

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO
MULTISERVICIO

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

PHILIP GHEILER PALOMINO

PROMOCION
2004 - II

LIMA – PERÚ
2009

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO MULTISERVICIO

SUMARIO

El presente trabajo se desarrolla en base a mi experiencia en Telefónica del Perú y presenta la Planificación y Diseño de una propuesta de proyecto para la implementación de una Red de Acceso Multiservicio.

Su principal objetivo es exponer los criterios y procedimientos para la planificación del proyecto y presentar los documentos de diseño como entregable resultante.

En primer lugar se identifica el sector del mercado y presenta los requerimientos y expectativas de los consumidores del mismo. Seguidamente se estudia el estado del arte de las infraestructuras y de las tecnologías que son usualmente utilizadas para un despliegue de este tipo. Luego de estudiar estos puntos, se determina el modelo de red propuesto con el fin de dotar a los clientes con servicios con la mejor eficiencia y performance posible. El modelo de red será luego desarrollado especificando su topología, arquitectura, equipamiento y determinando su dimensionamiento y parámetros de calidad. Luego de desarrollado estos documentos, se presentan aportes y conclusiones sobre el proyecto.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I.	
ALCANCE PRELIMINAR	2
1.1 Alcances del Entregable del Proyecto	2
1.2 Alcances del Proyecto	6
CAPÍTULO II.	
GESTIÓN DEL PROYECTO	7
2.1 Gestión del Alcance	7
2.2 Gestión de la Calidad	10
2.3 Gestión del Cronograma	11
2.4 Gestión del Presupuesto	11
2.5 Gestión de Adquisiciones.....	11
2.6 Gestión de Comunicaciones	12
2.7 Gestión de Recursos Humanos	13
2.8 Gestión de Integración	16
2.9 Gestión de Riesgos	16
CAPÍTULO III.	
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
3.1 Estado del Arte	17
3.2 Modelo de Red	26
3.3 Calidad de Red.....	29
3.4 Dimensionamiento de la Red	38
CAPÍTULO IV.	
DISEÑO DEL PROYECTO	43
4.1 Red de Acceso	43
4.2 Diseño Planta Externa.....	45
4.3 Arquitectura de Red	48

CAPÍTULO V.

PLAN DE DESPLIEGUE Y OPERACIÓN	53
5.1 Cronograma del Proyecto	53
5.2 Presupuesto del Proyecto	58
CONCLUSIONES.....	67
ANEXOS.....	69
ANEXO A.	
FICHA TÉCNICA DSLAM	70
ANEXO B.	
FICHA TÉCNICA GABINETE PARA DSLAM OUTDOOR	73
ANEXO C.	
FICHA TÉCNICA MODEM VDSL2	76
ANEXO D.	
FICHA TÉCNICA SET TOP BOX.....	79
ANEXO E.	
LÍMITES DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO Y COBERTURA DE LA OFICINA CENTRAL SAN ISIDRO	82
ANEXO F.	
UBICACIÓN DE ARMARIOS DE LA OFICINA CENTRAL DE SAN ISIDRO	84
ANEXO G.	
RUTA PRELIMINAR DE LA FIBRA ÓPTICA DE ACCESO A LOS DSLAM.....	86
ANEXO H.	
CRONOGRAMA DEL PROYECTO	88
ANEXO I.	
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	90
BIBLIOGRAFÍA.....	92

INTRODUCCION

Este trabajo nace de la necesidad del mercado local de contar con redes de telecomunicaciones con la capacidad de soportar los nuevos servicios y aplicaciones con las prestaciones y niveles de calidad, comparables a las ofrecidas en otros países de la región. El entregable final es presentar un modelo para la implementación de un proyecto de construcción de una red de acceso multiservicio que soporte estos servicios.

El estudio se desarrolla tomando como premisa la existencia de la infraestructura de red de Telefónica Del Perú, la misma que se convertirá de acuerdo a los requerimientos de los servicios y aplicaciones que sobre ella se van a soportar. Sin embargo considerando los reglamentos recientes del ente regulador acerca de la desagregación del bucle y la compartición de infraestructura, asimismo la literatura documentada sobre la experiencia en las operaciones de otros países, la aplicación del presente estudio es también coherente para una empresa operadora distinta a Telefónica del Perú con intenciones de brindar servicios utilizando la infraestructura existente en alquiler. En ambos casos, es preciso señalar que el estudio considerará tanto la reutilización de infraestructura existente como la construcción de aquella nueva necesaria para los objetivos que debe cumplir el proyecto.

Red de Acceso se refiere a las infraestructuras de telecomunicaciones que existen entre los domicilios de los clientes y las Oficinas Centrales o Nodos. Esta red y la infraestructura que la comprende es la que permitirá el acceso global al medio digital, es decir a la red de redes y a todo el séquito de servicios que este concepto proporciona. Solo se mencionará de manera general lo relacionado a otros niveles como Plataformas, Redes de Transporte, agregación y borde.

Se entiende como acceso multiservicio, al agrupamiento de servicios en un único medio de acceso físico integrado que permita recuperar cada servicio con una calidad igual o superior a recibida en accesos individuales. Cuando los servicios brindados son Voz, Internet y Televisión a este "paquete de servicios" típicamente se le conoce como *Triple Play*.

Se escoge el Distrito de San Isidro para el despliegue ya que es el distrito con el mayor índice de desarrollo humano en el país, teniendo el mayor desarrollo económico y residencial. Los potenciales clientes en este mercado son los de necesidades tecnológicas más exigentes y cuentan con un importante poder adquisitivo.

CAPÍTULO I

ALCANCE PRELIMINAR

1.1 Alcances del Entregable del Proyecto

A continuación se revisa de manera preliminar los alcances del entregable del proyecto, los mismos que responden a los requerimientos que este debe cumplir una vez implementado. El presente trabajo se ha enfocado en el segmento residencial, por tanto el análisis de requerimientos a continuación captura las necesidades de este segmento que son distintas a las de las Pymes y Empresas.

El contexto actual del mercado muestra tendencias socio demográficas con un futuro optimista para el desarrollo de negocios dentro del hogar. La consolidación de nuevos hogares y el aumento de la renta familiar constituyen una importante oportunidad de crecimiento. Así mismo la penetración de la banda ancha en los hogares, así como de equipos y dispositivos electrónicos como Computadoras Personales (*PC*), Televisores (*TV*), Reproductores de Video Digital (*DVD*), etc., que ofrecen la posibilidad de ofrecer nuevos servicios de comunicaciones y entretenimiento.

En este contexto, el concepto de *Hogar Digital* surge ante la aparición de nuevos servicios y dispositivos en el ámbito residencial, como consecuencia de la convergencia de las tecnologías de comunicaciones, informáticos, electrónicos de consumo y ocio digital. Se identifican así diversas categorías de servicios:

1. Servicios de conectividad y entorno *PC*: Acceso a internet de alta velocidad, descarga de contenidos, servicios de seguridad, etc.
2. Servicios de Comunicaciones: Telefonía, Videotelefonía, etc.
3. Servicios de entorno *TV*: Televisión pagada, distribución de contenidos audiovisuales, etc.
4. Gestión del Hogar: Domótica, seguridad, control energético.

Todos ellos, soportados por nuevos dispositivos terminales y distribuidos por las redes de hogar (Ver Fig. 1.1).

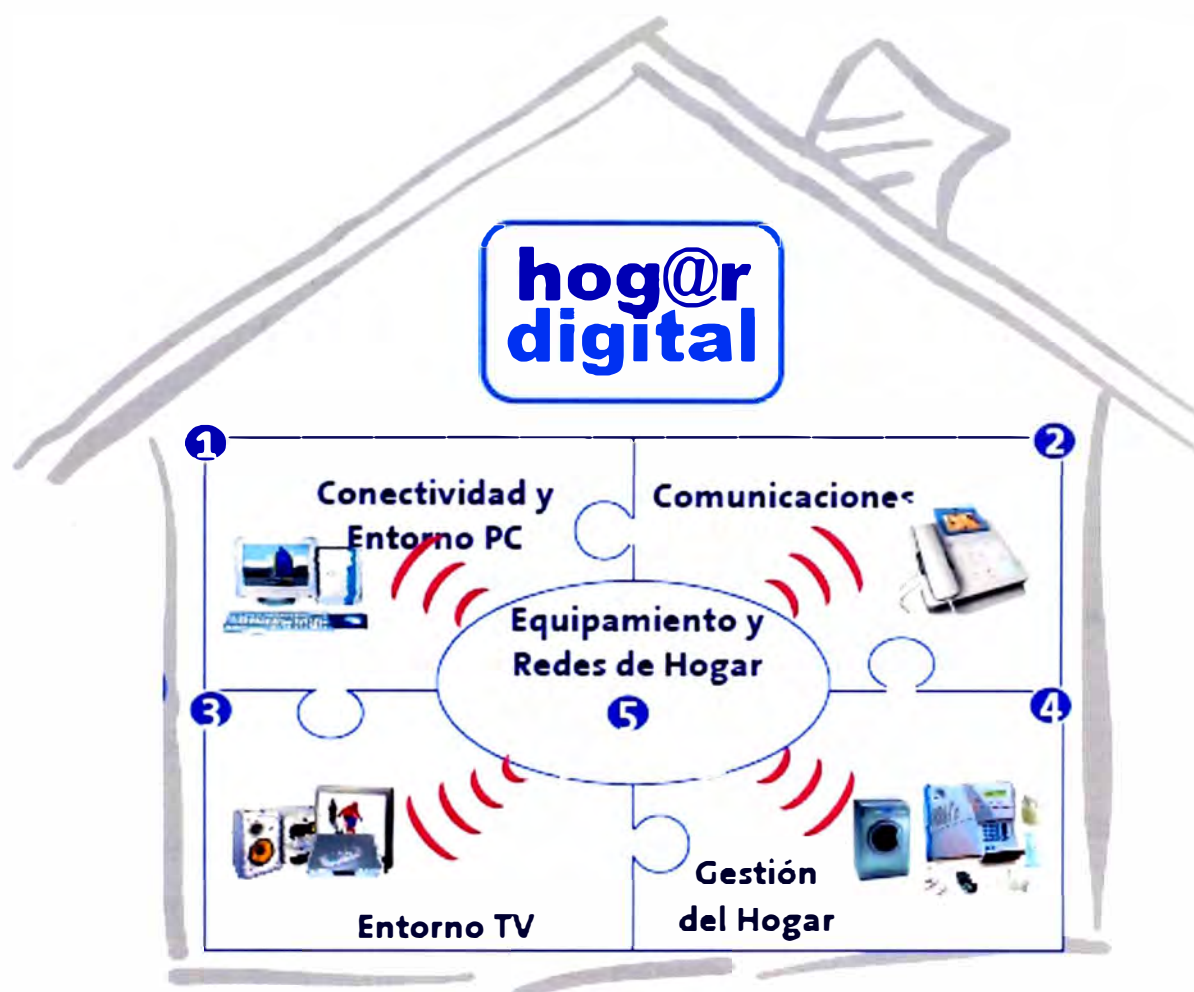


Fig. 1.1 - Hogar Digital

El nuevo mercado espera una oferta integral de servicios accesible a través de todos los dispositivos del hogar y desde cualquier punto del mismo. La demanda es por una oferta completa de servicios que además impliquen sencillez (un solo punto de venta, una sola factura) y supongan algún tipo de ventaja en precio respecto a la contratación desagregada. Esta demanda supone un gran reto para los operadores de Telecomunicaciones para el cual se debe planificar una respuesta adecuada. En gran medida la respuesta a estas necesidades, en relación al ancho de banda, para los nuevos servicios para el cliente residencial, está relacionada a la evolución de las redes de acceso a los hogares.

Para el presente proyecto se considera la necesidad de un Acceso de Banda Ancha con las siguientes características y soporte de las siguientes aplicaciones y requerimientos.

1. Servicios de conectividad y entorno PC

Características:

- Gran Ancho de Banda
- Tolerancia a grandes retardos y variaciones (*Bursty*)
- La Velocidad percibida es más importante que la calidad¹

Aplicaciones y Requerimientos de Ancho de Banda:

- Navegación Web (<i>Web Browsing</i>)	2.0	Mbps
- Aplicaciones Internet	1.0	Mbps
- Juegos en Línea	1.0	Mbps
- Video Conferencia	2.0	Mbps

2. Servicios de Comunicaciones

Características:

- Tarifas planas
- Servicios suplementarios (Identificación, transferencia, espera y conferencia de llamadas).
- Alta calidad

Aplicaciones y Requerimientos de Ancho de Banda:

- 2 Teléfonos Tradicionales	0.128	Mbps
-----------------------------	-------	------

3. Servicios de entorno TV

Características:

- Alta definición y definición estándar.
- Gran ancho de banda y alta calidad son requeridos.

Aplicaciones y Requerimientos de Ancho de Banda

- Televisión de Alta Definición (<i>HDTV</i>)	8.0	Mbps
- Televisión de Definición Estándar (<i>SDTV</i>)	3.0	Mbps

4. Gestión del Hogar

Referidas a la red interna del hogar, no añaden necesidades para la red de acceso.

La suma total del Ancho de Banda requerido para el acceso es: 20.0 Mbps

Las características y aplicaciones son aquellas necesidades que sin mayores detalles técnicos se extraen de encuestas, foros de debate y conversaciones con usuarios del mercado residencial. Los requerimientos de ancho de banda se han

¹ La velocidad está relacionada con el tiempo total de descarga de contenidos, que es una medida extremo – extremo en la red. La calidad está relacionada al porcentaje del ancho de banda que el Proveedor de Internet asegura al usuario en el acceso a Internet.

considerado en base a las especificaciones de las aplicaciones de acuerdo a los uso frecuente de que demandan los usuarios sobre los mismos.

1.2 Alcances del Proyecto

Dentro del ciclo de vida del Proyecto, el presente trabajo está orientado a las fases de Planificación y Diseño del proyecto, siendo el resultado o entregable final de ambas fases los documentos que permitirán gestionar la implementación.

Típicamente en una red multiservicio se pueden identificar cuatro niveles o capas: Acceso, Agregación, Borde y Núcleo (Ver Fig. 1.2).

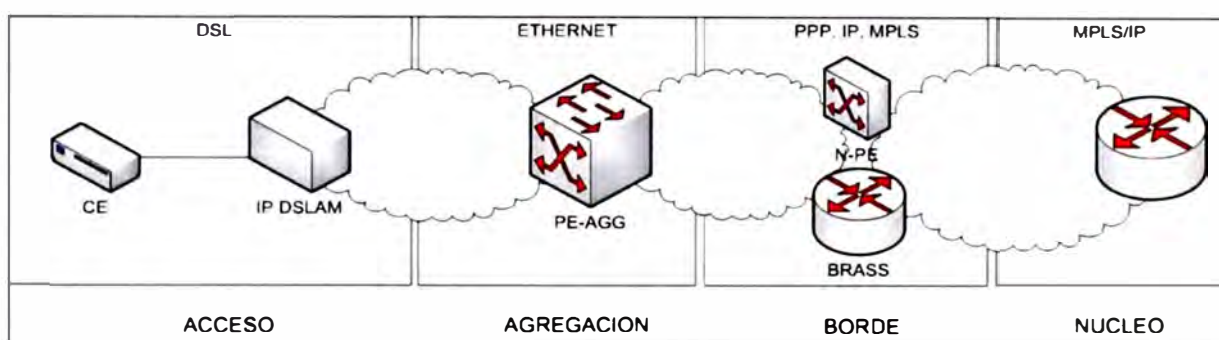


Fig. 1.2 - Arquitectura de una Red Multiservicio

La Capa de Acceso es donde se encuentran típicamente los Multiplexores de acceso a líneas digitales de abonados (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM*), demarcando el límite entre la red del Proveedor de Servicio y el cliente.

La Capa de Agregación es una capa intermedia que permite escalar la cantidad de nodos de acceso que se conectan al borde.

La Capa de Borde demarca el límite entre el transporte hasta el acceso y las capas que brindan los servicios.

La Capa de Núcleo tiene básicamente la función de enrutamiento a gran escala, y unir a nivel nacional los diferentes dominios de agregación y distribución. En esta capa no hay definición de servicios ni de usuarios como ocurre en las anteriores.

El presente Proyecto se circunscribe a la implementación de la Capa de Acceso y solo tratará de manera general o esquemática sobre los otros niveles.

Aún cuando los planes y criterios de diseños son los mismos, nuestro diseño de red estará circunscrito al distrito de San Isidro.

En el distrito escogido se tiene una fuerte presencia de los tres segmentos del mercado: Residencial, Pymes y Empresas. En presente proyecto desarrollará el modelo de red para el segmento residencial.

Para el desarrollo del proyecto, se deben considerar como criterios generales la optimización del CAPEX² y OPEX³.

Por tanto, en referencia a la optimización del CAPEX la nueva red debe estar basada en inversiones optimizadas. Por tanto los criterios una vez seleccionadas las soluciones técnicas han de establecer un balance justo entre las altas prestaciones, un dimensionado suficiente y unas garantías de evolución adecuadas.

La red de acceso predominante a nivel mundial para el segmento residencial son los accesos de cobre. La infraestructura de red para este tipo de acceso ya se encuentra desplegada en el distrito escogido por lo que se debe buscar aprovecharla. Pretender construir una nueva red para la atención de los clientes residenciales sería muy costoso e inhabilitaría económicamente nuestro proyecto. Por tanto, preliminarmente se identifica que la red de acceso para los clientes residenciales será utilizando las líneas de cobre, sin embargo dados los altos requerimientos se buscará un modelo de red que proporcione la velocidad y la calidad demandada por estos clientes.

En cuanto al OPEX, la disminución de los gastos de operación y mantenimiento es un objetivo prioritario para las nuevas redes. Este criterio es especialmente revisado en los criterios de diseño, buscando minimizar las actuaciones y el tiempo empleado en procesos de gestión de red.

² El término financiero CAPEX es la abreviatura de la expresión anglosajona *Capital Expenditure*. Desde un punto de vista amplio, se define este concepto como las inversiones realizadas, tanto iniciales como de mantenimiento y mejora, por parte de una compañía.

³ El término OPEX, abreviatura de *Operational Expenditure*, se refiere a los costos operativos y/o administrativos incurridos en el curso de la producción, operación o mantenimiento de la actividad.

CAPÍTULO II

GESTIÓN DEL PROYECTO

La gestión de proyectos es una profesión con rápido crecimiento, que se fundamenta en la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas en las actividades de un proyecto para satisfacer sus requerimientos. El Instituto de Gestión de Proyectos (*Project Management Institute, PMI*) es la organización más reconocida que reúne profesionales y literatura de gestión de proyectos. El *PMI* ha desarrollado una guía con la base conocimientos de gestión de proyectos (*Project Management Body of Knowledge, PMBOK*) la cual establece como una buena práctica elaborar un Plan de Proyecto que reúna las definiciones de cómo el proyecto será planificado, ejecutado, controlado y cerrado. Este documento se conoce como Plan de Proyecto y está compuesto por los planes subsidiarios correspondientes a las nueve áreas de conocimiento en la gestión de proyectos. Para el presente trabajo se ha considerado los siguientes planes subsidiarios:

- Gestión del Alcance
- Gestión de la Calidad
- Gestión del Cronograma
- Gestión del Presupuesto
- Gestión de Adquisiciones
- Gestión de Comunicaciones
- Gestión de Recursos Humanos
- Gestión de Integración
- Gestión de Riesgos

2.1 Gestión del Alcance

Gestionar el alcance de un proyecto significa administrar el trabajo necesario para conseguir el total de los entregables, sus requisitos y características. El principal documento para la gestión del alcance de un proyecto es la EDT o Estructura de Desglose del Trabajo (*Work BreakDown Structure, WBS*). El *WBS* de un proyecto es una estructura exhaustiva, jerárquica y descendente formada por los entregables y paquetes de trabajo necesarios para completar un proyecto. La jerarquía más alta del *WBS*

representa las fases del proyecto, y esta se desagrega hasta llegar a la jerarquía más baja que son los paquetes de trabajo. Por lo general el ciclo de vida de un proyecto de ingeniería comprende las fases de Factibilidad, Planificación, Diseño e Implementación.

El presente trabajo se circunscribe a las fases de Planificación y Diseño del proyecto. El *WBS* para estas fases del proyecto se presenta a continuación, el mismo ha sido construido en base a la pauta del autor (Ver Fig. 2.1).

