peticions de trucades a través d'H323, un mòdul que converteixi de SIP a H323, un mòdul de base de dades, un altre que oferirà el servei de missatgeria vocal, un mòdul d'interconnexió amb altres operadors per mitjà de SS7, etc. Cada mòdul oferirà un servei o una funcionalitat diferent i interactuarà amb altres mòduls.

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

## **4. Conclusions**

Donat el curt plaç de què hem disposat per a fer el desplegament d'aquest projecte tan ampli, creiem que la nostra presentació final és més que satisfactòria. El desplegament d'una xarxa d'operador no és, de cap manera, comparable a qualsevol projecte local, com pot ser una xarxa Wifi o àdhuc un radioenllaç per satèl·lit.

Sens dubte, un dels nostres punts forts en quant a infraestructura troncal és l'ús de WDM en la fibra òptica, utilitzant equips d'última generació. El nostre desplegament progressiu i estructurat per la costa ens permetrà agafar una plantilla de clients molt important per cobrir les despeses dels primers anys. Creiem que el nostre dimensionament és racional en la topologia i ús dels recursos, és a dir, posar redundància exactament allí on es necessita i no fer desplegaments surrealistes ni massa poc ambiciosos. El fet d'utilitzar MPLS encareix els equips però ens permet un enrutament ràpid, intel·ligent i unes possibilitats de creixement il·limitades.

En quant a les tecnologies de servei i accés, encara som més forts. En primer lloc la tecnologia wimax ens permet arribar d'una manera ràpida, neta i potent a l'usuari final. Cal remarcar que ens permet utilitzar-la com a tecnologia d'accés o de backhaul, si bé ens és dependent a les condicions atmosfèriques i climatològiques, cosa que cal tenir present. En segon lloc, hem fet una clara aposta per les tecnologies de veu sobre IP, cada cop més acceptades. Pensem que és primordial l'ús d'aquesta tecnologia en una xarxa Gigabit Ethernet com la nostra, per tal de facilitar la convergència de tecnologies i la implantació de serveis en mateix domini. La telefonia sobre IP ens permet un desplegament molt avançat i relativament ràpid de serveis, amb la possibilitat d'integrar-los amb altres serveis ja existents.

Infraestructures de Telecomunicacions	Març del 2005
Projecte d'implementació al 22@	Grup C

## 5. Referències

### 5.1. VPN i MPLS

Wimax FORUM

Ref.: <http://wimaxforum.org>

[Consulta: 25-03-05]

ATRICA

Ref.: <http://www.atrica.com/>

[Consulta: 25-03-05]

CISCO

Ref.: <http://www.cisco.com>

[Consulta: 25-03-05]

NORTEL NETWORKS

Ref.: <http://www.nortelnetworks.com/>

[Consulta: 25-03-05]

HP

Ref.: <http://www.hp.com>

[Consulta: 25-03-05]

9 TO 5 COMPUTER Suplí, Inc.

Ref.: <http://www.9to5computer.com/pricing/cat18.htm>

[Consulta: 25-03-05]

Band-X

Ref.: [http://www.band-x.com/information/Band-X\\_Newsletter\\_Sept03.pdf](http://www.band-x.com/information/Band-X_Newsletter_Sept03.pdf)

[Consulta: 25-03-05]

ISP-LISTS

Ref.: <http://isp-lists.isp-planet.com/isp-bandwidth/0212/msg01312.html>

[Consulta: 25-03-05]

### 5.2. WDM

TerraServer (*Server per a obtenir dades de latitud i longitud*).

Ref.: <http://www.terra-server.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Càlcul de distàncies entre ciutats**

[http://www.tutiempo.net/p/distancias/calculador\\_distancias.html](http://www.tutiempo.net/p/distancias/calculador_distancias.html)

Photonics

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Ref.: <http://www.photonics.com/>

[Consulta: 25-03-05]

**Corning**

Ref.: <http://www.corning.com/>

[Consulta: 25-03-05]

**NSW**

Ref.: <http://www.nsw.com/>

[Consulta: 25-03-05]

**Components òptics**

Ref.: Amplificadors.doc (Crup), WDM\_Ejercicio1\_GrupoA (Grup A), MUX-DEMUX-GB (Grup B)

### **5.3. Radioenllaç**

**ViaMichelin** (*col·lecció de mapes d'Espanya*).

Ref.: <http://www.viamichelin.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Stratex Networks.**

Ref.: <http://www.stratexnet.ru/>

[Consulta: 25-03-05]

**TerraServer** (*Server per a obtenir dades de latitud i longitud*).

Ref.: <http://www.terra-server.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Ericsson** (*Caract. Equips banda base*).

Ref.: <http://www.ericsson.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Andrew** (*Antenes parabòliques*).

Ref.: <http://www.andrew.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Andrew** (*Antenes parabòliques*).