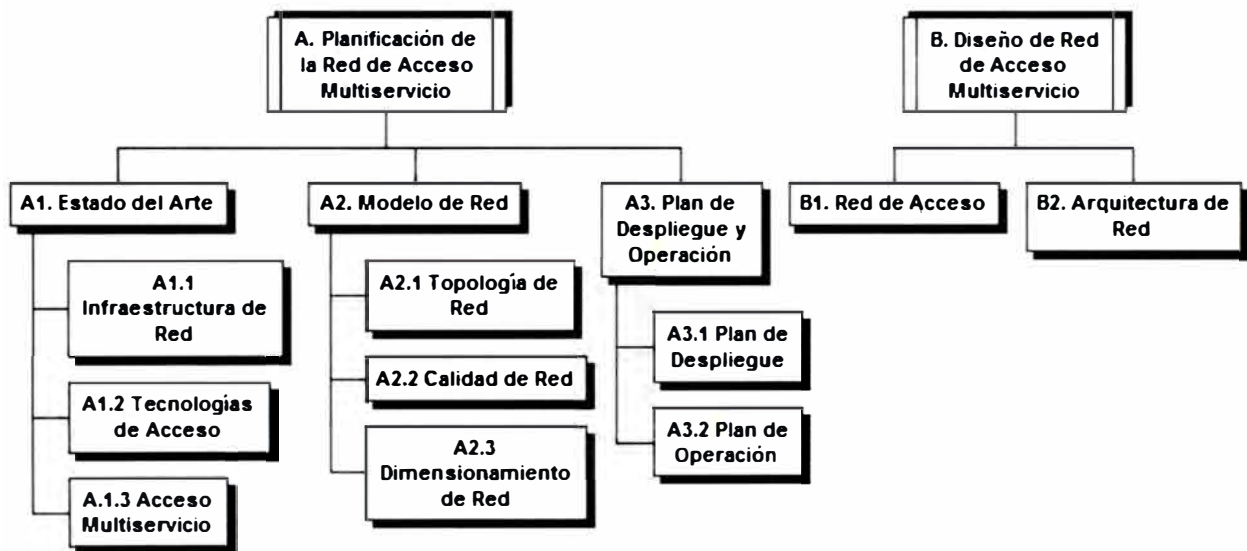


Fig. 2.1 - Estructura del Desglose del Trabajo

A continuación se presenta el Diccionario del *WBS*, documento que reúne el conjunto de las definiciones y la descripción de cada elemento del *WBS*.

A. Planificación de la Red de Acceso Multiservicio

A1. Estado del Arte

El estado de arte es el nivel más alto conseguido en el desarrollo de una tecnología o técnica. El objetivo del este entregable es revisar y comparar brevemente las soluciones de redes de acceso más utilizadas para despliegues similares.

A1.1 Infraestructura de Red

El entregable de este paquete de trabajo es el estudio conceptual de las infraestructuras de redes de acceso relevantes para el proyecto.

A1.2 Tecnologías de Acceso

El entregable de este paquete de trabajo es el estudio conceptual de las tecnologías de acceso relevantes en el proyecto.

A1.3 Acceso Multiservicio

El entregable de este paquete de trabajo es el estudio conceptual de las características de un acceso multiservicio.

A2. Modelo de Red

El modelo de red se refiere al análisis y descripción de la red de acceso a implementar. El objetivo de este entregable es aterrizar la solución de red de acceso propuesta.

A2.1 Topología de Red

El entregable de este paquete de trabajo describe la topología de la red adoptada para la construcción de la red de acceso multiservicio.

A2.2 Calidad de Red

El entregable de este paquete de trabajo es la identificación y análisis de los requerimientos del proyecto, a través de la descripción de los estándares a utilizar para su cumplimiento.

A2.3 Dimensionamiento de Red

El entregable de este paquete de trabajo es el análisis de los requerimientos y dimensionamiento de los parámetros para el diseño de la red.

A3. Plan de Despliegue y Operación

Este entregable comprende la descripción de los procesos para la implementación del proyecto y la post operación del mismo.

A3.1 Plan de Despliegue

El entregable de este paquete de trabajo comprende el Cronograma y Presupuesto del Proyecto.

A3.2 Plan de Operación

El entregable de este paquete de trabajo es una descripción general de los alcances principales sobre la operación de la red una vez implementada.

B. Diseño Red de Acceso Multiservicio

B1. Red de Acceso

El entregable de este paquete de trabajo contiene los documentos de diseño de la red de acceso.

B2. Arquitectura de Red

El entregable de este paquete de trabajo contiene la descripción del equipamiento seleccionado y la configuración general del mismo para la integración de la red.

2.2 Gestión de la Calidad

Los procesos de gestión de la calidad comprenden la Planificación, Control y Aseguramiento de la Calidad. Los procesos de Control y Aseguramiento por lo general comprenden actividades en la Fase de Implementación del Proyecto. La Planificación de la Calidad se desarrolla extensivamente en la fase de Planificación, la misma que consiste en identificar y describir cómo satisfacer, las políticas, estándares y objetivos de calidad relevantes para que el proyecto satisfaga las necesidades por las que fue implementado. Estos estándares y normas determinan no solo el cumplimiento de los requerimientos de los entregables y la forma en que se construyen, sino que el funcionamiento resultado de la implementación del proyecto este acuerdo a las necesidades de o los clientes.

En el presente trabajo los entregables del proceso de Planificación de Calidad se desarrollan en el capítulo de Calidad de Red, donde se identifica y describe con detalle los estándares, parámetros y condiciones específicas que determinarán la funcionalidad del proyecto. Con motivos de síntesis únicamente se desarrolla extensivamente lo referente a nuevas tecnologías, considerando que lo relativo a planta externa no incorpora conceptos nuevos a lo utilizado diariamente en los proyectos de redes de acceso, únicamente se mencionarán las normas utilizadas, las cuales corresponden al conjunto de normativas de Telefónica del Perú.

2.3 Gestión del Cronograma

La Gestión del cronograma comprende los siguientes procesos: Definición de actividades, Secuencia de actividades, Estimación de recursos, Estimación de duración de actividades, Elaboración del cronograma y Control del Cronograma. Todos los procesos a excepción del Control del Cronograma se desarrollan en la Fase de Planificación.

En el presente trabajo la Planificación del Cronograma se desarrolla en el capítulo Plan de Despliegue, en donde se elabora una descripción y relación de precedencia de las actividades identificadas. Luego, a partir de ello se elabora el cronograma del Proyecto. Se utiliza la técnica de Estimación Ascendente, donde tanto los tiempos atribuibles a las actividades como los recursos asignados a ellas se proponen tomando en consideración la experiencia del autor en los procedimientos y proyectos similares en Telefónica del Perú. El cronograma debe, además de representar la secuencia y duración del proyecto, estableciendo un calendario de las actividades. El cronograma desarrollado toma esta forma conociéndose la fecha de inicio de la implementación, con motivos de presentación para el presente proyecto se ha supuesto el 1ero de Enero 2009 como esta fecha.

2.4 Gestión del Presupuesto

La gestión del presupuesto comprende los procesos de planificación, costeo y control del presupuesto de tal forma que el proyecto sea completado dentro del presupuesto aprobado.

En el capítulo de Plan de Despliegue se desarrolla los procesos de planificación y costeo del proyecto. Al igual que la elaboración del cronograma, se realiza una estimación ascendente considerando tanto las actividades como las adquisiciones requeridas para completar el proyecto.

Para la elaboración del presupuesto del proyecto se utiliza como herramienta de Determinación de Tarifas y Costes de Recurso, que corresponde al costo de las adquisiciones, en base a la publicación de precios por parte de los proveedores, y la estimación del coste de las actividades y materiales se basa en los contratos de obras de planta externa e ingeniería vigentes en Telefónica del Perú.

2.5 Gestión de Adquisiciones

La gestión de adquisiciones incluye los procesos de Planificación de la Contratación, Planificación del Contrato, Solicitud de Ofertas, Selección de Proveedores, Administración del Contrato y Cierre del Contrato. De forma muy resumida, los procesos siguen la siguiente secuencia. En primer lugar, la Planificación de la Contratación

comprende un análisis en el cual se decide que elementos se adquieren y que otros se desarrollan en la Empresa. Luego de tomada esta decisión la Planificación del Contrato consiste en elaborar un documento con todos los requerimientos que serán solicitados al o a los Proveedores, para luego solicitar y negociar las ofertas de los mismos. Seleccionado el proveedor, luego el contrato debe ser administrado hasta que culmine todo el trabajo adquirido, para por último Cerrar el Contrato.

Para el proyecto seguiremos las políticas de Compras de Telefónica del Perú. De modo que las adquisiciones se manejarán de la siguiente manera:

La construcción de las infraestructuras de Planta Externa está a cargo de las Empresas Colaboradoras regidas bajo los contratos de Planta Externa (Construcción Líneas y Cables y de Construcción Canalizaciones y Zanjias). No es necesario solicitar una oferta ya que el contrato establece un preciarío establecido tanto para la mano de obra como para los materiales. La selección del proveedor es automática, su asignación se realiza en base a la zonificación de trabajos. En cuanto a los materiales de planta externa, los mismos no difieren de los utilizados diariamente en los proyectos de redes de acceso, por lo que se tratan de materiales de stock que no requiere de una adjudicación de compra.

En cuanto al equipamiento, se sigue un procedimiento diferente. Identificado el equipamiento que se va a adquirir, se procede a Planificar el Contrato que consta del desarrollo de un documento con las especificaciones deseadas. Adicionalmente como se trata de tecnología nueva, el documento especifica que el fabricante deberá hacerse cargo de la instalación e incluya un periodo de soporte y capacitación en el equipamiento.

La selección del fabricante de tecnología se basa en la evaluación técnica y de precios de los fabricantes que han presentado sus ofertas, que por lo general incluye también el desarrollo de un piloto o maqueta de pruebas de su producto. Es relevante mencionar Telefónica solicita las ofertas solo a un grupo reducido de proveedores, quienes forman parte de una lista corta elaborada por el área de Tecnología de Telefónica Latinoamérica. Actividades adicionales, se realizan a través de las Empresas Colaboradoras regidas bajo los contratos de Obras Varias de Ingeniería.

2.6 Gestión de Comunicaciones

La gestión de comunicaciones emplea los procesos requeridos para asegurar la generación, colección, distribución, almacenamiento y distribución apropiada y a tiempo de la información del proyecto.

Para el presente trabajo se seguirá la estructura de Telefónica del Perú en cuanto al flujo de información y al formato en el cual esta se remite entre las áreas participantes del proyecto. Una organización matricial, como Telefónica, es aquella que combina en su

organización la jerarquía operativa orientada a las operaciones recurrentes y la orientada a la gestión de proyectos. En una organización matricial se espera que las comunicaciones sean complicadas, ya que el equipo de proyecto tiene un doble nivel de reporte de sus trabajos, su jefe funcional y el jefe de proyecto. Para el presente proyecto se considera la organización existente de Telefónica del Perú y para contrarrestar la compleja situación esperada anteriormente descrita, se utilizará como estrategia el identificar al personal idóneo para conformar un equipo coherente y aprovechando la alta visibilidad del proyecto involucrar desde un inicio a los ejecutivos y jefes directos de este personal, de tal manera que se asegure su participación. Este compromiso de ejecutivos, jefes y el personal calificado garantiza el nivel de reporte y comunicaciones que se requiere. Por otro lado, las comunicaciones están muy de la mano a los sistemas de información utilizados por la organización. Para el presente proyecto se asumirá la utilización de los sistemas de gestión disponibles en Telefónica.

2.7 Gestión de Recursos Humanos

La gestión de Recursos Humanos incluye los procesos para organizar y gestionar al equipo del proyecto. La planificación de los recursos humanos comprende la determinación de los roles, responsabilidades y la relación de reporte entre los participantes del proyecto. El equipo de proyecto está conformado por el personal que tiene asignado un rol y una responsabilidad para completar el proyecto. Para el presente trabajo, se asumirá que el personal que conforma el equipo de proyecto está conformado de acuerdo a la organización actual de Telefónica del Perú, cuya estructura se representa a continuación (Ver Fig. 2.2).



Fig. 2.2 - Organización de Telefónica del Perú

De la estructura anterior, a continuación (Ver Fig. 2.3) se detalla las estructuras de la Vicepresidencia de Operación de Redes y Sistemas y de la Vicepresidencia de Planificación e Ingeniería, cuyas intervenciones son directas en el proyecto. En estas estructuras se ha sombreado en rojo aquellas gerencias que participan en la implementación del proyecto. Con el mismo color y en mayor intensidad se resaltan aquellas gerencias que participan en el componente de Red de Acceso del Proyecto. Por último en color celeste se indican aquellas Gerencias que luego de implementado el proyecto estarán a cargo de su operación y mantenimiento.

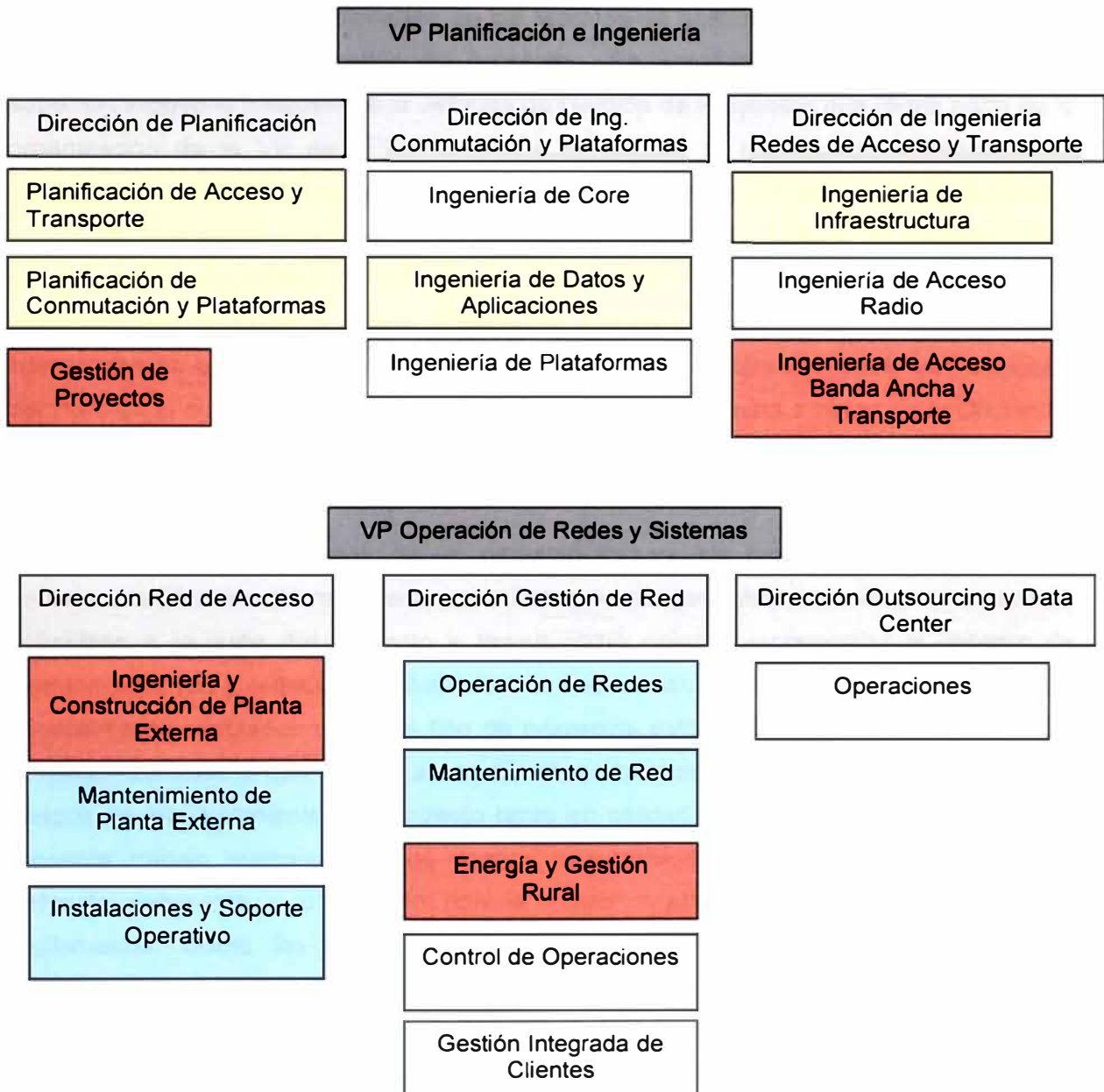


Fig. 2.3 - Estructuras de la VP Planificación e Ingeniería y VP Operación de Redes y Sistemas

2.8 Gestión de Integración

Como parte de la innovación en las técnicas de gestión, en las empresas se está adoptando modelos de gestión de proyectos. En Telefónica del Perú, parte de la adopción incluyó la creación de la Jefatura de Gestión de Proyectos que forma parte de la organización de la VP de Planificación e Ingeniería, la misma que se encarga de designar a un Jefe de Proyecto, quien será responsable de la gestión y éxito del proyecto.

En el contexto de Gestión de Proyectos, la integración incluye las características de unificación, consolidación, articulación e integración de acciones que son cruciales para completar el proyecto, con la satisfacción y manejo de expectativas del cliente y los interesados en el proyecto. Para el presente trabajo se seguirá el modelo de Telefónica del Perú en el cual la gestión de los proyectos de ingeniería está a cargo de la Oficina de Gestión de Proyectos.

2.9 Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos de un proyecto incluye los procesos de identificación, análisis, planificación de respuesta y monitoreo de riesgos. Mucho de estos procesos se actualizan a lo largo del proyecto y tienen como objetivo incrementar el impacto de eventos positivos y reducir la probabilidad de impacto de eventos negativos. Los riesgos generalmente asociados con este tipo de proyectos están relacionados a la gestión del proyecto. Es decir a que debido a una planificación incompleta o deficiente se generan riesgos de incumplimiento del proyecto tanto en calidad, cronograma y presupuesto. El presente trabajo minimizará estos riesgos desarrollando extensivamente un plan de proyecto coherente y un diseño con la mayor cantidad de detalles de la red a implementar. Sobre los riesgos asociados a los trabajos a ejecutar, teniendo en consideración que alguno de ellos son subcontratados y para los cuales no se tiene experiencia previa sobre su gestión, el proyecto debe documentar el nivel suficiente de detalle en los contratos así como establecer penalidades al contratista en caso de incumplimiento. Una buena práctica de gestión de proyectos, es elaborar una Matriz de Riesgos para al menos los entregables que formen parte de la ruta crítica del proyecto. La matriz de riesgo describe, clasifica y lista las estrategias para minimizar el impacto de un riesgo o explotar el de una oportunidad. Se desarrollará la matriz de riesgos para los paquetes de trabajo más importantes de la ruta crítica del proyecto.

CAPÍTULO III

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1 Estado del Arte

En términos fundamentales, las redes de acceso pueden ser segmentadas en aquellas que usan elementos activos en la planta externa o aquellas que solo cuentan con elementos pasivos. Las topologías mayormente implementadas en el mundo para satisfacer las necesidades actuales del mercado residencial son: Fibra Hasta el Hogar (*Fiber-to-the-Home, FTTH*), Fibra Hasta El Gabinete⁴ (*Fiber-to-the-Cabinet, FTTC*) y Fibra Hasta el Edificio (*Fiber-to-the-Building, FTTB*).

Las redes pasivas, son utilizadas para topologías *FTTH* típicamente conformadas por Redes Ópticas Pasivas (*Passive Optical Network, PON*⁵) o Ethernet en la última milla (*Ethernet on the First Mile*). Las tradicionales redes pasivas constituidas por las redes de bucles digitales (*Digital Subscriber Line, DSL*) ya no son una solución para los requerimientos del mercado de hoy, sin embargo la tecnología se sigue empleando con una evolución que representa hoy en día la topología mayormente adoptada para las redes activas.

Las topologías de *FTTC* y *FTTB* se implementan como soluciones de redes activas, específicamente para despliegues de servicios de banda ancha. La planta pasiva por el contrario elimina por completo la ubicación de componentes electrónicos en las facilidades que conectan a los suscriptores con las oficinas centrales.

En las redes *FTTH* la solución *Ethernet on The First Mile* significa dedicar una facilidad (un par de hilos de fibra óptica) exclusivo para cada suscriptor, lo cual tiene un alto costo que en la mayoría de operaciones generalmente solo es aplicable para dar

⁴ El Gabinete corresponde a la ubicación física del elemento activo en la planta externa, que en la mayoría de casos corresponde a un *DSLAM*.

⁵ Red Óptica Pasiva (*Passive Optical Network, PON*). Tecnología de red que elimina todos los componentes activos existentes entre la Central y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (dióscos ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red. Las señales son transmitidas y recibidas sobre un solo hilo de fibra óptica, donde el *OLT (Optical Line Termination)* se encuentra en la central y el *ONT* en el usuario, conectados ópticamente a través de una serie de *splitters* que multiplican la fibra hasta llegar al *ONT*.

servicios a Empresas. Por el contrario *PON* es una solución disponible y llevada a la práctica en algunas operaciones.

FTTC aprovecha la existencia de la infraestructura desplegando fibra óptica más cercanamente de tal forma que la longitud total del bucle se reduce y el ancho de banda para las tecnologías *DSL* se incrementa. A este tipo de topología se le conoce como *FTTC* basado en *DSL*. Por último, *FTTB* es una combinación de *PON* y *FTTC*. En *FTTB* el equipamiento activo se ubica en la Oficina Central y en la edificación del cliente, y la conexión entre ellos es pasiva, de naturaleza punto a punto. *FTTB* se utiliza para un solo suscriptor o varios suscriptores ubicados, como en el caso de un Edificio.