Ref.: <http://www.andrew.com>

[Consulta: 25-03-05]

**Ministerio de Industria, Turismo y Comercio** (*Model Sol·licitud de freqüència*).

Ref.: [www.setsi.mityc.es/infoadmi/fijo.doc](http://www.setsi.mityc.es/infoadmi/fijo.doc)

[Consulta: 25-03-05]

**UIT-R F.595-8** (*Recomeneció sobre la disposició de radiocanals per a sistemes inalàmbrics*)

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

Ref: Documentació aportada pel Sr.Carles Peirò.

## **5.4. Wimax**

**Monografias.com**

Ref.: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

[Consulta: 25-03-05]

**Federació d'Associacions de Veïns i Veïnes de Barcelona.**

Ref.: <http://www.lafavb.com/observatori/1004.html>

[Consulta: 25-03-05]

**Generalitat de Catalunya.**

Ref.:

[http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/societat\\_informacio/noticia/1020\\_12\\_17288.html](http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/societat_informacio/noticia/1020_12_17288.html)

[Consulta: 25-03-05]

**Axxcelera.**

Ref.: <http://www.axxcelera.com/online/products.html>

[Consulta: 25-03-05]

**MODISA.**

Ref.: <http://www.modisa.net/pag2/modisa2.htm>

[Consulta: 25-03-05]

**Direct Industry.**

Ref.: <http://www.directindustry.com.mx/>

[Consulta: 25-03-05]

**Telefonica online.**

Ref.: [www.telefonicaonline.com](http://www.telefonicaonline.com)

[Consulta: 25-03-05]

**YA.**

Ref.: [www.ya.com](http://www.ya.com)

[Consulta: 25-03-05]

**AUNA.**

Ref.: [www.auna.com](http://www.auna.com)

[Consulta: 25-03-05]

**Wanadoo.**

Ref.: [www.wanadoo.com](http://www.wanadoo.com)

[Consulta: 25-03-05]

**Serveis Telematics.**

Ref.: [www.grn.es](http://www.grn.es)

<b>Infraestructures de Telecomunicacions</b>	<b>Març del 2005</b>
<b>Projecte d'implementació al 22@</b>	<b>Grup C</b>

[Consulta: 25-03-05]

**Arrakis.**

Ref.: [www.arrakis.es](http://www.arrakis.es)

[Consulta: 25-03-05]

**Wanadoo.**

Ref.: [www.grn.es](http://www.grn.es)

[Consulta: 25-03-05]

**Air-bites**

Ref.: [www.air-bites.com](http://www.air-bites.com)

[Consulta: 25-03-05]

**STANDHBS Sealed Lead Acid Batteries**

Ref.: [www.standbattery.com/battery\\_hr.html](http://www.standbattery.com/battery_hr.html)

[Consulta: 25-03-05]

## **5.5. VoIP**

**IP Telephony Protocols**

Ref.: [www.rares.com.ar/PDF/1214.pdf](http://www.rares.com.ar/PDF/1214.pdf)

[Consulta: 25-03-05]

**Cisco** (*solucions de Telefonia IP*)

Ref.: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

[Consulta: 25-03-05]

**Al-pi**

Ref.: [www.al-pi.com](http://www.al-pi.com)

[Consulta: 25-03-05]

## 6. Annexos

### Mapa de ruta de l'enllaç

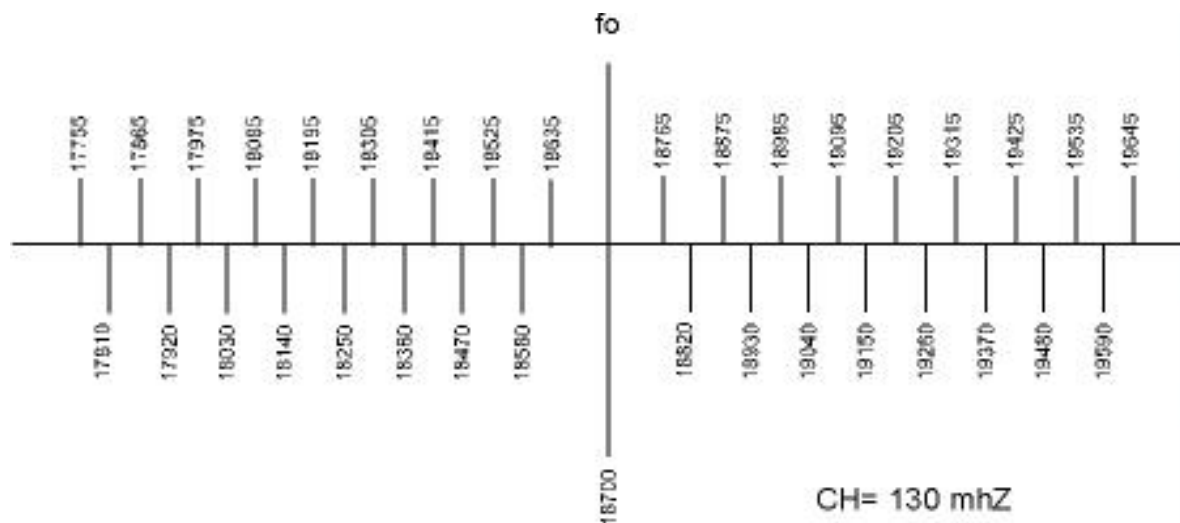
Estacion Radio	Long.(NG)	Latitud	Altura (m)	PIRE (dBm)	Denominacion De la emision	Estacion Colateral	Caracteristicas de la antena					Frecuencia(MHz) Y polarización
							Tipo parabólica	Diámetro	Ganancia	Altura	Ang.de elev.	
Collserola	41°25'07" N	2°06'57,7" E	450	61,5	55M00V7W	H. Amrey	SUX 4 -190	1,2 m	44,5 dBi	100	-5°	18,765 MHz V
H. Amrey	41°24'16" N	2°11'36" E	20	50	55M00V7W	Collserola	SUX 1-190	0,3 m	33 dBi	50	5°	17,755 MHz V