A continuación se expone un resumen comparativo de las características técnicas entre estas soluciones (Ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1 - Comparación técnica de Topologías de Red

	<i>PON</i>	<i>FTTC</i>	<i>FTTB</i>
Conexión con la Red de Agregación (GbE)	1 o 10	1 o 10	1
Número suscriptores soportados por el sistema (promedio).	2,000	24-360	24-360
Velocidad de descarga por línea de usuario (Mbps)	2.5 Gbps	12-50 (VDSL2) 100 (Ethernet)	25-60 (VDSL2) 100 (Ethernet)
Ancho de Banda para descarga disponible para cada suscriptor (Mbps)	40 - 2300	12- 50 (VDSL2) 100 (Ethernet)	25 - 60 (VDSL2) 100 (Ethernet)
Velocidad de subida por línea de usuario (Mbps)	1500	3 (VDSL2) 100 (Ethernet)	35 (VDSL) 100 (Ethernet)
Ancho de Banda para subida disponible para cada suscriptor (Mbps)	35 - 1150	3-50	3 – 50

Telefónica del Perú cuenta infraestructuras de redes diferentes según los servicios comercializados por sus negocios. La red de cobre, para el servicio de Telefonía fija, Internet y Datos de baja velocidad, la Red Híbrida de Fibra y Coaxial (*Hybrid Fiber and Coaxial, HFC*) para el servicio de Televisión por Cable y la red de Fibra Óptica, para servicios de Datos de alta velocidad. De acuerdo a las precisiones del Alcance Preliminar del Proyecto, la implementación del proyecto deberá considerar el aprovechamiento de la infraestructura de la red de acceso con cables de cobre existente.

A continuación se muestra las marcadas diferencias entre las redes de acceso y su posibilidad de reutilizar facilidades estas facilidades (Ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2 – Reutilización de facilidades de las Topologías

Topología	Ventaja	Desventaja
PON	Maximiza la eficiencia de la extensión de la red. Permite la asignación dinámica de anchos de banda a las facilidades distribuidas.	Requiere el reemplazo de nuevas facilidades de distribución, incluyendo fibra, splitters y taps de fibra.
FTTC	Minimiza la necesidad de facilidades de alimentación. Utiliza las facilidades de distribución existentes.	Menor ancho de banda que las soluciones de FTTH.
FTTB	Minimiza la necesidad de facilidades de alimentación. Puede utilizar las facilidades de distribución existentes.	Dedica una facilidad alimentadora a cada suscriptor.

- **Infraestructura de Red**

La Red de Cobre es flexible y está basada en cuatro etapas: Repartidor Principal, Red Primaria, Red Secundaria y Red de Abonado (Ver Figs. 3.2 y 3.3).

Repartidor Principal (Main Distribution Frame, MDF): Es la interface entre el subsistema de Planta Interna y la Planta Externa. Los abonados están unidos a la central de conmutación por medio de un par telefónico de la red urbana de cables que terminan en el vertical del *MDF* y de aquí por medio de un multiplaje está conectado al horizontal del *MDF* el cual a su vez se conecta a la Central de Conmutación el caso de Telefonía o al *DSLAM* en el caso de Internet.

Red Primaria: Está constituida por los cables alimentadores que tienen un gran número de pares telefónicos y conectan el *MDF* de la central con los armarios o puntos de sub-repartición o Armarios donde se realiza la conexión física de un par de hilos del cable alimentador con un par de hilos de un cable distribuidor.

Red de Distribución: Son cables de mediano o pequeño número de pares telefónicos que sirven para conectar un armario con los puntos de distribución secundarios o cajas terminales.

Red de Abonado: Las cajas terminales son el último punto de la red local de cables y desde aquí se distribuyen las líneas de acometidas a los abonados.

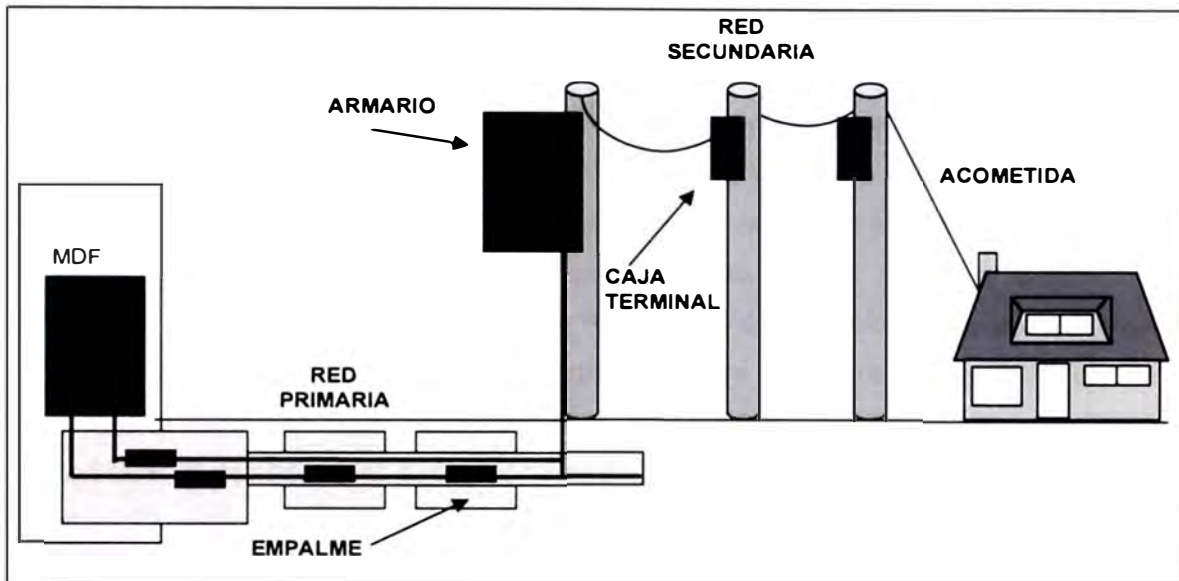


Fig. 3.2 - Elementos de la infraestructura de la Red de Cobre

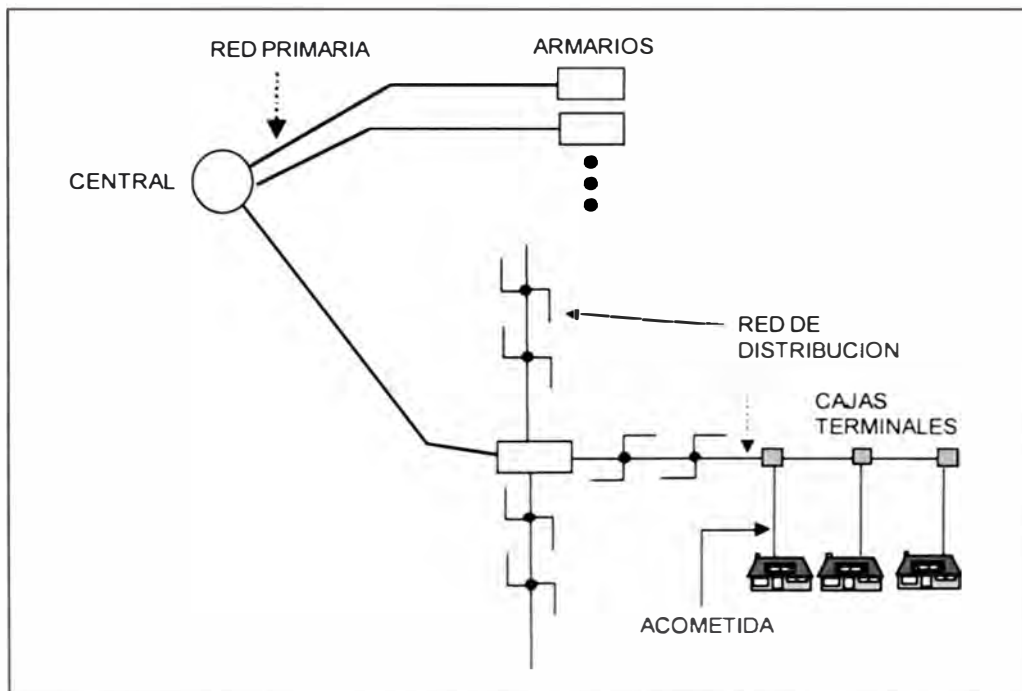


Fig. 3.3 - Etapas de la Infraestructura de la Red de Cobre

Aún cuando la Red de Cobre no tiene las características idóneas para soportar las capacidades de los servicios especificados en nuestro proyecto, pero dada la alta penetración de la misma en el distrito escogido, a las características de su red flexible y lo

avanzado respecto a las tecnologías de acceso que sobre ella se soportan haremos uso de la misma (en realidad solo de parte de ella) para desarrollar el modelo de red.

- Tecnologías de Acceso

Existen diferentes tecnologías acceso que permiten el acceso de banda ancha para los servicios como Internet reutilizando los cables de cobre que están desplegados alrededor de las ciudades. Para el presente estudio es relevante estudiar los accesos con tecnología *xDSL* que son los que han predominado debido al costo beneficio que suponen frente a otras tecnologías como la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

La tecnología *xDSL* permite convertir las líneas de cobre de los suscriptores en líneas de alta capacidad de transmisión. Los pares telefónicos están tendidos desde la central hasta el domicilio del suscriptor siendo la distancia máxima de 5 Kilómetros. La familiar *xDSL* está dividida en dos grupos: Accesos Simétricos y Accesos Asimétricos.

En el primer grupo la velocidad de transmisión en sentido descendente (de la central al suscriptor) es la misma que la ascendente (del suscriptor a la central) mientras que en el segundo grupo la velocidad en sentido descendente es mayor a la ascendente.

En la familia *DSL* encontramos diferentes tipos de accesos al suscriptor utilizando la infraestructura de las redes de pares telefónicos. A continuación nombramos las más importantes: *ADSL*, *ADSL2*, *ADSL2+*, *HDSL*, *SHDSL*, *VDSL*, *VDSL2+*

Como el objeto de este estudio no es adentrarnos en los detalles de cada tecnología, a continuación nos referiremos a un resumen de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que sintetiza de forma compacta las diferentes capacidades ofrecidas y las distancias alcanzables mediante las estas tecnologías (Ver Tabla 3.3).

Los valores expresados en las tablas fueron obtenidos en forma estimada a partir de los indicados por los diferentes fabricantes, y de las gráficas de alcance vs. Longitud de bucle de los mismos. Los rangos de distancias considerados son los que se comprenden entre los puntos donde se da un cambio importante en la performance de los enlaces, desde luego que éste cambio es gradual, no abrupto pero se debe considerar algún punto de inflexión, y éstos aquí indicados parecen ser el común denominador de los indicados por varios de los fabricantes.

Tabla 3.3 - Capacidades de las Tecnologías xDSL

Tecnología	Dist. < 300 mts		300 < Dist. < 2.5 Km		2.5 < Dist. < 5 Km		Dist >5 Km
	BWD	BWA	BWD	BWA	BWD	BWA	BWD
ADSL G.Lite	1.5 Mbps	512 Kbps	1.5 Mbps	512 Kbps	-	-	-
ADSL G.dmt	8 Mbps	1 Mbps	8 Mbps	1 Mbps	4 Mbps	1 Mbps	-
ADSL2	12 Mbps	1 Mbps	10 Mbps	1 Mbps	4 Mbps	1 Mbps	-
RE-ADSL	192 Kbps	96 Kbps	192 Kbps	96 Kbps	192 Kbps	96 Kbps	192 Kbps
ADSL2+	24 Mbps	1.2 Mbps	16 Mbps	1 Mbps	4 Mbps	1 Mbps	-
VDSL2+	100 Mbps	100 Mbps	20 Mbps	20 Mbps	5 Mbps	1 Mbps	-

Para distancias mayores a los 5.0km se indica como velocidad 0kbps para todas las tecnologías excepto *READSL*, esto pretende señalar que hasta esa distancia se aseguran las velocidades indicadas, y a mayores distancias no se asegura velocidad alguna. No obstante ello se tienen casos reales (excepciones a la regla) de distancias superiores a los 5.0km donde se tienen servicios *ADSL* operando con velocidades de 2 o 3Mbps, pero esto depende mucho del estado de los cables y de los posibles interferentes a los que se encuentre expuesto el servicio.

A continuación se muestra una grafica con la infraestructura típica de un acceso *xDSL* para un domicilio (Ver Fig. 3.3).

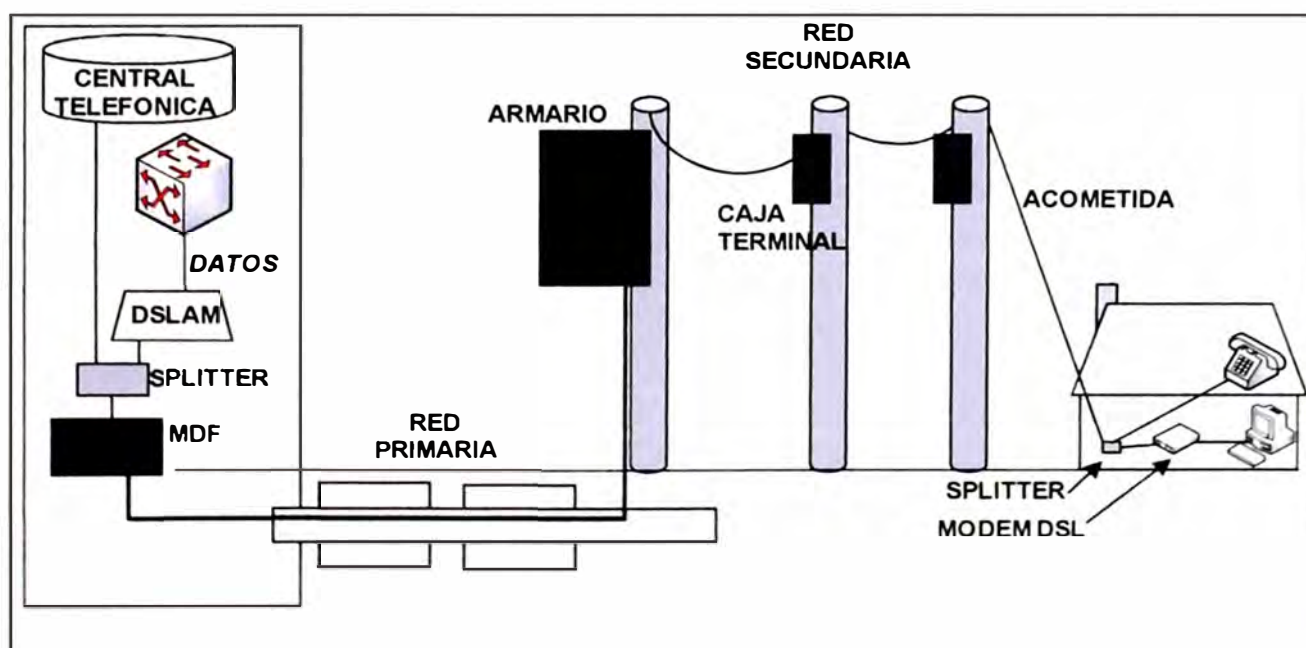


Fig. 3.3 - Infraestructura del un acceso xDSL

Para nuestra red escogeremos *VDSL2* que proporciona las mayores prestaciones de ancho de banda y fueron concebidos con la idea de *Triple Play*. Estas tecnología permiten sobrepasar los 20 Mbps de descarga y 5 Mbps de subida sin muchos inconvenientes y son tecnologías relativamente económicas respecto al resto, cumpliendo con todos los requisitos que se estipulan el capítulo anterior.

- **Acceso Multiservicio**

A un acceso de banda ancha que proporciona la capacidad de entregar múltiples servicios en un solo medio físico es un acceso multiservicio. Si los servicios agrupados son Telefonía, Internet y Televisión se le conoce como *Triple Play*. Para lograr la integración de estos servicios existen diferentes modelos, sin embargo todos ellos tienen en común que consideran accesos digitales a los suscriptores, y la entrega de los servicios se realiza en forma digital similar a una conexión de internet que emplea el protocolo IP.

Como los servicios se transmiten utilizando el protocolo IP, estos pueden ser entregados utilizando una gran variedad de redes incluyendo dos escenarios principales: Las Redes Administradas Extremo – Extremo (gestionadas por un operador) o utilizando Internet abierto. El presente estudio se sitúa dentro de una empresa operadora por lo que el escenario es el primero.

En una red *Triple Play* el servicio que fija las necesidades en cuanto a la tecnología a utilizar y a la capacidad que debe proporcionar el acceso es la Televisión⁶. La pre-ponderación de las necesidades de este servicio será notoria en los diferentes capítulos del proyecto. En la siguiente figura se representa la infraestructura típica de una red Multiservicio (Ver Fig. 3.4).

⁶ Un canal de Televisión digital requiere una capacidad de 3Mbps en Definición Estándar y 8Mbps en Alta Definición.

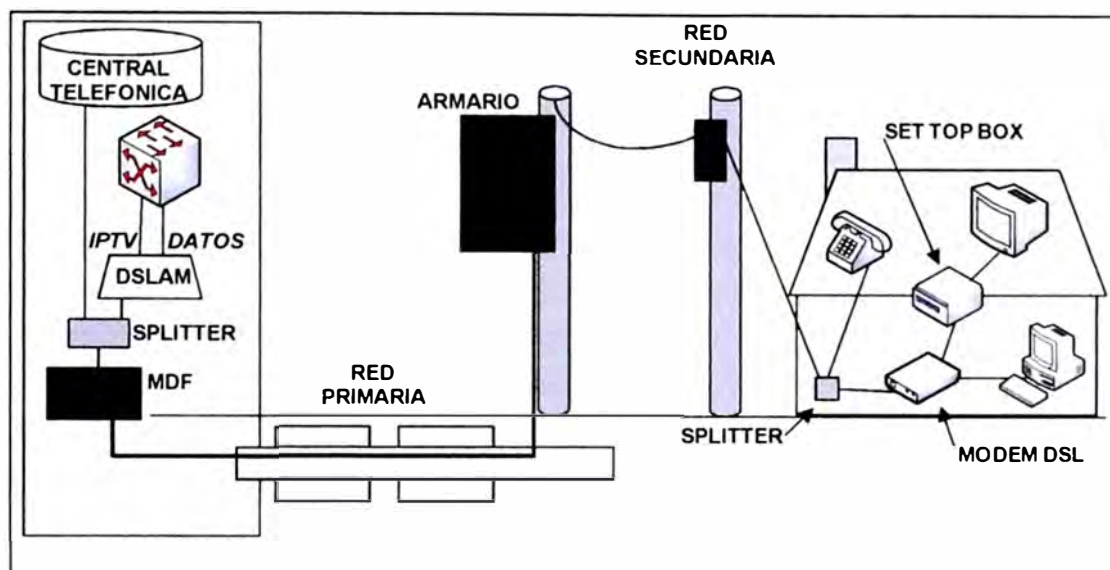


Fig. 3.4 - Infraestructura de una red Multiservicio

Existen muchas definiciones para *IPTV*, para el presente trabajo se escogió la indicada por el *IPTV Forum* que establece que se trata del servicio de televisión que se entrega usando el protocolo IP.

La evolución del servicio tiene muchas ventajas y un mayor potencial sobre la transmisión tradicional de televisión, sin embargo para que el mismo pueda desarrollarse de una manera completa es necesario contar redes de altas capacidades. Podemos diferenciar dos tipos de canales: los de definición estándar *SDTV* y los de alta definición *HDTV*. Para un canal del primer tipo es necesario tener una conexión de 3 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps. Si se tiene varios canales distintos (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) se necesita más ancho de banda. Estamos hablando de 9 Mbps para tres canales de *SDTV* o 14 Mbps para un canal *HD* y dos *SD*, en todo caso se utilice la tecnología *Mpeg4* para la compresión/codificación del vídeo.

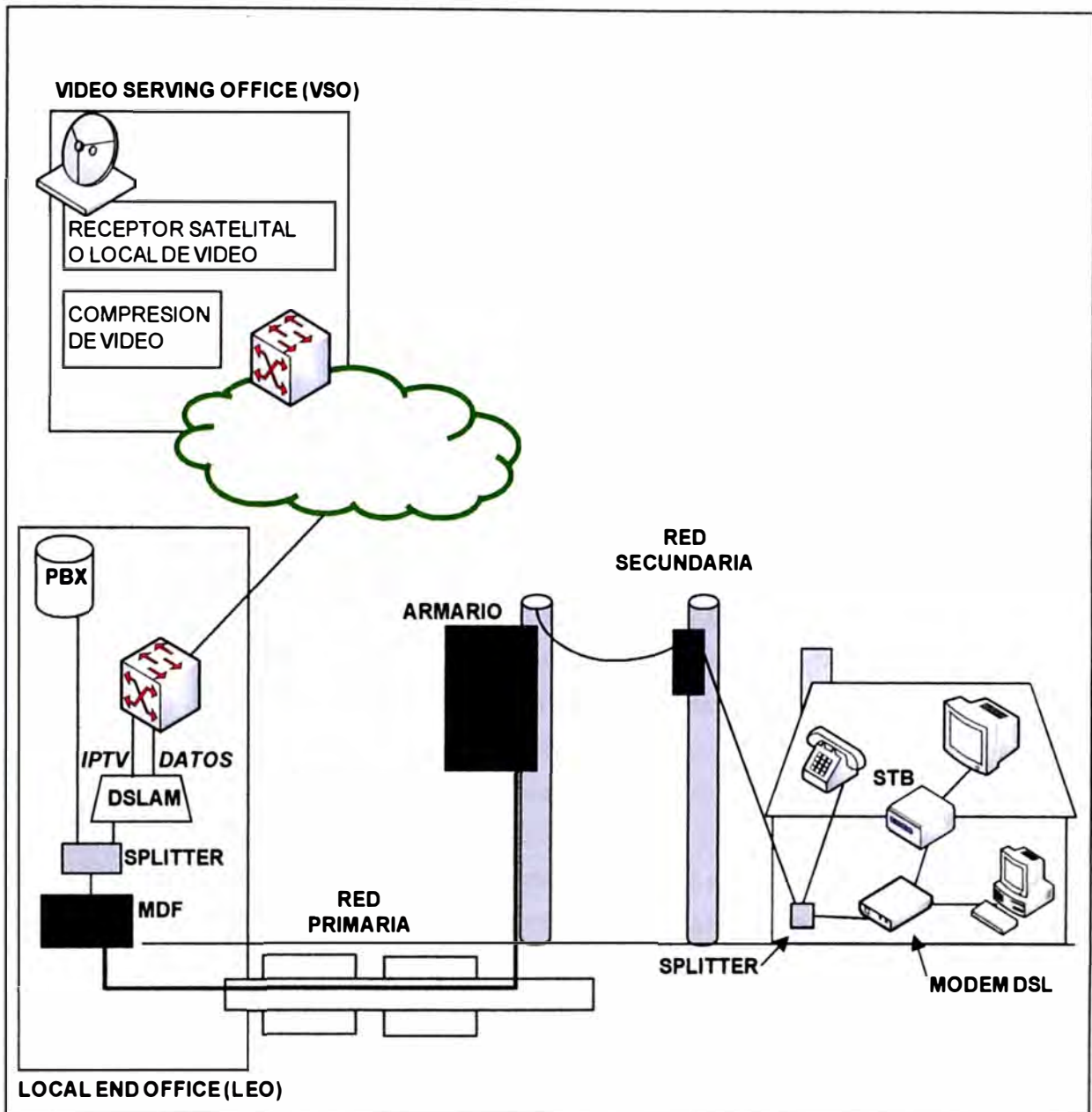


Fig. 3.5 Infraestructura de una red para servicio IPTV

Para superar el inconveniente de la limitación del Ancho de Banda, de las conexiones convencionales, a diferencia de la Televisión convencional, en IPTV el proveedor no emite sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán solo cuando el cliente los solicite. Esto permite el desarrollo de *Pay Per View*, Pago por evento o el Video bajo demanda (*Video On Demand, VoD*).