Collserola

5,5 Km

H. Amrey

### Banda de 17,7 – 19,7 GHz



	Proyecto: Infraestructuras	Dibujado:	Escalas:	Título del Plano: Radio Enlace Collserola- H.Amrey	Fecha Original: 28/02/05	<b>GRUP C</b>	
		Comprobado:			Num. Peticion:	Plano Núm: 001	Version:

## ANNEX 2: ESPECIFICACIONES DELS EQUIPS

(Veure PDF adjunt)

## ANNEX 3: SOL·LICITUD DE FREQUÈNCIA AL MINISTERI

(següent pàgina)



## ANEXO (MODELO II)

### PROPUESTA TÉCNICA PARA SERVICIO FIJO

Código REF. (1)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Código TASA (1)

--	--	--	--

(1) A rellenar por la Administración

DATOS TÉCNICOS PRECISOS DE APORTAR EN TODA SOLICITUD DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE REDES RADIOELÉCTRICAS DEL SERVICIO FIJO.

1. Breve descripción de la red solicitada en relación con la actividad indicada en punto 2 (en hoja aparte).
2. Plano de ruta de la red solicitada con indicación de:
  - a.) Estaciones de radio origen y destino a enlazar (se incluirán también todas las estaciones repetidoras).
  - b.) Longitud de cada vano.
  - c.) Acimut de cada estación de radio en grados sexagesimales.
  - d.) Frecuencias propuestas para los transmisores en MHz y Polarización. (Si se trata de un radioenlace mutivano en la misma banda de frecuencia, se adjuntará a la solicitud la compatibilidad electromagnética interna).
  - e.) Área de cobertura para redes de acceso radio. (Sistemas punto-multipunto).
3. Coordenadas de cada emplazamiento referidas al meridiano de Greenwich y altitud de cada emplazamiento en metros.
4. Características del sistema radiante a utilizar en cada estación de radio con indicación de:
  - a.) Tipo de antena a utilizar y diámetro de la misma (caso de parabólica).
  - b.) Ganancia con respecto a un radiador isotrópico (dBi).
  - c.) Altura.
  - d.) Ángulo de elevación.
  - e.) Abertura del haz.
  - f.) Diagrama de radiación normalizado.
5. Configuración del sistema radioeléctrico solicitado, indicando si es en:
  - Isofrecuencia.
  - Heterofrecuencia.
  - Diversidad de espacio.
6. Denominación de las emisiones según el Apéndice S1 del Reglamento de Radiocomunicaciones.
7. Potencia media de los Transmisores en dBW, así como características técnicas de los equipos proyectados a instalar.
8. Potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) máxima en dBW.
9. Fecha prevista de puesta en servicio.
10. Se adjuntarán a la presente solicitud planos topográficos de escala 1:50.000, en los que se señalarán los emplazamientos de las estaciones fijas de que conste la red. Los planos de escala 1:50.000 se sustituirán por otros de escala 1:25.000 para emplazamientos en ciudades de más de 250.000 habitantes.

La información solicitada en los apartados 3, 4 (a,b,c,d y e), 6, 7, 8 y 9 podrá indicarse en una zona del plazo de ruta, tal como se indica en el modelo que se acompaña como Anexo técnico Modelo II pág. 2.

, a **25 de març de aa**

concesión

El solicitante de la

(Sello y firma)

El Técnico Competente,

Nombre:

Titulación:

Tfno. de contacto:



## **PROPUESTA TÉCNICA PARA SERVICIO FIJO**

(Rellenar sólo si se trata del Servicio de Radiolocalización)

### **DATOS TÉCNICOS PRECISOS DE APORTAR EN TODA SOLICITUD DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE RADIOLOCALIZACIÓN**

- 11. Coordenadas geográficas del emplazamiento referidas al meridiano de Greenwich.**
- 12. Altitud del emplazamiento.**
- 13. Frecuencia de repetición.**
- 14. Anchura de pulso.**
- 15. Potencia de pico.**
- 16. Velocidad de rotación de la antena.**
- 17. Ganancia de la antena.**
- 18. Polarización.**
- 19. Anchura de haz.**
- 20. Lóbulos laterales.**
- 21. Alcance.**
- 22. Se acompañará a la presente solicitud plano topográfico de escala 1:50.000 en el que se señale el emplazamiento del sistema de Radiolocalización.**