En el lado usuario se dispone de un aparato receptor conectado a la PC o a la Televisión y a través de una guía se seleccionan los contenidos que desean ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee.

En la figura 3.5 se muestra una red típica de IPTV. En la misma se separan tres locaciones físicas: La Oficina de Servicio de Video (VSO), la Oficina de Terminación Local (LEO) y la residencia del suscriptor. El VSO es responsable de reunir el video de diferentes fuentes y convertirlas en Señales de Video IP (IP Video Streams). El LEO es responsable de combinar las señales de video, data y voz en una forma que pueda ser transmitida a través de la red hacia las residencias. En el ejemplo, se utiliza un acceso con tecnología DSL, por lo que es de suponer que el LEO contiene el DSLAM para dar formato a las señales. En la residencia, las señales de entrada se dividen y se reconstruyen independientemente para el servicio telefónico, datos de alta velocidad y televisión, este último alimenta a un televisor a través de un Set Top Box (STB).

3.2 Modelo de Red

- Topología de Red

El sector residencial es masivo en el distrito de San Isidro, encontrando a los clientes ordenados en dos estructuras básicas: Horizontal (casas) y Vertical (edificios). Se ha precisado que para el despliegue de red se aprovechará la infraestructura de red de cobre existente, sin embargo debemos tener muy en cuenta las limitaciones actuales de las infraestructuras de red existentes que deseamos reutilizar.

Para todas las tecnologías xDSL que utilizan la infraestructura de las redes de cobre revisadas, inclusive VDSL2 y los perfiles disponibles, se tiene la dificultad que las capacidades que pueden ofrecer están limitadas en gran medida por la longitud total bucle. La Topología de Red requiere de un acceso que posibilite una capacidad no menor de 20 Mbps. Para ello de acuerdo a los gráficos mostrados debemos asegurar que la distancia entre el abonado y la central no exceda de 1.5 Km. Veremos a continuación la manera de adecuar nuestra red de tal forma que se cumpla esta condición.

Sabemos que el bucle de abonado para una red de cobre está conformado por la Red Primaria y la Red Secundaria.

$$(3.1) \text{ Longitud bucle} = \text{Longitud Par Primario} + \text{Longitud Par Secundario} + \text{Longitud Acometida} + \text{Long. MDF}$$

$$(3.2) \quad L = LPP + LPS + LA$$

$$(3.3) \quad \text{Long. MDF} = 0$$

Al reemplazar el tramo de Par Primario de Cobre por un acceso óptico.

(3.4) $L = \text{Longitud F.O Alimentador} + L_{pa}$

Donde $L_{pa} = \text{Longitud Par Secundario} + \text{Longitud Acometida}$

Nuestro modelo entonces constará de lo siguiente:

- Red Primaria: Acceso óptico desde la central hasta el punto de distribución.
- Red Secundaria y Acometidas: Se reutilizará la red secundaria y los armarios existentes de la red de cobre. Se reutilizarán las acometidas.

Veremos a continuación el equipamiento en la planta externa que permita la conversión óptico eléctrica de tal forma que sirva de interface entre la red Primaria y Secundaria.

Se consideró que el acceso a los clientes sería con la tecnología *VDSL2*. El equipo de central que facilita este tipo de accesos es un *DSLAM VDSL2*.

Para nuestro modelo el *DSLAM VDSL2* tendrá preliminarmente, las siguientes características:

- Se ubicará en la planta externa⁷
- Deberá tener una interfaz óptica hacia la central.

Dado que el *DSLAM* se ubicará en la planta externa en adelante se le denominará *DSLAM de Exterior* o *DSLAM Outdoor*. Los pares *VDSL2* del *DSLAM Outdoor*, luego se reflejarán a través de un pasante de cobre, con el armario existente y de ahí hacia la red de distribución. De esta forma el acceso al cliente será finalmente una combinación óptica-eléctrica. La topología se llama *FTTC* basado en *VDSL2* (Ver Fig. 3.6 y 3.7).

⁷ La ubicación exacta del *DSLAM de exterior (DSLAM Outdoor)* se define en general en el Capítulo I Diseño del Proyecto, Apartado de Red de Acceso.

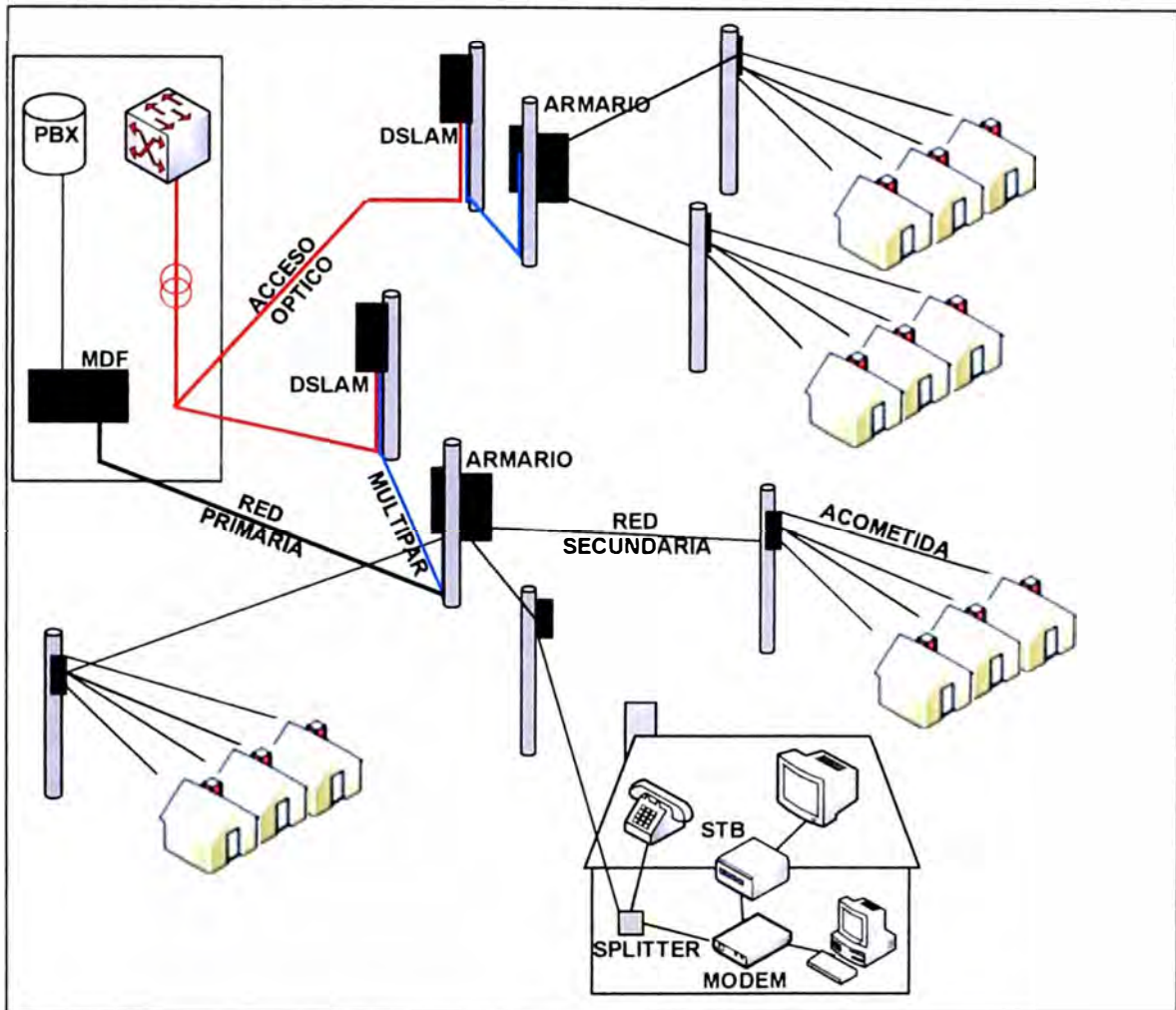


Fig. 3.6 - Topología de Red Propuesta

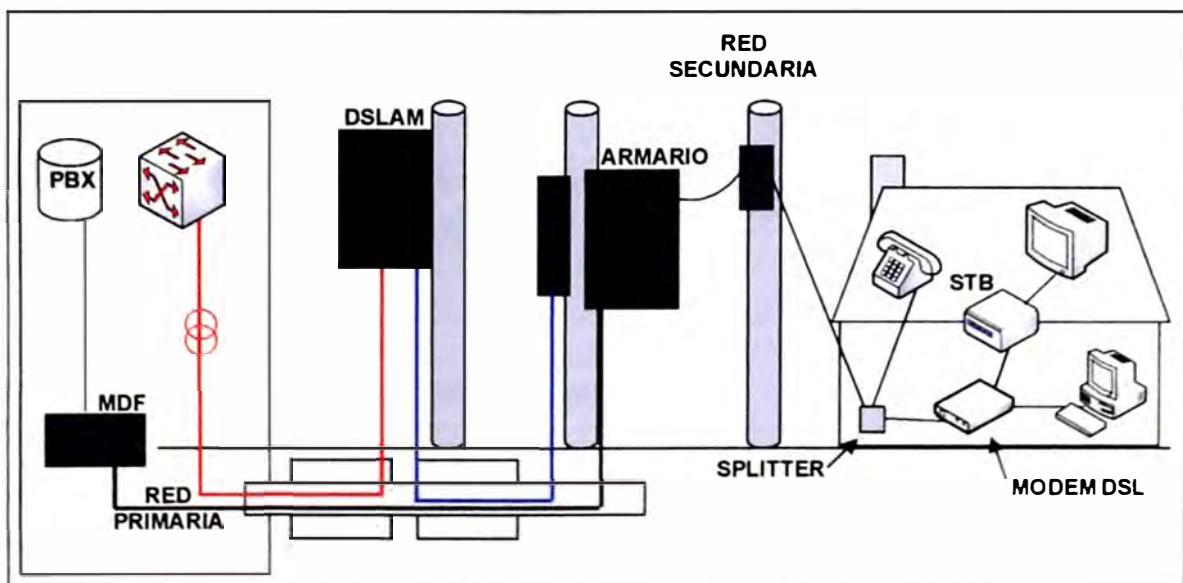


Fig. 3.7 - Topología de Red Propuesta

3.3 Calidad de Red

A continuación se estudia los parámetros que determinarán la calidad del proyecto, los mismos están asociados a los procesos para la implementación del proyecto y a los parámetros que impactarán en la percepción de los suscriptores sobre las funcionalidades de los servicios frente a sus necesidades.

En el modelo de red para el sector residencial hemos considerado una infraestructura mixta de Fibra Óptica hasta el Gabinete (donde se ubicará el *DSLAM Outdoor*) y accesos de última milla de pares telefónicos con tecnología *VDSL2* hacia los clientes. Los servicios a proporcionar son Telefonía, Internet y Televisión.

Las redes *xDSL* de telefonía e Internet, con amplio despliegue, se basan en estándares, normas y experiencias cuyo conocimiento esta igualmente ampliamente difundido. Es por ello que su construcción en la práctica es un proceso metódico y guiado por las buenas prácticas. A continuación de mencionan los más importantes.

Redes de Telecomunicaciones en interior de edificios

Norma Técnica Código N-101-1000 – Telefónica del Perú

Selección de Pares para Servicios *xDSL*

Norma Técnica Código N-102-3011 – Telefónica del Perú

Simbología y Nomenclatura de Planta Externa

Norma Técnica Código N-101-1001– Telefónica del Perú

Seguridad en la Construcción de Planta Externa

Norma Técnica Código N-103-1001– Telefónica del Perú

Ejecución de Pruebas Eléctricas de y de Transmisión

Norma Técnica N-102-3006– Telefónica del Perú

Diseño de Redes de Distribución

Norma Técnica N-101-3002 – Telefónica del Perú

Construcción de Canalizaciones y Cámaras

Norma Técnica N-102-2001– Telefónica del Perú

Instalación y Retiro de Cable Lateral

Norma Técnica N-102-1001– Telefónica del Perú

Instalación y Conexión de Armarios de Distribución

Norma Técnica: N-102-3004 – Telefónica del Perú

Código Nacional de Electricidad

Reglamento Nacional de Construcciones

Sin embargo, una red multiservicio que incorpora la reunión de estos servicios y adicionalmente *IPTV* es más compleja. El proveer servicios de *IPTV* usando soluciones *xDSL* introduce nuevas consideraciones, que sin duda requiere un análisis más detenido principalmente relacionado al *DSLAM* y como este soportará la entrega del tráfico de banda ancha de televisión. Aún cuando el Protocolo de Red utilizado (*Internet Group Management Protocol, IGMP*⁸) para el despliegue es conocido, la implementación y uso del mismo en una red de banda ancha no está sujeta por buenas prácticas y por ende no existe una única manera para la implementación.

Las siguientes son consideraciones que determinan la calidad en cuanto a las funcionalidades del proyecto, estas están asociados a los siguientes factores, que se estudiarán con detenimiento:

1. Perfiles y Planes de Frecuencia de la Tecnología *VDSL2*, que determinarán las capacidades a proporcionar por los accesos y la distancia a las cuales se podrá garantizar su funcionamiento.

2. Arquitectura del Servicio *IPTV*, que determinará las funcionalidades de este servicio.

VDSL2 es el estándar más reciente y avanzado de UIT cuya especificación es la ITU-T G.993.2 *VDSL2*. Aún cuando la tecnología se encuentre normada el estándar, todavía considerado complejo, supone numerosos perfiles (perfiles) y planes de frecuencias (bandplans) que detallan desde las especificaciones geográficas hasta la variación de alcances y anchos de banda. La elección de estos perfiles responde a las características particulares del entorno de implementación del proyecto y los

⁸ La última versión disponible de este protocolo es la *IGMPv3* descrita en el [RFC 3376].

requerimientos del mismo. Para el presente trabajo se debe buscar el perfil y plan de frecuencia más óptimo para el modelo de red desarrollado.

- Planes de Frecuencia *VDSL2*

La configuración de perfiles y los planes de bandas se diseñaron para satisfacer los requerimientos de los operadores. La frecuencia de operación tiene opciones de configuración a 8.5 MHz, 12 MHz y 17.7 MHz y 30 MHz. Adicionalmente *VDSL2* también define un plan de frecuencia asimétrico (Plan 998) y simétricos (Plan 997) para la transmisión de las señales ascendentes y descendentes (Ver Fig. 3.8).

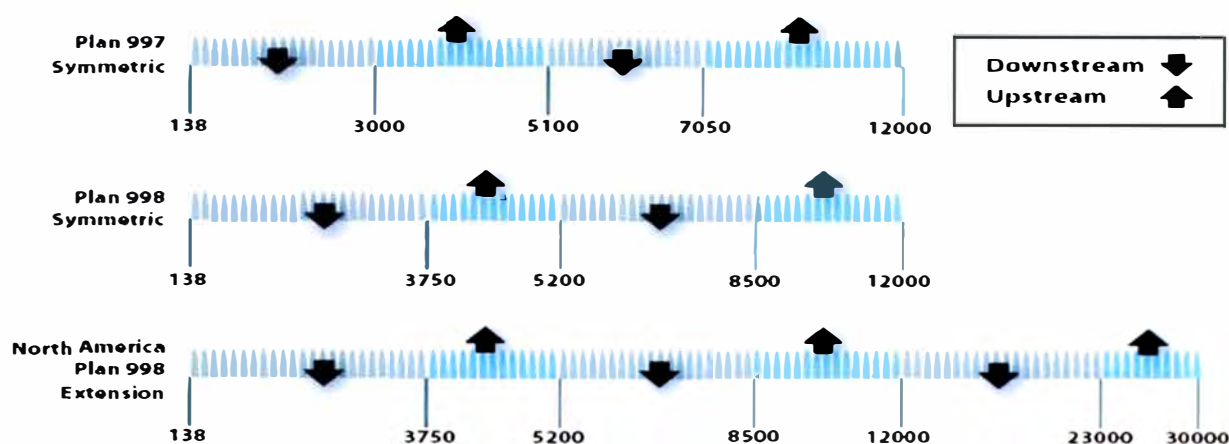


Fig. 3.8 - Planes de Frecuencia *VDSL2*

- Perfiles *VDSL2*

Para simplificar la tarea de configuración de los equipos de red, el estándar *VDSL2* define perfiles a medida de los diferentes despliegues tales como Oficina Central, *DSLAM* remotos y proveedores de bucles digitales. Existen ocho perfiles que definen las opciones de potencia desde 11.5 dBm hasta 20.5 dBm, anchos de banda hasta 30 Mhz y un mínimo de transferencia de datos para cada perfil (Ver Tabla 3.4).

Tabla 3.4 - Perfiles de *VDSL2*

Parámetro	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Ancho de Banda Mhz	8.5	8.5	8.5	8.5	12	12	17.7	30
Tonos D/S	1.971	1.971	1.971	1.971	2.770	2.770	4.095	2.098
Espaciamiento Khz	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	4.312	8.625
Potencia de Transmisión dBm	17.5	20.5	11.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
Velocidad de Línea	50	50	50	50	68	68	100	200

Como ejemplo de una experiencia, en los foros de internet se documenta acerca del despliegue de VDSL2 para el servicio de IPTV de la operadora alemana Deutsche Telekom.

En su caso el despliegue consiste en una arquitectura de DSLAM remotos para el soporte de tasas de hasta 50 Mbps de descenso y 10 Mbps de ascenso. El perfil escogido para este despliegue es el 17a y 8b que son los que mejor se adecuan para su planta de cobre y tipo de arquitectura. Las graficas de tasas y alcances en las Fig. 3.9, 3.10 y 3.11 muestran los performances esperados de descenso y ascenso para VDSL2 usando la configuración de perfiles 30a, 17b y 8b.

La primera gráfica muestra la configuración 30a, donde se alcanzan tasas de hasta 100 Mbps en cortas distancias. Debido a que estas tasas se reducen rápidamente, esta configuración es ideal para la implementación de aplicaciones con *MDUs* y *FTTH*. La siguiente gráfica muestra el performance esperado para la configuración 17a que es ideal para aplicaciones de *FTTC* (Fibra hasta la manzana) y *FTTC* (fibra hasta el gabinete). La ultima gráfica muestra las tasas para el perfil 8b, que es ideal para largos alcances tales como *DSLAM* remotos o fibra hasta *FTTC*.

Para el escenario del proyecto, que supone una arquitectura de *DSLAM* remotos, se escoge las configuraciones de perfiles 17a y 8b.

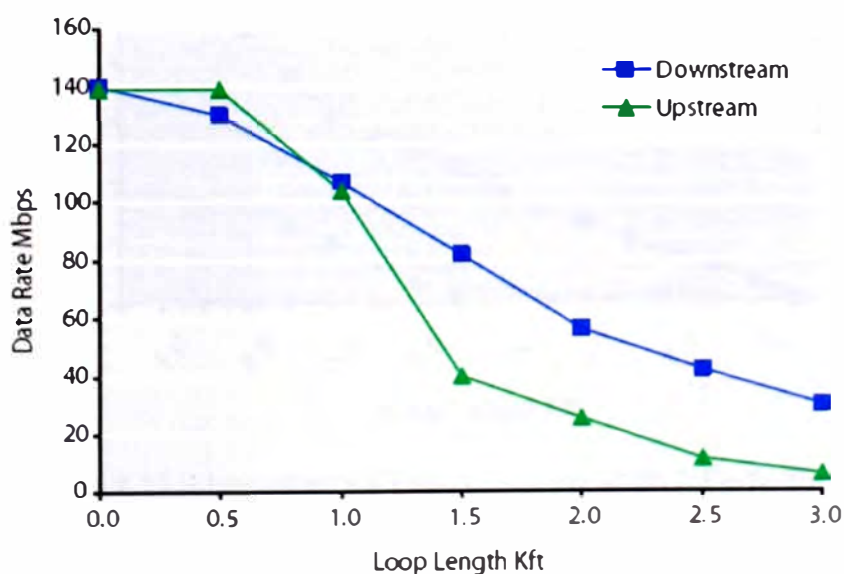


Fig. 3.9 – Longitud VS Frecuencia en VDSL2 Perfil 30A

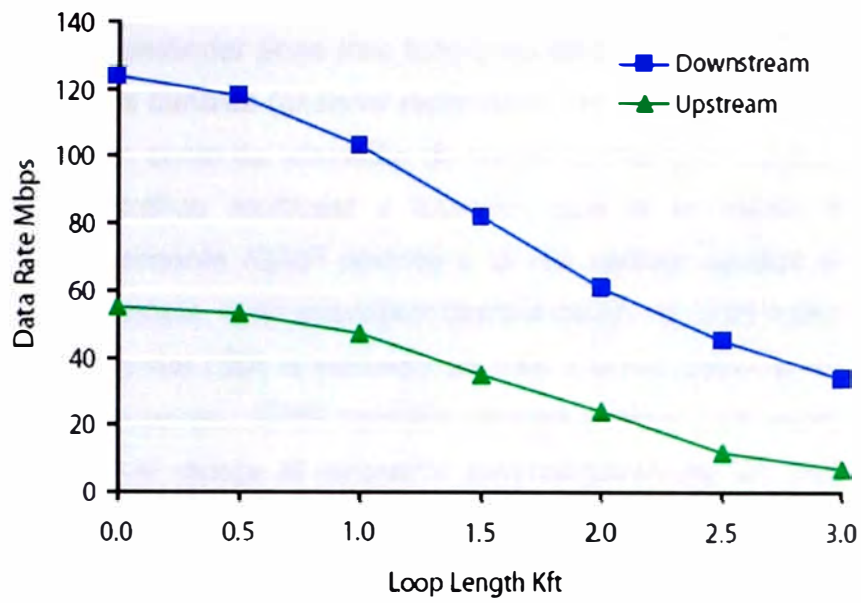


Fig. 3.10 – Longitud VS Frecuencia en VDSL2 Perfil 17A

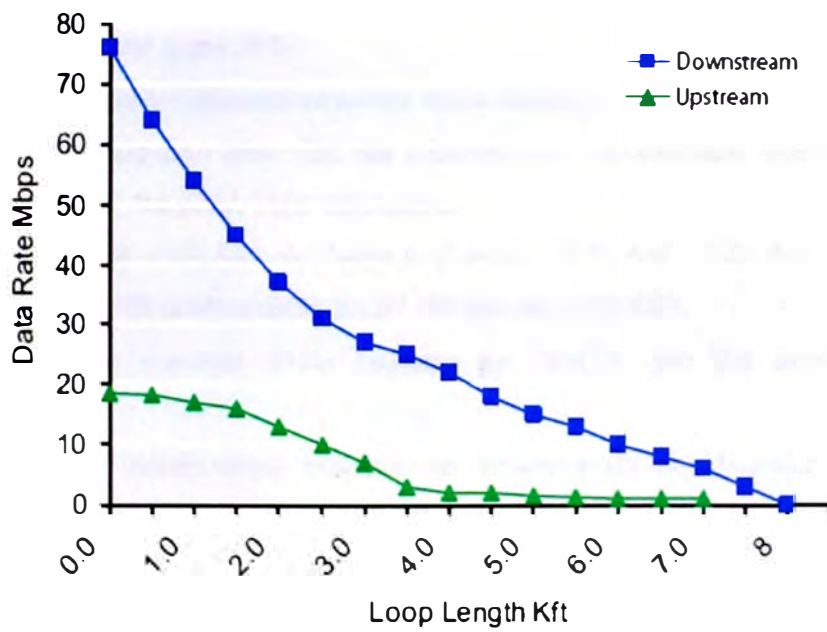


Fig. 3.11 – Longitud VS Frecuencia en VDSL2 Perfil 8B

- Arquitectura del Servicio *IPTV*

El protocolo más importante para el funcionamiento del servicio *IPTV* es el estándar *IGMP*. Este estándar tiene tres funciones en las redes *IPTV*. La más conocida es la replicación de los canales (*channel replication*), en donde cada *DSLAM* empieza (o finaliza) el envío de un canal de televisión de banda ancha a un suscriptor. No todos los *DSLAM* replican el tráfico *multicast* y aquellos que si lo hacen tienen diferentes capacidades. Adicionalmente *IGMP* permite a la red realizar ajustes en la Calidad del Servicio (QoS). Por ejemplo, si un suscriptor cambia de un canal de Alta Definición (*HD*) a uno de Definición Estándar (*SD*) el estándar permite a la red disponer el ancho de banda liberado a otras aplicaciones. *IGMP* también permite realizar una exploración (tracking) de los usuarios lo cual otorga al operador entendimiento de las preferencias de los suscriptores y por ende la toma de decisiones informadas sobre la programación.

En los siguientes apartados se estudia con detenimiento las consideraciones y parámetros para diseñar la red con la calidad necesaria, los mismos que tienen un impacto en cuanto a la percepción final de los usuarios frente a las funcionalidades esperadas para el servicio de *IPTV*.

- Selección del *DSLAM* para *IPTV*

Existen numerosas consideraciones para seleccionar un *DSLAM*. A continuación se mencionan las principales tres. De las mismas se profundizará sobre la primera que está relacionada con el Nivel de Red de Acceso.

Tipo de *DSLAM*: *DSLAM* de Capa 2 (*Layer 2 DSLAM*), *DSLAM* consciente de IP (*IP-Aware DSLAM*) o *DSLAM* basado en IP (*IP-Based DSLAM*).

Integración del servicio *IPTV* basado en DHCP con los servicios existentes basados en PPPoE.

Complejidades adicionales cuando se implementa un dispositivo de video de borde (Edge) por separado.

- Tipos de *DSLAM*

Un *Layer 2 DSLAM* principalmente convierte el *xDSL* en Ethernet (o *ATM*) adicionando poca funcionalidad. Este tipo de *DSLAM* es esencialmente un Switch de Capa 2, con algunas mejoras. Por ejemplo, todo el tráfico de los suscriptores fluye en sentido ascendente al router de borde, evitando la comunicación directa entre suscriptores. Los *Layer 2 DSLAM* no interpretan *IGMP*, por ello no pueden seleccionar y replicar canales *IPTV*.

Un *IP-Aware DSLAM* entiende y responde al tráfico *IGMP*. Para soportar aplicaciones *IPTV* este *DSLAM* interpreta los requerimientos *IGMP* y replica los canales solicitados. En base a estas características se pueden dividir en:

- *Static IP-Aware*. Estos *DSLAM* reciben todos los canales de televisión en todo momento. No tiene la capacidad de solicitar canales específicos para que sean transmitidos al *DSLAM*.
- *Dynamic IP-Aware*. Pueden informar a la Red para comenzar (o terminar) de enviar canales individuales al *DSLAM*. Esto se logra configurando el IGMP Proxy o el IGMP Snooping en el *DSLAM*.

Un IP *DSLAM* tiene las funcionalidades del IP *Aware DSLAM* y añade inteligencia IP adicional, como ruteo IP y encolamiento basado en diferenciación de servicios (DiffServ).

- Inteligencia del *DSLAM*

Con cada categoría, existe un alto rango de posibles funcionalidades que pueden ser implementadas. Lo importante es determinar cuanta inteligencia colocar en el *DSLAM*, de acuerdo a la necesidad de las siguientes funcionalidades las cuales tendrán un impacto en la percepción final de los clientes sobre el servicio.

- Sobre si debe el *DSLAM* replicar el tráfico *IPTV*.
- Sobre si solamente los canales vistos deben ser enviados a cada *DSLAM*.
- Sobre si debe el Router de Borde tener capacidad de visualizar que está pasando por cada suscriptor para ajustar los parámetros de la red y manejar el uso de la red.

- Replicación de Canales

Aun cuando los *DSLAM* más recientes tienen esta funcionalidad, la misma no es un requerimiento absoluto ya que equipos de la red de agregación pueden realizar esta función. Sin embargo las implementaciones más comunes soportan la replicación del tráfico *IPTV* del *DSLAM* y las ventajas son las siguientes:

- Reduce el requerimiento de Ancho de Banda y los costos asociados. Replicar hacia atrás en la red significa que la misma información (canales de televisión) se envía al *DSLAM* múltiples veces. Esta funcionalidad se alinea con la premisa de Optimización del *OPEX*.

Un modelo emergente elimina la replicación del *DSLAM*, en lugar de ello proporciona estas capacidades a la Red (router de borde). Los argumentos a favor de este modelo son los siguientes.

- Las operaciones de la red se simplifican. Es más fácil gestionar pocos elementos de red centralizados que soporten Multicast de lo que es gestionar pequeños *DSLAM* distribuidos con esta funcionalidad. Esta funcionalidad se alinea con la premisa de optimización del *OPEX*.

Minimizar la inteligencia del *DSLAM* permite seleccionar aquellos de menor precio, o reutilizar los ya desplegados. Esta funcionalidad se alinea con la premisa de optimización del *CAPEX*.

Para esta última alternativa, los argumentos a su favor son los considerables ahorros en *CAPEX* y *OPEX* que supone eliminar la funcionalidad de replicar canales. Pero seleccionar esta alternativa también supone tiene un impacto directo en las siguientes funcionalidades, que claramente el suscriptor puede percibir.

La replicación de canales en el *DSLAM* permite que el *Zapping* se procese más rápido (los actuales Routers pueden soportar miles de canales por segundo).

Aún cuando para muchos *DSLAM* no hay costo adicional en recibir por duplicado los canales *IPTV* (ya que existe suficiente Ancho de Banda disponible), esto limitaría el crecimiento de la parrilla de canales y haría poco factible el servicio de Video Bajo Demanda *VoD* (para el cual muchos operadores esperan alta penetración en los próximos años).

La mayor parte de las redes *IPTV* soportan replicación en los *DSLAM*, este tipo de implementación requiere de un *IP-Aware DSLAM* o *IPDSLAM*. Solo algunos operadores despliegan *DSLAM Layer 2* para reducir los costos de la red, pero limitando la calidad del servicio. El presente proyecto adopta la necesidad de replicación de canales, aún cuando se tiene la premisa de optimizar *CAPEX* y *OPEX*, se considera que deben prevalecer las funcionalidades que otorguen la mejor experiencia a los clientes.

Una vez determinada la necesidad de replicación de canales en el *DSLAM*, otras consideraciones son necesarias tomar en cuenta. La primera es como llevar el *IPTV* al *DSLAM*. Existen dos modelos *Multicast Push* y *Multicast Pull*.

Multicast Push: En este modelo todos los canales de televisión son siempre enviados a cada *DSLAM*. *Multicast Push* es implementado notificando automáticamente a los equipos que suben la señal a los *DSLAM*. Esto se hace usando comandos estáticos de *IGMP (Static IGMP)* en los equipos de subida.

Multicast Pull: En este modelo se entrega los canales solamente cuando un suscriptor lo está visualizando. En este caso se configura *IGMP Proxy* o *IGMP Snooping* en el *DSLAM*, y se instruye a equipo de subida que envíe el canal *IPTV* al *DSLAM* solicitante.

Estas técnicas tienen introducen un balance entre el performance de ancho de banda contra requerimientos de ancho de banda.

Con *Multicast Push*, el *DSLAM* puede siempre enviar el canal deseado a los suscriptores. *Multicast Pull* requiere tiempos ligeramente mayores ya que el *DSLAM* va a

requerir analizar el requerimiento *IGMP*, determinar si está recibiendo este canal, enviar el requerimiento al router y esperar para empezar a transmitirlo.

Por otro lado, *Multicast Push* requiere mayor ancho de banda para cada *DSLAM*. Una red simple consistente de 100 canales de definición estándar (3Mbps) y 10 de alta definición (8Mbps) requeriría 380 Mbps de ancho de banda para cada *DSLAM*. En contraste con *Multicast Pull* que potencialmente requiere menor ancho de banda para cada *DSLAM*, ya que típicamente menos de la mitad de canales son visualizados simultáneamente en un *DSLAM* dado.

Cada alternativa es apropiada para ciertas situaciones. Claramente existe una diferencia que tiene un impacto en la percepción que el suscriptor tendrá sobre el servicio, sin embargo los requerimientos para cada alternativa suponen anchos de banda diferentes. *Multicast pull* puede preferirse para *DSLAM* grandes donde la mayoría de los canales son visualizados, pero menos preferible para *DSLAM* que solo soportan pocas docenas de clientes. Adicionalmente, *Multicast Pull* emula más cercanamente lo que es tráfico VoD donde cada usuario establece una sesión *IPTV* "privada".

La entrega de Video Unicast como VoD, Replay TV y Video basado en Internet se están convirtiendo en populares, por lo que se vuelve más importante minimizar la cantidad de ancho de banda consumido por el multicast. En este caso, lo recomendable es escoger un Dynamic IP-Aware *DSLAM* que soporte *IGMP Proxy* o *Snooping*. Si el ancho de banda no es una preocupación, se utiliza *IGMP Estático* para entregar todos los canales al *DSLAM*.

Para el presente proyecto utilizaremos una configuración mixta ya que ambas técnicas pueden ser desplegadas concurrentemente. Por ejemplo, los 25 canales más vistos son manejados como Push y los menos populares son enviados solo cuando son solicitados (Pull).

Cuando escogemos *Multicast Pull* se implementa *IGMP Proxy* o *IGMP Snooping*. Hasta este punto hemos revisado lo relevante a la replicación de canales, otras consideraciones son el ajuste de la calidad del servicio *QoS* y *Tracking* de los suscriptores.

- Monitoreo de Red

Existen dos alternativas para implementar el sistema de monitoreo de la red:

Inteligencia centralizada: Los ajustes de los parámetros de *QoS* y el *Tracking* de los suscriptores son realizados por los Routers de la red. Cuando se utiliza un modelo centralizado, se requiere *IP-Aware DSLAM* con *IGMP Snooping* para corresponder a todos los requerimientos de *IGMP*.

Inteligencia Distribuida: El *DSLAM* realiza las funciones de *QoS* y *tracking*. Si se selecciona el modelo distribuido, entonces un *IP-DSLAM* realiza estas funciones. En general un *IP DSLAM* soporta *IGMP Proxy* (para *Multicast Pull*).

Para el presente proyecto se determina la alternativa de Inteligencia Centralizada ya que permite al Router manejar el trafico Unicast.

Por tanto se requiere *Dynamic IP-Aware DSLAM* que soporte *Multicast Pull* con *IGMP Snooping*.

A continuación se representa el flujo para la decisión, con el camino escogido para el proyecto. Por supuesto requerimientos específicos diferentes llevarían a otro diseño de red (Ver. Fig. 3.12)

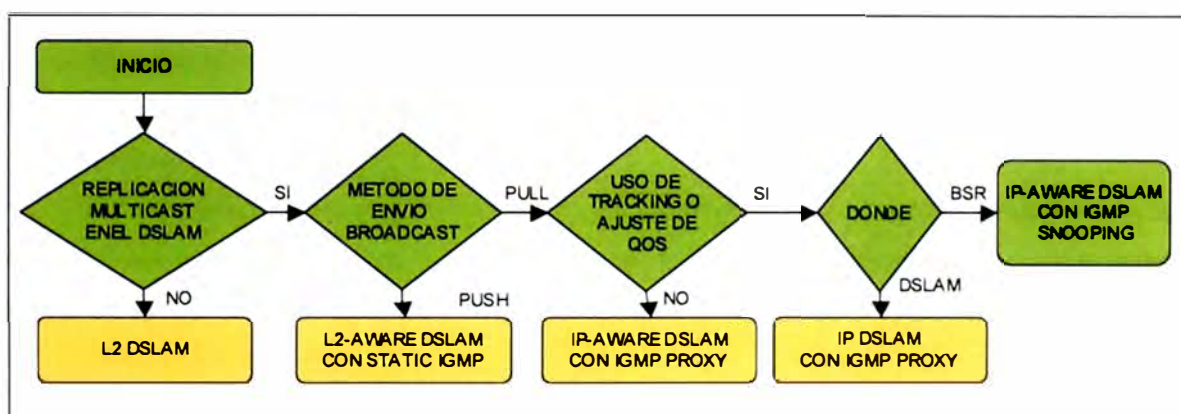


Fig. 3.12 Flujo de Selección de *DSLAM* para *IPTV*

3.4 Dimensionamiento de la Red

El primer paso en el dimensionamiento del proyecto consiste en delimitar el área demográfica cubierta por el mismo. Los límites del Municipio de San Isidro difieren levemente de la cobertura técnica de la Oficina Central de San Isidro (Ver *Anexo E*).

En la figura se encuentra en color amarillo delimitado el Municipio de San Isidro y sombreado en color azul el área de cobertura o influencia de la Oficina Central de San Isidro.

Para el alcance del proyecto se ve por conveniente definir la cobertura del proyecto coincidente con la de la Oficina Central San Isidro (OC San Isidro). Ello debido a los siguientes motivos:

En la Planificación de la Planta Externa, la cobertura de una Oficina Central (OC) o su área de influencia se determina por asuntos estrictamente técnicos (longitud del bucle, dificultad de construcción de infraestructuras para el cruce de avenidas, etc.) por lo que generalmente no coincide con el área geográfica del Distrito.

La cobertura de la Oficina Central San Isidro corresponde alrededor del 70% del distrito de San Isidro. Adicionalmente cubre ciertas zonas del distrito de Miraflores. Incorporar zonas atendidas por otras Unidades Remotas (URAS) u Oficinas Centrales involucra considerar en el proyecto componentes adicionales a las redes de acceso como infraestructuras de redes de transporte, cuyo tratamiento no se encuentra en el alcance de este proyecto.

- Características del Distrito de San Isidro

Extensión: 9,78 km² (divididos en 28 urbanizaciones y 806 manzanas)

Densidad: 5,652 Habitantes / Km² (6,646)

Población: 65 mil habitantes.

Unidades Prediales:

Residencial: 20,880

Comercial: 5,088

Diplomáticos y Organismos Internacionales.: 88

Instituciones Públicas: 132

Considerando una misma densidad de habitantes por kilómetro cuadrado, y la extensión del área cubierta por la Oficina Central de San Isidro, obtenemos los siguientes valores para el proyecto:

Extensión: 9,50 km²

Población: 63 mil habitantes.

Residencial: 20,282

La Red Primaria de la Oficina Central San Isidro alimenta a 52 armarios. Preliminarmente para el dimensionamiento se considerará la necesidad de instalar 52 *DSLAM* de exterior (*DSLAM Outdoor*), cada uno con acceso óptico hacia la Oficina Central de San Isidro.

El dimensionamiento de una *Triple Play* es sumamente crítico debido al uso intensivo de recursos asociado y predominante en gran medida por el servicio *IPTV* y a la dificultad de predecir el comportamiento de sus usuarios. En general lo que se realiza es asumir cierta concurrencia de usuarios para cada servicio y adicionalmente se mantiene cierta reserva de recursos en la red para poder absorber los picos de la fluctuación de la demanda.

- Dimensionamiento del *DSLAM Outdoor*

El dimensionamiento de los *DSLAM* está muy relacionado con la capacidad del Armario al cual estará asociado. Estos armarios tienen capacidades muy distintas de acuerdo a la demanda existente y potencial en cada sector. Para el caso de los *DSLAM Outdoor* se

construirá patrones, al cual se llamará Nodo, de acuerdo a las siguientes consideraciones.

Cantidad de Suscriptores: Este análisis es relativamente simple puesto que el mismo que se puede hacer corresponder al dimensionamiento existente de los Armarios. Para el proyecto se considera que la distribución geográfica de la demanda del servicio en el mercado residencial es uniforme.

El nodo Tipo I se utilizará para los Armarios asociados con una capacidad de entre 300 y 500 abonados. En total son 20 Armarios.

El nodo Tipo II se utilizará para los Armarios asociados con una capacidad de entre 500 y 800 abonados. En total son 17 Armarios.

El nodo Tipo III se utilizará para los Armarios asociados con una capacidad de entre 800 y 1000 abonados. En total son 15 Armarios.

De acuerdo a nuestros parámetros de diseño para el servicio "Triple Play" se ha considerado una penetración inicial del 30%.

El nodo Tipo I tendrá una capacidad de 150 abonados.

El nodo Tipo II tendrá una capacidad de 240 abonados.

El nodo Tipo III tendrá una capacidad de 300 abonados.

Ancho de Banda: Para el dimensionamiento del ancho de banda nuevamente el servicio *IPTV* es predominante y se debe tener en cuenta los siguientes factores.

Características de los Canales de *IPTV*: Las características de los canales, si transmiten señales en vivo, por satélite, locales (por ejemplo los canales de *DTV* terrestre), de eventos pagos (*PPV*) y de *TV* de alta definición (*HDTV*) son importantes, sin embargo para efectos del dimensionamiento de la red de acceso lo relevante es referente al tipo de definición de la señal de los canales. Aun cuando las redes de acceso a los clientes se han preparado para el servicio *IPTV* con canales de alta definición *HDTV*, se asumirá en materia del dimensionamiento una parrilla de 50 canales *SD* y 50 canales *HD*.

Concurrencia de canales de *IPTV*: Se debe tener en cuenta cuantos canales están siendo visualizados en simultáneo. Si los *DSLAM Outdoor* no tuviesen habilitada la funcionalidad de Multicast, entonces las tramas de video tendrán que enviarse de manera única desde la central a cada suscriptor. Esto significará requerir de una conexión de gran nacho de banda entre la central y el *DSLAM* con la capacidad suficiente para manejar todos los suscriptores simultáneamente. Solamente considerando el servicio de *IPTV*, las conexiones para cada tipo de *DSLAM* requerirán la siguiente capacidad:

El nodo Tipo I capacidad mínima de 825 Mbps de ancho de banda.

El nodo Tipo II capacidad mínima de 1,320 Mbps de ancho de banda.

El nodo Tipo III capacidad mínima de 1,650 Mbps de ancho de banda.

Cuando el *DSLAM* tiene la funcionalidad de Multicast habilitada, la conexión entre la central y el *DSLAM Outdoor* se simplifica, con solo una copia de cada canal requerido en ese determinado momento. Esta funcionalidad incrementa la complejidad del *DSLAM*, pero reduce significativamente el ancho de banda necesario para las conexiones entre la central y los *DSLAM Outdoor*. Considerando la situación con mayor carga, es decir cuando cada todos los canales de la parrilla están siendo visualizados en simultáneo (al menos un suscriptor por canal) las capacidades requeridas para la conexión entre cada *DSLAM Outdoor* y la Central es independiente de la cantidad de suscriptores de *IPTV* y se determina de la siguiente manera.

$$(3.5) \quad IPTV \text{ BW} = 50 \times 8 \text{ Mbps} + 50 \times 3 \text{ Mbps}$$

$$(3.6) \quad \text{Internet BW} = 6 \times \text{Nro. Suscriptores} \times 0.20\%$$

$$(3.7) \quad \text{Telefonía BW} = 0.128 \times \text{Nro. Suscriptores}$$

El nodo Tipo I requiere una capacidad mínima de 749 Mbps de ancho de banda.

IPTV: 550 Mbps

Internet: 180 Mbps

Telefonía: 19 Mbps

El nodo Tipo II requiere una capacidad mínima de 869 Mbps de ancho de banda.

IPTV: 550 Mbps

Internet: 288 Mbps

Telefonía: 31 Mbps

El nodo Tipo III requiere una capacidad mínima de 948 Mbps de ancho de banda.

IPTV: 550 Mbps

Internet: 360 Mbps

Telefonía: 38 Mbps

Por tanto la conexión desde la Oficina Central a cada *DSLAM* desde la central puede ser cubierta con un enlace Óptico con capacidad de hasta 1Gbps (Ver Tabla 3.5).

Tabla 3.5 – Resumen Dimensionamiento de Nodos

Nodo	Cantidad	Abonados	BW
Tipo I	20	150	749
Tipo II	17	240	869
Tipo III	15	300	948

CAPÍTULO IV DISEÑO DEL PROYECTO

4.1 Red de Acceso

- Premisas Generales

La consideración más importante para el diseño global de la planta externa del proyecto, es asegurar que la longitud total del bucle no exceda 1.5 Km. De acuerdo al Modelo de Red propuesto, la longitud del bucle se reduce a la sumatoria de la longitud del Par Secundario y la longitud de la acometida.

Luego de ubicar en un plano los Armarios de la Oficina Central San Isidro (Ver *Anexo F*) se verifica esta condición, es decir que los clientes se ubican a menos de 1.5 Km de distancia de algún Armario. De acuerdo a esta condición, no será necesario instalar nuevos armarios y el diseño debe entonces ubicar al *DSLAM Outdoor* en la cercanía de un Armario existente. Se ratifica entonces la condición asumida en el apartado de dimensionamiento.

Por medidas de seguridad, robos y vandalismo, todos los *DSLAM Outdoor* se instalarán en postes y por recomendación del proveedor, no se instalará en el mismo poste donde se encuentra el Armario.

Sabemos que la red de distribución de la infraestructura de cobre tiene como elemento principal el Armario. Para utilizarlo es necesario reflejar el servicio del *DSLAM*, y más concretamente un par *xDSL* del *DSLAM Outdoor* hacia el Armario. Para ello se instalará un cable multipar entre ambos (Ver Fig. 4.1).



Fig. 4.1 - Diagrama Oficina Central, DSLAM y Armario

Específicamente los pares del DSLAM se reflejarán en los bornes de los blocks Mondragón alojados en un armario extendido que estará ubicado al costado del armario existente (Ver Fig. 4.2).

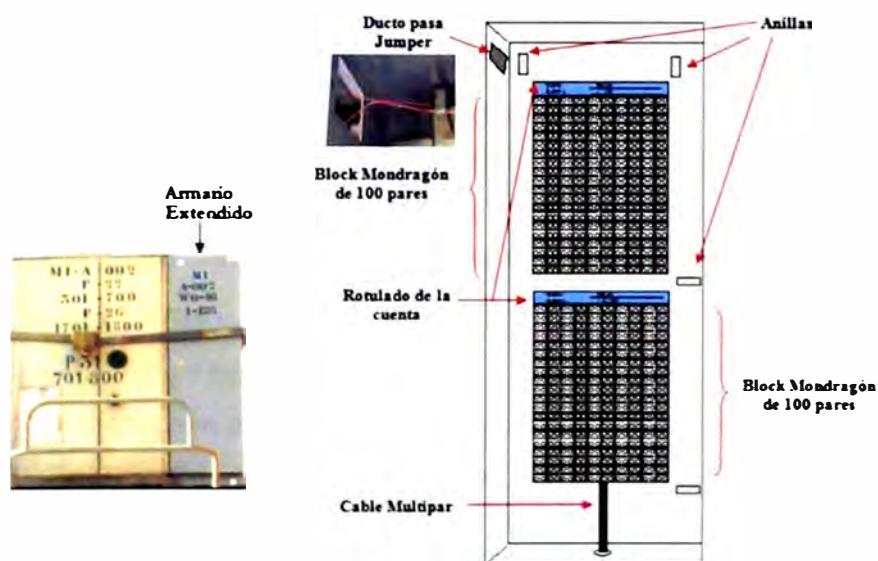


Fig. 4.2 - Reflejo DSLAM – Armario Extendido

- Gabinete para el DSLAM Outdoor

De acuerdo a lo que se ha previsto y que se revisa en la sección de Arquitectura de Red, los gabinetes para los DSLAM Outdoor serán adquiridos al mismo fabricante del DSLAM Outdoor. En el apartado de Arquitectura de Red se revisará las necesidades del Gabinete en cuanto al alojamiento del DSLAM Outdoor. En este apartado revisaremos las necesidades desde el aspecto de planta externa.

Estructura:

- Deberá ser construido de un material resistente, peso liviano y durable.
- Deberá permitir el fácil ingreso de los cables multipar, fibra óptica y acometida eléctrica.

Fácil instalación y mantenimiento.

- Deberá estar provisto de iluminación para mantenimientos nocturnos.
- Las piezas deberán ser reemplazables y de fácil inserción y extracción.

Adaptabilidad al entorno

- Deberá estar provisto de un control de temperatura (extractores de aire y ventiladores) que aseguren una temperatura normal de trabajo (-25C - +45C).
- Deberá contar con un sellado que proteja el interior del polvo, humedad y la lluvia.

Protección:

- Cada compartimiento deberá estar protegido con una cerradura independiente.
- Deberá contar con protección automática para sobre voltajes, corto circuitos e inversión de polaridad.

- **Suministro Eléctrico**

A ubicar un elemento activo en la planta externa es necesario considerar el suministro eléctrico para su alimentación. Se considera dentro del proyecto solicitar a la Empresa de Distribución Eléctrica la instalación de una acometida eléctrica para cada *DSLAM Outdoor*, el mismo que se ubicará a unos metros del mismo. El suministro eléctrico incluye la instalación de un pedestal con el medidor correspondiente.

4.2 Diseño Planta Externa

- **Perfil y Asignación de Fibra Óptica**

El perfil y asignación de Fibra Óptica es un documento que representa la ruta del cable de fibra óptica que parte desde la central y distribuye los hilos ópticos hasta los puntos de terminación. Luego de identificar los armarios y su ubicación se determina la ruta preliminar del cable de fibra óptica para conectar cada uno de ellos con la Oficina Central San Isidro.

Se utilizará una topología tipo árbol, donde se asigna un par de hilos de Fibra Óptica para cada *DSLAM Outdoor*. La ruta indicada en el perfil es a este nivel referencial y se basa en la información disponible en los sistemas de registro de planta realizando un análisis breve de distancias e identificación de infraestructuras existentes. A este nivel de detalle se puede también asumir que los *DSLAM Outdoor* se encuentran ubicados en la misma posición que los Armarios. La ruta de la Fibra Óptica hacia los *DSLAM* se muestra en el *Ane o G*.

- **Metrado del Proyecto de Planta Externa**

El metrado del proyecto consiste en determinar todos los trabajos necesarios para la construcción de la red de planta externa, para luego presupuestarlos. A este nivel, se utiliza la información disponible en los registros de planta y criterios generales para elaborar el diseño. Los criterios más importantes son identificar, analizar y tomar decisiones respecto parámetros que tendrán impacto en costo, calidad y tiempo de ejecución del proyecto, como por ejemplo proyectar la menor cantidad de canalización para llegar hasta el poste en que se ubicará el *DSLAM Outdoor*, verificar el terreno donde será conveniente ejecutar la obra civil (sobre pista o vereda), dependiendo de si la pista está recientemente construida o refaccionada (los municipios no suelen permitir ejecutar obras en pistas refaccionadas).

El diseño definitivo del proyecto de planta externa, es un entregable del proyecto con una serie de actividades cuyo requerimiento de recursos tanto humanos y materiales hacen que sea viable solo una vez asignados los recursos presupuestales para la ejecución del proyecto. Esta situación impone un cierto riesgo en el proyecto ya que en la preparación del diseño definitivo podrían surgir condiciones no previstas que tengan impacto sobre el alcance, cronograma o presupuesto de lo ya concebido en las fases anteriores del proyecto. Estas situaciones deben ser en lo posible anticipadas tomando y diseñando planes de acción para superarlas. Una buena práctica para realizar lo anterior es elaborar una matriz de riesgo, como la que se presenta a continuación.

Riesgo: Observación de Licencias
Descripción: Se trata de un riesgo externo, ya que la entidad encargada de otorgar los permisos niega u observa el expediente.
Impacto: Alcance: Variable, el diseño de Planta Externa puede variar en necesidad de cumplir alguna condición impuesta por la entidad. Costo: Variable, de acuerdo al nuevo alcance. Tiempo: Variable, se suma aquel necesario para generar un nuevo expediente, gestión de nuevos permisos y el tiempo para ejecutar el trabajo de acuerdo al nuevo alcance.
Estrategia: Para disminuir la probabilidad de ocurrencia de este riesgo, el diseño de planta externa debe ser revisado por el área de permisos y luego ingresado a la entidad respectiva en forma de consulta.
Riesgo: Falta de stock de Materiales
Descripción: Se trata de un riesgo interno.
Impacto: Costo: Variable. Podría incrementarse dependiendo del material y la cantidad de material que se necesita, y para el cual sería necesario iniciar un proceso de compra, en lugar de retirar el material del almacén. Tiempo: El proceso de compra tomar alrededor de 60 días.
Estrategia: Para disminuir la probabilidad de ocurrencia de este riesgo, al culminar el metrado del proyecto, se comprobará la existencia del stock del material metrado. En caso no existiese, se iniciará el proceso de compra por stock sin esperar la aprobación del proyecto.
Riesgo: Infraestructura existente dañada o saturada
Descripción: Se trata de un riesgo interno.
Impacto: Alcance: Variable. Podría necesitarse variar el diseño de planta. Costo: Variable. Dependiente de la variación del alcance. Tiempo: Variable. Dependiente de la variación del alcance.
Estrategia: Considerando que esta situación no se puede evadir, para mitigar el efecto del incremento en el tiempo, las reparaciones en la planta externa se considerarán como actividades de mantenimiento de emergencia.

4.3 Arquitectura de Red

Determinado el Modelo de Red establecido para cubrir las demandas de los clientes indicados en el primer capítulo y estudiados los estándares específicos que encaminan el cumplimiento de los requerimientos de calidad, se puede proceder a identificar los elementos de red a adquirir.

- *DSLAM*

Fabricantes y Modelos Preseleccionados:

Huawei Serie SmartAX Multi-Service Acces Module

ALCATEL-LUCENT Serie Intelligent Service Acces Manager (ISAM)

ZYXEL Serie IES IP *DSLAM*

ZTE Serie Multiple Service Access Network ZXA10-OUT60

Los requerimientos identificados, de acuerdo los capítulos anteriores son los siguientes:

- 1- Tecnología Ethernet en el Up Link (unión con el núcleo de la red)
- 2- Equipado con una o más interfaces Gigabit Ethernet de la interface Up Link
- 3- Funcionalidad de Multicast (IGMP V3).
- 4- Soporte mixto de Multicast Pull y Push
- 5- Funcionalidad de IGMP Snooping o IGMP Proxy
- 6- Tracking y Ajuste de QoS centralizada (IGMP Snooping).
- 7- Soporte de VDSL2.
- 8- Manejo y mapeo de VLAN (IEEE 802.1Q) - diferenciación de tráfico de diferentes servicios (Internet, IPTV, etc.).
- 9.- Priorización de tráfico servicios de tiempo real (802.1p)
- 10.- Factibilidad de configuración gradual según el crecimiento de suscriptores.

Luego de revisar las hojas técnicas de cada fabricante, se escoge la serie SmartAX de Huawei, el cual cumple con todos los requerimientos especificados.

El *DSLAM* SmartAX MA5600, corresponde a la última versión de la serie SmartAX de Huawei. El mismo está compuesto por los siguientes componentes: Gabinete, Plataforma (*Shelf*), Tarjetas (*Board*), Cables, Elementos Electromecánicos, Unidad de Energía, *MDF*, Repartidor de Fibras Ópticas (*Optical Fiber Distribution Frame, ODF*) y Baterías. Instalar un *DSLAM* significa estructurar sus componentes de acuerdo a las necesidades del proyecto, a continuación se describe brevemente los componentes principales:

Las tarjetas (*Boards*) son unidades que se insertan en el *SHELF* del *DSLAM* para dotarlo de alguna capacidad. Existen cuatro tipo de tarjetas: Tarjetas de Servicio (*Service Boards*), Tarjetas de Control (*Control Boards*), Tarjetas de Interface (*Interface Board*) y la

Unidad de Servicio Inteligente (*Intelligence Service Unit*). Las tarjetas de servicio son aquellas que contienen los puertos xDSL para los clientes.

La tarjeta que se utilizará para el proyecto es la *VDEA Service Board* que contiene 32 canales *VDSL2* con Divisor-Filtro (*Splitter*) incorporado y soporte de protección de línea. Esta tarjeta puede ser instalada en los slot 0-6 y 9-15 del *Shelf* MA5600.

El *Shelf* de un *DSLAM* es el modulo principal donde se realiza el *Uplink* de los servicios xDSL a través de las diferentes *Service Boards*. La serie SmartAx 5600 contiene dos tipos de *SHELF*, el *SHELF* 5600 soporta hasta 16 *Boards* y la *SHELF* 5603 soporta hasta 7 *Boards*.

Los gabinetes son las estructuras físicas donde se instalan los componentes del *DSLAM*. Existen varios modelos de gabinetes propuestos para configuraciones típicas de los *DSLAM* MA5600 de Huawei.

- Configuración del *DSLAM*

La necesidad del proyecto es configurar tres tipos de *DSLAM* según los Nodos ya definidos (Ver Tabla 5.1).

Tabla 5.1 – Dimensionamiento de Nodos

Nodo	Cantidad	Abonados	BW
Tipo I	20	150	749
Tipo II	17	240	869
Tipo III	15	300	948

Nodo Tipo I

Se requiere 749 Mbps de *Uplink*, por tanto se necesita al menos una interface de 1Gbps. Se requiere 150 puertos, por tanto se necesita al menos 5 *VDEA Service Boards*. Para soportar 5 *Services Board* se requiere al menos el *SHELF* MA5603.

Considerando que con estas cinco tarjetas el *SHELF* MA5603, solo quedaría un slot vacante, de tal forma que quedaría únicamente 42 puertos para el crecimiento (menos del 30%), por lo que se decide utilizar el *SHELF* MA5600.

Nodo Tipo II

Se requiere 869 Mbps de *Uplink*, por tanto se necesita al menos una interface de 1Gbps. Se requiere 240 puertos, por tanto se necesita al menos de 8 *VDEA Services Boards*. Para soportar las 8 tarjetas se requiere al menos el *SHELF* MA5600.

Nodo Tipo III

Se requiere 948 Mbps de *Uplink*, por tanto se necesita al menos una interface de 1Gbps. Se requiere 300 puertos, por tanto se necesita al menos de 10 VDEA *Services Boards*. Para soportar las 10 tarjetas se requiere al menos el *SHELF MA5600*. Finalmente la configuración de los Nodos es la que se indica (ver Tabla 5.2):

Tabla 5.2 – Detalle del dimensionamiento de Nodos

Nodo	Cantidad	Abonados	Shelves	Service Boards
Tipo I	20	150	1 MA5600	5 VDEA
Tipo II	17	240	1 MA5600	8 VDEA
Tipo III	15	300	1 MA5600	10 VDEA

Para los tres Tipos de Nodos, la configuración es la misma a excepción de la cantidad de tarjetas, por ello es necesario un solo modelo de gabinete. Se escoge el modelo F01E400, el mismo que cuenta con las siguientes características (Ver Fig. 4.3):

- Gabinete de exterior (*Outdoor*) con acceso frontal.
- Unidad de suministro de energía (para rayos y batería).
- MDF y ODF
- Unidad de control de temperatura
- Dimensiones: 000 mm x 550 mm x 1200 mm
- Peso (vacío): 135 kg
- Soporta hasta 1 *SHELF MA5600* o *MA5603*.

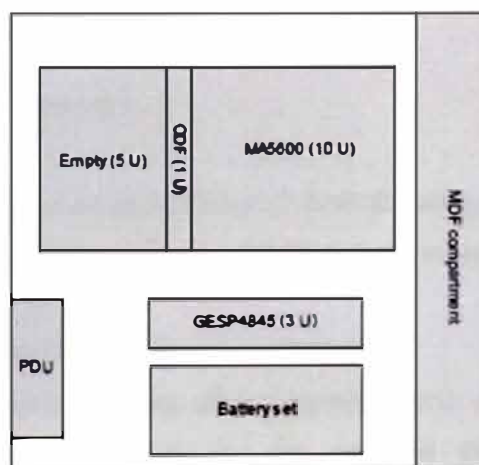


Fig. 4.3 - Layout del Gabinete para los Nodos Tipo I, II y III.

Una característica importante del *DSLAM*, que aunque no se utilizará para el proyecto permite el crecimiento de la red es utilizar la Tarjeta de Control no solamente como añadir capacidad en el *Uplink* hacia la red, sino como medio para realizar

configuraciones en cascada de *DSLAM*, es decir uno subtendido de otro, como se observa en la siguiente figura (Ver Fig. 4.4).

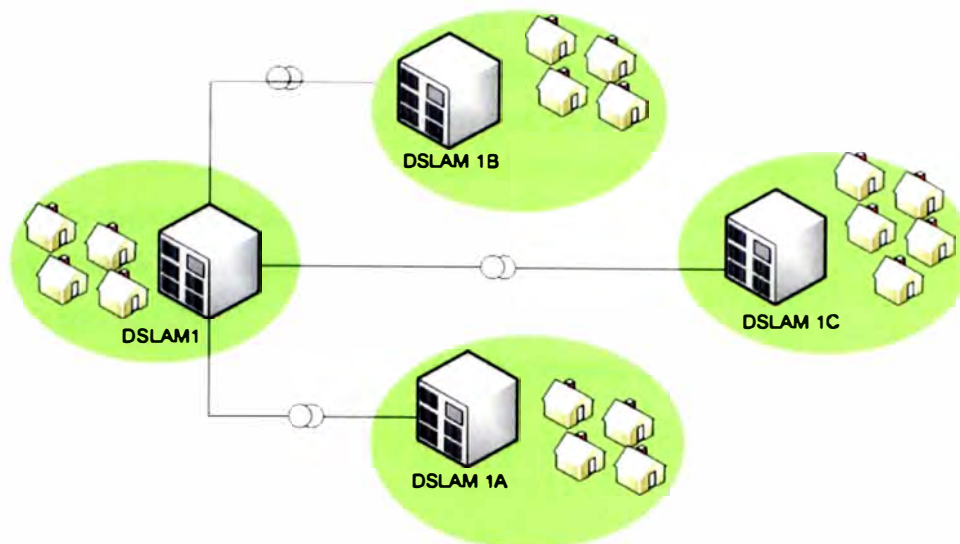


Fig. 4.4 - Configuración de *DSLAM* en Cascada

En la figura se observa un *DSLAM* principal que sirve líneas dentro del área de influencia de la misma central y tres *DSLAM* remotos conectados a través de su tarjeta de control.

- Modem VDSL2

Para la elección del Modem VDSL2 se ha preseleccionado a los siguientes proveedores.

- ZTE ZXDSL 931CII
- Netsys NV-600L
- ZYXEL Modem P-870MH-C1

Requerimientos:

1. Disposición de varios puertos Ethernet (*Home Gateway, HG*⁹)
2. Diferenciación de puertos por PVC o VLANs hacia la red.
3. Tecnología ADSL2+ y VDSL2

Escogemos al Modem P-870MH-C1 de ZYXEL.

ZyXEL es el proveedor líder de una completa gama de equipos y soluciones de acceso de banda ancha, sobre todo en los equipos de lado cliente tanto para proveedores de servicio como usos en LAN para usuarios domésticos.

⁹ Home Gateway o Residential Gateway se le conoce al dispositivo, en este caso al Modem con más de un puerto que sirve de interface entre los dispositivos que forman parte de la red doméstica (LAN) y la red de servicio (WAN) del proveedor.

Este Modem tiene 4 puertos Ethernet LAN y de acuerdo a las especificaciones del proveedor puede soportar una capacidad de hasta 65 Mbps de bajada y 35 Mbps de subida, lo cual está muy por encima de los requerimientos del proyecto.

El modem también proporciona las características inherentes de calidad de Servicio (QoS) de VDSL2 para prestar servicios *Triple Play*, para altos tráfico multimedia como Video de alta calidad, acceso a internet de alta velocidad y servicios de voz. El soporte de VLAN ofrece tanto seguridad como beneficios en el performance. Por ejemplo, las prioridades pueden ser asignadas a diferentes aplicaciones en tiempo real y al acceso de internet a través del etiquetado de VLANs.

- Set Top Box (STB)

Para la elección del STB se ha preseleccionado a los siguientes proveedores.

- Motorola
- Cisco

Requerimientos:

1. Disponibilidad de un puerto Ethernet para la conexión con el *Home Gateway* y una Interface Multimedia de Alta Definición (*High Definition Multimedia Interface, HDMI*) para la conexión con el televisor.
2. Soporte de Televisión de definición Estándar (SD) y de Alta Definición (HD). Escogemos el VIP1910 Flexible HD IP set-top de Motorola.

Motorola es el principal fabricante de Set Top Boxes¹⁰, las características más resaltantes del producto son las siguientes:

- Capacidad de reproducir formatos de Alta Definición y Definición Estándar en formatos *MPEG-2* y *MPEG-4*¹¹.
- Capacidad de instalación de un Disco Duro.
- Audio Digital 5.1¹²
- Conectividad *HDMI* con soporte de *HDCP*¹³
- Funcionalidad de grabación de video (*DVR*) que permite grabar y reproducir diferentes contenidos en simultáneo.

¹⁰ Información publicada por el Foro IPTV News (www.IPTVnews.com).

¹¹ MPEG (Moving Picture Experts Group) es un grupo de trabajo encargado de desarrollar estándares de codificación de audio y video. La designación oficial del MPEG es *ISO/IEC JTC1/SC29 WG11*.

¹² Audio Digital 5.1 se le conoce al sistema de sonido que consta de 5 altavoces que tratan de forma independiente un rango determinado de frecuencias.

¹³ HDCP (High-Bandwidth Digital Content Protection) es una especificación propietaria del fabricante INTEL para controlar el contenido de audio y video digital que se transmite mediante las conexiones DVI o HDMI

CAPÍTULO V

PLAN DE DESPLIEGUE Y OPERACIÓN

La preparación del cronograma y presupuesto de un proyecto son entregables importantes de la fase de planificación. Sin embargo al igual que otros entregables se desarrollan de manera progresiva a medida que el proyecto está más avanzado y se tiene mayores detalles sobre el mismo. Por este motivo, este capítulo ha sido intencionalmente ubicado luego del capítulo de Diseño, considerando que de esta forma es factible elaborar estos documentos con un detalle y exactitud razonable.

En el primer apartado se desarrollo la Estructura de Desglose de Trabajo para las fases de Planificación y Diseño del Proyecto, sin embargo tanto el cronograma y presupuesto que son relevantes presentar como entregables del presente trabajo corresponden a la fase de Implementación del Proyecto. Para ello es necesario extender el desarrollo del *WBS* para la fase de Implementación (Ver Fig. 5.1).

5.1 Cronograma del Proyecto

Para el desarrollo del cronograma se utiliza la técnica de estimación ascendente. Esta técnica implica estimar el tiempo o costo de los paquetes de trabajo individuales o actividades individuales con el nivel más bajo de detalle. Estos valores luego se resumen o acumulan en niveles superiores integrando paquetes de trabajo, fases hasta completar el proyecto en su totalidad.

Para elaborar el cronograma se debe previamente identificar las actividades que comprenden cada paquete de trabajo y estimar su duración. Posteriormente se establece la secuencia en que deben realizarse y por último se representa el resultado en un calendario.

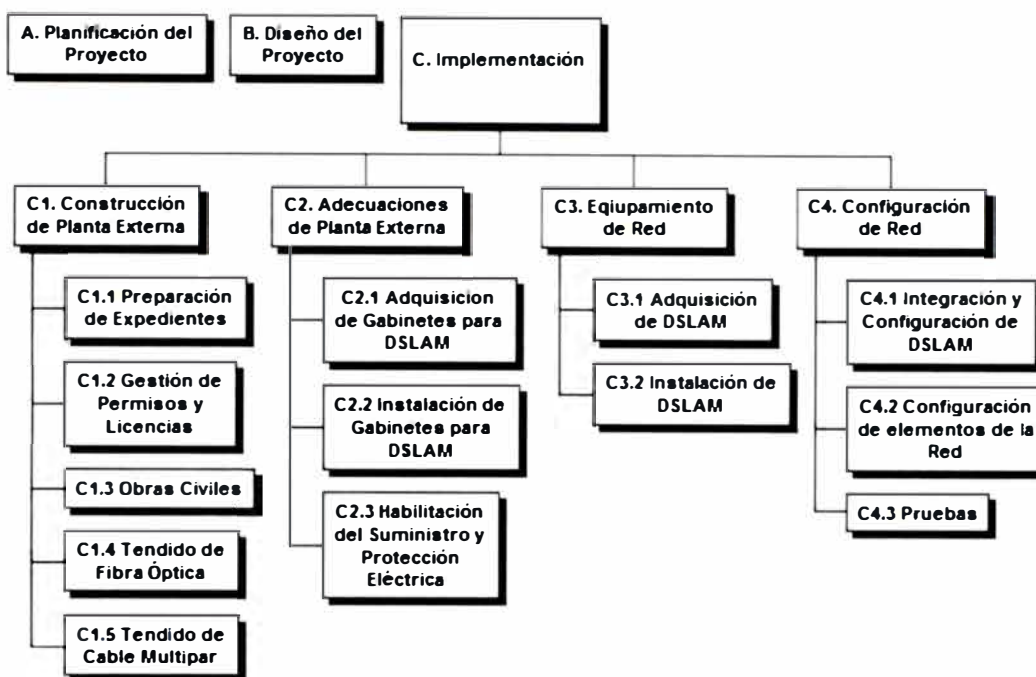


Fig. 5.1 - WBS Fase de Implementación del Proyecto

Definición de las Actividades

Definir las actividades del cronograma implica identificar y documentar el trabajo que se planifica realizar. A continuación en el desarrollo de la definición de las actividades de cada paquete de trabajo se presenta una breve descripción de cada actividad así como la estimación de la duración de la misma y la identificación de la o las actividades precedentes y las sucesoras.

- C1. Construcción de Planta Externa

C1.1 Preparación de los Expedientes de Planta Externa		
Duración: 2 Semanas	Actividad Precedente: Ninguna	Actividad Sucesora: C1.2
Descripción: La preparación de los expedientes de planta externa consiste en reunir todos los documentos necesarios para la gestión y construcción de la infraestructura de planta externa. Comprende los siguientes documentos. <ul style="list-style-type: none"> - Memoria Descriptiva de los trabajos - Planos y Fotografías 		

- Documentos para la gestión de permisos y licencias municipales
- Metrado y presupuesto de Materiales y componentes de mano de obra.

Área Responsable: Ingeniería y Construcción de Planta Externa

C1.2 Gestión de Permisos y Licencias

Duración:	Actividad Precedente:	Actividad Sucesora:
5 Semanas	C1.1	C1.3

Descripción:
La gestión de licencias comprende las actividades de registro, ingreso, cancelación y posterior recepción de los permisos y licencias de las entidades competentes que las otorgan (Municipios, Dirección General de Transito, MTC, EMAPE, etc.).

Área Responsable: Ingeniería y Construcción de Planta Externa

C1.3. Ejecución de Obras Civiles

Duración:	Actividad Precedente:	Actividad Sucesora:
2 Semanas	C1.2	C1.4

Descripción:
La ejecución de las obras civiles comprende las actividades necesarias para la construcción de la infraestructura de soporte para los cables de telecomunicaciones. Entre ellas las Canalizaciones, Zanjas, Postes, etc.

Área Responsable: Ingeniería y Construcción de Planta Externa

C1.4. Tendido de Fibra Óptica

Duración:	Actividad Precedente:	Actividad Sucesora:
3 Semanas	C1.3	C4.1

Descripción:
El tendido del cable de Fibra Óptica se realiza desde la Central hasta los *DSLAM*. Outdoor. También comprende los empalmes necesarios.

Área Responsable: Ingeniería y Construcción de Planta Externa

C1.5 Tendido de Cable Multipar

Duración:	Actividad Precedente:	Actividad Sucesora:
2 Semanas	C1.3	C4.1

Descripción:

El tendido del cable multipar comprende las actividades para la instalación del cable entre las ubicaciones de los *DSLAM Outdoor* y los armarios existentes. Adicionalmente el conexasiónado al *MDF* ubicado en el Armario extendido.

Área Responsable: Ingeniería y Construcción de Planta Externa

- C2. Adecuaciones de Planta Externa

C2.1 Adquisición de Gabinetes para *DSLAM Outdoor*

Duración: 4 Semanas	Actividad Precedente: Ninguna	Actividad Sucesora: C2.2
Descripción: La adquisición de los gabinetes de exterior para los <i>DSLAM</i> es una actividad ficticia ya que no comprende tareas para la empresa ejecutora sino las tareas del proveedor para fabricar y suministrar el componente para su posterior instalación.		
Área Responsable: Planificación de Acceso y Transporte		

C2.2 Instalación de Gabinetes para *DSLAM Outdoor*

Duración: 2 Semanas	Actividad Precedente: C2.1	Actividad Sucesora: C3.2
Descripción: La instalación de los Gabinetes para <i>DSLAM</i> comprende las actividades para su transporte y fijación en la ubicación definida para el <i>DSLAM Outdoor</i> .		
Área Responsable: Ingeniería de Acceso Banda Ancha y Transporte		

C2.3 Habilitación del Suministro y Protección Eléctrica

Duración: 4 Semanas	Actividad Precedente: C2.2	Actividad Sucesora: C3.2
Descripción: La habilitación del suministro y protección eléctrica comprende las tareas para instalar una acometida eléctrica hacia la ubicación de los <i>DSLAM Outdoor</i> y dotar a la misma conexión del mecanismo de protección para el aterramiento eléctrico.		
Área Responsable: Energía y Gestión Rural		

- C3. Equipamiento de Red

C3.1 Adquisición de <i>DSLAM Outdoor</i>		
Duración: 9 Semanas	Actividad Precedente: Ninguna	Actividad Sucesora: C3.2
Descripción: La adquisición de los <i>DSLAM Outdoor</i> comprende las tareas necesarias desde enviada la orden de compra hasta la recepción de los equipos.		
Área Responsable: Planificación de Acceso y Transporte		

C3.2 Instalación de <i>DSLAM Outdoor</i>		
Duración: 4 Semanas	Actividad Precedente: A3, E1	Actividad Sucesora: C3.1
Descripción: La instalación de los <i>DSLAM</i> comprende la de gestión y supervisión de las tareas operativas a ejecutar por el proveedor.		
Área Responsable: Ingeniería de Acceso Banda Ancha y Transporte		

- C4. Configuración de Red

C4.1 Integración y Configuración de <i>DSLAM Outdoor</i>		
Duración: 3 Semanas	Actividad Precedente: C3.2, C1.4, C1.5	Actividad Sucesora: C4.2
Descripción: La integración de los <i>DSLAM Outdoor</i> comprende las tareas para interconectar e integrarlos con el Core de la red a través del <i>Uplink</i> óptico y a la red de distribución de cobre a través del multiplex con los armarios. Finalmente se logra conectividad entre los elementos.		
Área Responsable: Ingeniería de Acceso Banda Ancha y Transporte		

C4.2 Configuración de elementos de la Red		
Duración: 3 Semanas	Actividad Precedente: C4.1	Actividad Sucesora: C4.3
Descripción: La configuración de los elementos de red comienza una vez que se ha logrado la		

integración o la conectividad entre los mismos.

Área Responsable: Ingeniería de Acceso Banda Ancha y Transporte

C4.3 Pruebas

Duración: 3 Semanas	Actividad Precedente: C2	Actividad Sucesora: Ninguna
------------------------	-----------------------------	--------------------------------

Descripción:
Una vez concluida la configuración de los elementos de red y realizadas las pruebas correspondientes. La última actividad a realizar son las pruebas de los servicios.

Área Responsable: Ingeniería de Acceso Banda Ancha y Transporte

Desarrollo del Cronograma

Considerando la secuencia de actividades y su duración, se procede a elaborar y representar el Cronograma (Ver Anexo H). A este nivel de planificación, el cronograma solo considerará la duración total (en semanas) y esquematizará de forma gráfica la dependencia de precedencia entre las actividades. El cronograma definitivo representa adicionalmente a lo comentado, las fechas de inicio y termino de cada actividad considerando el calendario incluso tomando en cuenta los días laborables y feriados.

Existen técnicas para comprimir la duración del cronograma que se utilizan bajo la metodología de trabajo. Estas técnicas generalmente se utilizan como herramientas de la Planificación del Cronograma cuando existe algún cambio o retraso identificado en los procesos de Control del Cronograma, sin embargo puede utilizar inmediatamente luego del desarrollo del cronograma inicial si la situación y expectativas lo ameritan. En el presente proyecto las técnicas que se proponen son el Fast Track (trabajo en paralelo) y Crashing (incremento de recursos) donde ambas deben ser utilizadas solo en el caso que la duración del proyecto requiera disminuirse significativamente respecto a lo planificado en el cronograma, y cuando se admita los riesgos y el incremento presupuestal que respectivamente introducen al proyecto al implementarlas.

5.2 Presupuesto del Proyecto

Para el desarrollo del presupuesto del proyecto a diferencia se utiliza como herramienta las tarifas y costos de los recursos. Por simplicidad partiendo del WBS el presupuesto se integra considerando dos importantes partes:

- Construcción de Redes de Planta Externa, incluye los paquetes de trabajo C1 del WBS.
- Equipamiento, incluye los paquetes de trabajo C2, C3 y C4 del WBS.

En caso el proyecto sea implementado por una empresa tercera, lo cual no es parte del proyecto, se debe considerar un tercera parte, el cual consiste en el alquiler de la ultima milla a los suscriptores.

- Construcción de Redes de Planta Externa

Los principales elementos que conforman este presupuesto y sus respectivos costos¹⁴, son los que se indican a continuación:

Suministro e Instalación de 01 Repartidor Óptico (ODF) de 9 módulos	S/. 8 857.86
Suministro e instalación de 96 Soportes para Cajas Empalme de 128 fibras	S/. 3 876.64
Suministro e Instalación de 22 850m de Cable Fibra Óptica Monomodo PKP ¹⁵	S/. 156 694.00
▪ 11 000m de Cable Fibra Óptica Monomodo 8 fibras – (S/. 69960)	
▪ 2 000m de Cable Fibra Óptica Monomodo 12 fibras - (S/. 12720)	
▪ 4 100m de Cable Fibra Óptica Monomodo 16 fibras - (S/. 26076)	
▪ 4 000m de Cable Fibra Óptica Monomodo 32 fibras - (S/. 29920)	
▪ 1 600m de Cable Fibra Óptica Monomodo 64 fibras - (S/. 15552)	
▪ 150m de Cable Fibra Óptica Monomodo 128 fibras - (S/. 2466)	
Construcción de 7 000 mts de Canalización	S/. 1 437 450.00
• Suministro e instalación de 7 000m de ducto múltiple (Multiducto)	S/. 150 000.00
▪ 1 000m de 8 vías - (S/. 251940)	
▪ 5 000m de 4 vías - (S/. 1006050)	
▪ 1 000m de 2 vías - (S/. 179460)	
Construcción de 15 Cámaras de registro tipo X-A	S/. 49 045.65
Otros	S/. 17 909.84
Total Parcial (Materiales + Mano de Obra)	S/. 1 823 833.99

A continuación se presenta el presupuesto detallado dividido en dos componentes: Materiales y Mano de Obra.

Descripción - Materiales	Cantidad	Unidades	Baremo	Material
abrazadera protector cable tipo apc	91	un	6.19	563.29
adaptador óptico fc/spc p/transmisión	174	un	4.9	852.6
alcayata tipo j-1 aag-3/8" x 5"	101	c/u	1.81	182.81
bandeja conector repartidor óptico 12	16	c/u	72.91	1166.56
bandeja de empalmes repartidor 16 fib	8	c/u	80.8	646.4
Bentonita	2	kg	0.49	0.98
buje expansión casquillo acero (beca)	120	un	3.12	374.4

¹⁴ Los costos son aproximados y consideran el suministro (materiales) e instalación (mano de obra).

¹⁵ El cable de fibra óptica PKP (Polietileno Kevlar Polietileno) es el utilizado en la Planta Exterior.

cable f. óptica monomodo 12 fibras(pkp	2020	mt	3.61	7292.2
cable f. óptica monomodo 16 fibras(pkp	4141	mt	3.61	14949.01
cable f. óptica monomodo 32 fibras(pkp	4040	mt	4.38	17695.2
cable f. óptica monomodo 64 fibras(pkp	1616	mt	5.87	9485.92
cable f. óptica monomodo 8 fibras(pkp)	11110	mt	3.38	37551.8
cable f. óptica monomodo pkp 128 fibra	152	mt	10.96	1665.92
caja empalme 128/96 fibras ópticas	96	jg	447.88	42996.48
cemento solvente(pegamento p/ducto pv	281	lt	16.35	4594.35
cierre seguridad tapa cámara subteranea	15	un	533.65	8004.75
cinta acerada pesada 1/2"x30m	30	rol	41.99	1259.7
cintillo nylon p'amarre 100 mm.	202	c/u	0.01	2.02
cintillo nylon p'amarre cpa-2-215 mm.	202	c/u	0.04	8.08
cintillo nylon p'amarre cpa-3-360 mm.	202	c/u	0.1	20.2
conj. segregación 3 cab. f.o. acc.uni	40	c/u	8.77	350.8
cordón opt.5m conec.fc/spc s/acopl.ne	174	c/u	9.5	1653
curva pvc (sap) 4" diam. x 1mt. rad 9	40	c/u	24.05	962
curva pvc 50 mm x 0.5 m x 90 grados	40	un	7.9	316
curva pvc 80 mm x 1 mt. x 90 grados	61	un	16.67	1016.87
ducto dp-100 4" x 6 mts	3777	un	48.4	182806.8
ducto múltiple 4 tubos dm-4.	7070	mt	35.46	250702.2
ducto pvc pesado dp-50 2" x 6 mts	3777	un	10.94	41320.38
ducto pvc pesado dp-80 3" x 6 mts	343	un	32.92	11291.56
espaciadores pvc p/ductos 4" tipo "a"	1202	c/u	1.95	2343.9
gancho tiro cámara gtc	30	c/u	42.13	1263.9
grapa 2 huec.2 1/2" p/protec. u 2 (182	c/u	2.17	394.94
grapa 1 hueco 3/4" p/cable 19,0 mm	808	un	0.21	169.68
hebilla acerada liviana 1/2"	606	c/u	0.33	199.98
hilacha algodón	4	kg	1.69	6.76
hilo guía p/pasar cable	76760	mt	0.06	4605.6
manguito termor. empalme fibra óptica	174	un	0.84	146.16
marco hierro nodular cámaras 29" x 8"	15	un	429.37	6440.55
mascara para repartidor óptico	1	c/u	65.79	65.79
obturador t-dux 40 mm	101	c/u	71.91	7262.91
obturador tdux 60 mm	20	c/u	83.25	1665
obturador tdux 90s mm	91	c/u	96.85	8813.35
pintura esmalte color blanco	0.05	gl	20.61	1.04
pintura esmalte color negro	0.05	gl	20.36	1.03
protector cable tipo "u" pc-2	91	un	33.72	3068.52
reductor protector cable tipo "u" rpc	91	un	6.28	571.48
regleta para cámaras rpc	60	c/u	14.94	896.4

repartidor óptico 9 módulos 72 bandejas	1 un	7280.1	7280.1
rotulo p/cable fibra óptica	101 c/u	4.91	495.91
soporte p/caja empalme 128/96 fibra o	96 un	51.95	4987.2
tapa hierro nodular cámaras 29"	15 c/u	219.42	3291.3
tapón ducto vacio 3" pvc 80 mm.	91 un	28.03	2550.73
tapón p/ducto pvc 40 mm	61 un	3	183
tapón p/ducto vacio 100 mm (4")	81 un	5.65	457.65
tapón p/ducto vacio 28 (multiducto)	303 un	7.82	2369.46
tarugo madera tipo 1: 1/2 x 1 1/2"	1071 un	0.03	32.13
tornillo cabeza plana # 8 x 1"	970 un	0.02	19.4

Sub Total 1 (S/.)**699316.15**

Descripción - Mano de Obra	Cant.	Unid.	Baremo	Horas	Inst.	Obra Civil
const d c.r.(x vol int. conform a proy,	27	m3	27.4			739.8
demolición y repos d calzada <= 5cm	3500	m2	2.3			8050
empalmar f.o. (monomodo y multimodo)	600	un	0.95		570	
inst. cordón monofib con conector c/s a	172	un	0.3		51.6	
inst. bandeja d conect, empalme y/o divis	27	un	0.05		1.35	
inst. cab. auto soportado en aéreo	630	m	0.08	50.4		
inst. cab. fibs óptica en canalización	22850	m	0.08	1828		
inst. elem empalme (cja y armar) f.opt	95	un	2.11		200.45	
inst. envolvente d rom 9 módulos	1	un	4		4	
inst. subcond. polietileno a.d.	7000	m	0.04	280		
inst.tubo o protec."u" en salida a poste	90	un	1.5	135		
obturar y/o sellar cond. ocup. o vac.	740	un	0.2	148		
prep'r extremo cab. d f.o.	50	un	2.5		125	
prep'r extremo/s cab. d f.o. con sangrad	150	un	4		600	
prep'r tubo cab. d f.o.	200	un	0.15		30	
prep'r tubo/s cab. d f.o. con sangrado	600	un	0.4		240	
prisma canaliz. 2 cond.s h <= 1 m	1000	m	1.08			1080
prisma canaliz. 4 cond.s h <= 1.10 m	5000	m	1.21			6050
prisma canaliz. 8 cond.s h <= 1.40 m	1000	m	1.63			1630
soldado o desoldado d tapas d c.r. o arqu	1200	un	0.71			852
supl d dmolic y repos x c/ 5 cm d esp d	14000	m2	1.02			14280

Totales Puntos	2441.4	1822.4	32681.8
Precios (S/.)	18.12	21.6	31.85
Sub Totales (S/.)	44238	39363.84	1040915
Sub Total 2 (S/.)			1124517

Resumen Presupuesto Construcción de Redes de Planta Externa

Parcial Materiales (S/.)	699 316.15
Parcial Mano de Obra (S/.)	1 124 517.84
Parcial (Mano de Obra + Materiales) (S/.)	1 823 833.99
Costo Estructura (12,0 % sobre parcial) (S/.)	218 860.07
Costo Vigilancia (Horas de Vig. X precio Adm. S/. 56,00) (S/.)	63 984.41
Costo Licencias (GTU, Lima-Ord. 341, San Isidro) (S/.)	193 000.00
Sub Total Presupuesto Construcción Redes de Planta Externa (S/.)	2 106 678.47

- Equipamiento

El presupuesto de Equipamiento está compuesto del componente Suministro e Instalación¹⁶ y Suministro Eléctrico.

Descripción – Suministro e Instalación	Cantidad	Costo Unitario Unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Gabinetes Outdoor Huawei F01E400	52	5 000.00	260 000.00
DSLAM Huawei MA5600 (1)	52	54 000.00	2 808 000.00
Modem ZyXEL P-870MH-C1	11 580	120.00	1 389 600.00
Set-Top Box Motorola VIP1910	11 580	120.00	1 389 600.00
		Sub-Total (S/.)	5 912 356.00

Descripción – Suministro Eléctrico	Cantidad	Costo / Unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Suministro Eléctrico (2)	52	1 253.00	65 156.00

(1) DSLAM Huawei MA5600

Se consideran los siguientes componentes:

- 1 Shelf (MA5600)
- 16 Service Board (VDEA)
- 2 Control Board (SCUB/SCUK)
- 1 Componente ODF
- 1 Componente MDF
- 1 Unidad de Distribución de Energía (PDU)
- 1 Unidad Rectificadora de Corriente (GESP4845)
- Set de Baterías

¹⁶ El costo unitario mostrado en la tabla corresponde al suministro e instalación de los Gabinetes y DSLAM Outdoor. En lo correspondiente Modem y STB solo se incluye el costo de suministro, la instalación de estos equipos no corresponde al proyecto sino a las altas del servicio en la fase de operación.

(2) *Acometida Eléctrica*

Se considera una acometida con suministro trifásico y medidor electrónico, para una carga de hasta 20KW, contratada a la empresa Luz del Sur (Opción Tarifaria BT5A¹⁷).

- Resumen Presupuesto

Sub-Total Construcción de Redes de Planta Externa	S/. 2 106 678.47
Sub-Total Equipamiento:	S/. 5 977 512.00
Total Presupuesto:	S/. 8 084 190.47

Es una buena práctica establecer una línea de costos en donde se identifique el momento en que el presupuesto es necesario, así como desembolsado dentro del cronograma. Para el presente trabajo se sigue el modelo de Telefónica del Perú, de tal manera que el presupuesto se programa inmediatamente después de aprobado el mismo, y los desembolsos o pagos se realizan luego de 60 días calendarios de realizado la certificación de los trabajos de cada proveedor.

5.3 Operación de la Red

La operación de una red consiste en las actividades llevadas a cabo para soportar y mantener los servicios prestados por la misma. Estas actividades se estructuran típicamente en procesos de Mantenimiento, Gestión y Provisión. Estos procesos son rutinarios y llevados a cabo luego de culminado el despliegue de la red, por tanto no son parte del proyecto. Sin embargo la elaboración de un plan de operación de la red es un entregable importante del proyecto que servirá luego utilizado como documento de referencia para clarificar descripciones, procesos y responsabilidades sobre red, sus componentes y los procedimientos para su operación. Teniendo presente que la red de acceso es únicamente uno de los niveles de red para brindar el servicio a los clientes, el plan de operación que se presenta a continuación se limita a describir los alcances sobre la misma, con énfasis en los componentes que por las particularidades del Modelo de Red difieren de una Red de Acceso convencional.

- Provisión del Servicio

La Provisión del servicio se refiere a las actividades llevadas a cabo de forma rutinaria para dar de alta el servicio a los clientes que lo suscriban. La provisión del Servicio debe constituirse de un proceso simplificado de actividades, del cual el mínimo

¹⁷ Fuente: Tarifas Luz del Sur (http://www.luzdelsur.com.pe/tarifas_tabla.pdf)

necesario serán manuales (no automatizadas). La Unidad de Negocio que comercialice el servicio será responsable de implementar o adecuar el sistema comercial para que el registro de altas genere un requerimiento a la Vicepresidencia de Operación de Red y Sistemas. Esta Vicepresidencia establecerá los campos necesarios para el requerimiento, el mismo que luego seguirá un flujo que preliminarmente se compone de la siguiente manera:

Para cada requerimiento ingresado el sistema reconocerá la dirección del suscriptor y asignará de forma automática una facilidad técnica¹⁸ de planta externa, constituida por la asignación de un Par Secundario (en el Terminal) y un Par DSLAM (en el DSLAM Outdoor). El pedido luego será enviado al Centro de Control, donde identificadas las características del paquete suscrito, se configurará automáticamente el puerto¹⁹ del *DSLAM Outdoor* correspondiente al Par DSLAM asignado. Luego de culminada esta acción, se generará de forma automática una Orden de Servicio dirigida a la estación de la Empresa Colaboradora asignada a los trabajos de planta externa y red del cliente. Cabe indicar que a diferencia de una instalación del servicio convencional de *xDSL*, en el pedido ya no interviene el área encargada de realizar los puentes en el *MDF* ya que bajo nuestro modelo de red, los puentes se realizan en el Armario. El técnico instalador deberá primero dirigirse al Armario para proceder con el tendido de los puentes (*jumpers*) y conexión de un *Splitter* en el par *VDSL2*. Finalmente procederá a conectar un microtelefono en el par secundario del cliente, con la finalidad de verificar la continuidad del servicio telefónico. Luego de ello procederá al local del cliente para la instalación de la acometida y equipos de cliente, actividades similares a la Provisión de los servicios tradicionales.

- Gestión del Servicio

La Gestión del Servicio se refiere a la supervisión y monitoreo de los componentes que conforman su funcionamiento. La Gestión de servicio generalmente tiene dos propósitos:

- Gestión de Clientes

La gestión de clientes se refiere a la gestión del servicio final que reciben los clientes. Esta actividad involucra la detección y tratamiento averías tanto de forma

¹⁸ Una Facilidad Técnica está compuesta por aquellas asignaciones o referencia a elementos de la red que contienen el detalle suficiente para identificar a un único suscriptor.

¹⁹ Cada Par *DSLAM* tiene un puerto asignado en el *DSLAM Outdoor*, así mismo un etiquetado de *VLAN* en el enlace *Up Link* hacia la red.

proactiva así como de aquellos reportados por los mismos clientes.²⁰ La Gestión de clientes supone que el operador a través de una consola de gestión tenga la capacidad de monitorear los puertos del DSLAM Outdoor y modificar su configuración. Aún cuando se ha considerado que en el proceso de Provisión del Servicio, la configuración del mismo se realiza de forma automática, es responsabilidad de la Gestión de Clientes velar por que las configuraciones sean de acuerdo al servicio solicitado y dar soporte a la instalación en las pruebas convenientes cuando se dé el alta del servicio.

- Gestión de Red

La gestión de Red se refiere a la gestión de los elementos componentes de la red. En el caso de la red de acceso, se refiere a la gestión del *DSLAM* y sus componentes. El nivel de supervisión supone que el Centro de Control administre las alarmas sobre los componentes del *DSLAM Outdoor*, y la posibilidad de modificar cualquier parámetro de su configuración de forma remota. La gestión debe al menos debe abarcar los siguientes componentes: Operación de Puertos del *DSLAM Outdoor*, Operación del Puerto *Up Link*, Niveles Ópticos de enlace *Up Link*, Niveles de Temperatura del Procesador del DSLAM Outdoor, Niveles del Suministro Eléctrico que llega al DSLAM Outdoor.

- Mantenimiento del Servicio

El Mantenimiento del Servicio se refiere a las actividades llevadas a cabo para realizar acciones correctivas o preventivas de los componentes de la red. Al igual que la Gestión del Servicio, el Mantenimiento del Servicio generalmente tiene dos propósitos.

- Mantenimiento de Clientes

El mantenimiento de clientes se refiere a las actividades que, encomendadas por el Centro de Control, requieren realizar acciones físicas sobre los componentes de la red para solucionar un problema con afectación en el servicio de algún cliente. Estos problemas típicamente están relacionados con los puertos del *DSLAM Outdoor*, las acometidas a los clientes, o los equipos terminales *Router* o *Set Top Box*.

- Mantenimiento de Red

El mantenimiento de la red se refiere a las acciones, que encomendadas por el Centro de Control, se orientan a solucionar inconvenientes en los componentes de la red que interrumpe o degrada el servicio de varios clientes. Por lo general existe

²⁰ Usualmente el Centro de Control recepciona las averías reportadas por los clientes en un segundo nivel, luego que un primer grupo recibe la llamada de los clientes e intenta ayudar con la solución o diagnóstico del problema con herramientas limitadas.

más de un nivel de mantenimiento que tiene ocupaciones distintas como la Red de Acceso, el DSLAM Outdoor, Energía, e inclusive los proveedores para los casos que requieren niveles especializados.

CONCLUSIONES

1. En la planificación y diseño de una red de acceso multiservicio no existen atajos. En la elección de un modelo de red no existe una respuesta correcta, algunas tecnologías se acomodan más que otras dependiendo de la topología, los requerimientos de servicios y las condiciones del terreno donde se va desplegar el proyecto.
2. A largo plazo, para muchos operadores la topología a desplegar es Fibra Hasta el Hogar. Esta topología se implementa a través de dos tipos de Redes: Fibra Punto a Punto (tradicionalmente Ethernet en la última milla) y *PON*. Ambas permiten al proveedor entregar virtualmente un ancho de banda ilimitado al suscriptor. Sin embargo, la presión de tiempo-mercado y la necesidad de una solución económica y de corto tiempo conllevan a implementar otras estrategias.
3. La Topología adoptada para el presente trabajo no refleja necesariamente la preferencia del autor, sin embargo se ve sustentada en un contexto de Empresa-Mercado, donde tanto el tiempo y economía son argumentos difíciles de resistir.
4. El modelo de red utilizado para implementar la red de acceso en el distrito de San Isidro puede ser adaptado para implementar el proyecto en otros distritos. La topología, premisas y criterios serían los mismos. Sin embargo las características de la infraestructura existente y el dimensionamiento, podrían imponer otras necesidades que se verían reflejadas en el diseño y por tanto presupuesto y cronograma.

Aportes

1. En el apartado de Estado del Arte, se realizó una comparación técnica de las Topologías más utilizadas para el despliegue de redes de acceso. Así mismo se representó una descripción de las posibilidades de aprovechar la infraestructura existente. Ambos argumentos son importantes para elegir la implementación de una topología sin embargo existen otras consideraciones relacionadas con los tiempos y costos de implementación.
2. Aún cuando existen muchas diferencias entre las tecnologías de acceso, el costo substancial de la última milla es la diferencia más importante. Este aspecto es tal vez el argumento más sólido para tomar la decisión de implantar una topología u otra.
3. Si la distribución de la planta externa y su instalación representa una construcción nueva o no, tiene una influencia enorme en el costo de cada topología de red. El despliegue Greenfield²¹ de una red de acceso se trata de la construcción de una red totalmente nueva donde no existe infraestructura previa y tampoco dificultades impuestas por el terreno. Por otro lado, a una situación donde se cuenta con infraestructura existente y aprovechable, se le conoce como *Brownfield* o Terreno Construido. Los estudios comparativos²² sobre la distribución de costos para la conexión de un suscriptor sostienen que las áreas Greenfield representan una oportunidad única para despliegues de nueva planta externa por muchas razones. La principal es que la inversión se debe realizar de todas maneras, siendo los costos muy similares sin importar si la solución será por cobre o fibra óptica. Esto pues representa una oportunidad para justificar la inversión en fibra óptica, ya que *PON* permite masificar el ancho de banda. Por el contrario, si la infraestructura existe, aprovecharla significa reducir considerablemente los costos. Esto se logra a través de una solución *FTTC* basada en *DSL*.

²¹ El término Greenfield, se utiliza en Ingeniería de Software, para identificar un proyecto que carece de restricciones impuestas por un proceso anterior. El mismo término se utiliza para la ingeniería de construcción, que aplicado a la construcción de Planta Externa de Telecomunicaciones se refiere a espacios o terrenos donde no es necesario remodelar o demoler estructuras o infraestructuras existentes.

²² Artículo Despliegue de Fibra Óptica vs a el punto más económico por Alcatel – Lucent

ANEXOS

ANEXO A
FICHA TÉCNICA DSLAM

Huawei MA5600

Network and Services interfaces:

1-6 FE ports or 1-6 GE ports
 Electrical or optical interfaces
 802.3ad port aggregation support
 32 ports ADSL/ADSL2/ADSL2+ line card
 32 ports SHDSL line card
 32 ports VDSL2
 100M/1000M Ethernet access
 Hardware ready for FTTP/FTTH EPON



Superior multicast capabilities:

1,000 multicast channels
 Powerful IGMP packet processing capability
 IGMP pre-join and fast zapping functions
 Hierarchical non-block multicast replication
 Unique channel preview function
 In-Service subscriber count
 Multicast protocol support: IGMP, IGMP PROXY
 Conditional Access based on Port or MAC/IP address

System architecture: high bandwidth and density of integration

Non-blocking L2/L3 fabric structure
 210 Gbps of backplane capacity
 End-to-end wire speed forwarding
 896 ports/frame
 2688 ports/rack
 Strong Cascading ability

Refined Service awareness and QoS mechanism

Traffic classification based on L1-L7
 Rate policing, mirror, redirection, filtering actions, mark 802.1p (3bits) /TOS (3bits) /DSCP (6bits) according to the classification result
 Recognition of subscribers and Service types through DHCP Option60/82, PPPoE+, VLAN stacking in conjunction with upper layer devices
 Rate policing, granularity: 64kbps
 4/8 priority queues per PORT, scheduling method: PQ/ WRR/ PQ+WRR

Service wholesale solutions

QinQ support
 L2TP support
 GRE support
 MPLS PE support (in roadmap);

Layer 2 features

Support Smart-VLAN and Mux-VLAN
 4K 802.1Q VLANs and VLAN stacking
 16K MAC address table
 Port-based MAC address limitation and binding
 802.3ad Port Aggregation
 STP/RSTP protocol (802.1D/1W)

Layer 3 features

Static routing, RIP2, OSPF, BGP-4
 DHCP option60/82 and DHCP relay

ARP Proxy

Robust security mechanism

L2 subscriber isolation, MAC+IP+PVC binding support

Restriction on the number of MAC addresses, subscribers, and multicast groups by port, packet filtration and broadcast packet suppression by ACL

Flexible CAR setting, refined *Service* awareness and QoS

DHCP server protection, DHCP OPTION60/82, PPPoE+: provide *Service* protection in conjunction with upper layer network devices

Carrier-class reliability

Main control *Board* hot standby

Redundancy of upstream links or load sharing through Trunking

1:N interface redundancy

1:N card redundancy

STP/RSTP

Maintenance and management

Management interfaces: SNMP and Telnet

Management networking: Inband and outband

Common management of all Huawei access products from a single system with Huawei broadband integrated NMS: iManager 2000. Features of the system are: Cross platform technology: Java-based client software

Network monitoring: fault, performance, and environment and power monitoring

Service provisioning: Support batch configuration and global template management

Fault diagnosis: Support RTU management and *DSL* Keeper providing end-to-end test and diagnosis system

Northbound interface: SNMP, TL1 and Corba

Error tolerance: Provides database backup tool and supports remote dual-system backup

Perfect network compatibility

Triple play solution in mono-PVC or multi-PVC

Automatic adaptation of *ADSL* port types

Automatic adaptation of terminal PVC

Auto conversion between PPPoA/PPPoE

Auto conversion between IPoA/IPoE

Multi-Service processing

Support authentication by port binding, DHCP, PPPoE, or 802.1x, and address re-assignment

Address management: external/internal DHCP SERVER, DHCP Relay, local address pool management, and RADIUS address assignment

Accounting management: by time or traffic, locally or through RADIUS

Physical Specifications

Frame dimensions:

444.50 mm x 436.00 mm x 420.00 mm (H x W x D)

AC working voltage:

Rated voltage: 220 V, 50 Hz; 110 V, 50/60 Hz

Range: 220 V _30%, 50 Hz_10%; 85 V-143 V, 47 Hz-63 Hz

DC working voltage:

Rated voltage: -48 V / -60 V - Range: -38 V - -72 V

ANEXO B

FICHA TÉCNICA GABINETE PARA *DSLAM OUTDOOR*

F01E400 Cabinet

The F01E400 is an *Outdoor* front access cabinet with a medium capacity. The cabinet is installed with the following components:

- Power supply unit (lightning arrester, filter, power system and battery)
- *Service Shelves*
- Main distribution frame (*MDF*)
- Optical distribution frame (*ODF*)
- Temperature control unit
- The device in the cabinet provides the broadband *Services*, including:
- Very high speed digital subscriber line 2 (*VDSL2*)
- Asymmetrical digital subscriber line (*ADSL*)
- Asymmetrical digital subscriber line two plus (*ADSL2+*)



With different *Service Shelves*, the *Outdoor* cabinet has the following types of *Layouts*

- 1 U = 44.45 mm
- *ODF*: optical distribution frame
- *MDF*: main distribution frame
- GEPS4845: AC power supply unit
- MA5600, MA5603: *Service Shelf*
- Battery set: One set has four batteries with the capacity of each battery as 75 Ah

Dimensions (W x D x H): 1000 mm x 550 mm x 1200 mm

Weight (empty cabinet) : 135 kg

Maximum weight (fully loaded) : 318.8 kg

Working Temperature (with Heater) : -45°C~+45°C

Working Temperature (without Heater) : 25°C~+45°C

Rated Input Voltage : AC 110-240V

Battery Capacity : 40AHX2

Backup Time : 4Hrs

Easy Maintenance & Installation

Separate compartment for different maintenance situations.

Front access design can be mounted against the wall in order to save space.

Provide DC light for night maintenance.

All field replaceable units support hot insertion and extraction.

Pre-wired design before delivery can save the works in the field, and only the AC cable and fiber need to be connected in the field.

Provides AC sockets for site operation.

High Environment Adaptability

Advanced thermal control ability, comes with heat exchanger and cooling fans to ensure a normal working temperature of -25°C ~ +45°C.

The temperature control unit controls the fans and exchanger such that they function at different speeds during the operation.

Enhanced Cooling Unit for high traffic rate applications.

Excellent Protection Design

High security: With a three-points locking system, each compartment is protected by its own door and lock.

Over-voltage, under-voltage, short circuit, over-heating protection, and reverse polarity in power system.

Over-voltage and over-current protection in DDF/MDF. N+1 redundancy in power module.
Super sealed design: Electronics protection from dust, humidity, and rain condensation.

Powerful Monitoring Functions

Environment Monitoring Functions: door access, water, temperature, smog, fan state etc.

Power System Monitoring Functions: AC/DC voltage, branch current, battery current, breaker state, main failure, etc. Battery Management Functions

Reliability and Manufacturing Capacity:

Certified through extensive testing (meets EMC, Safety, Earthquake, Temperature, Transportation and Storage tests).

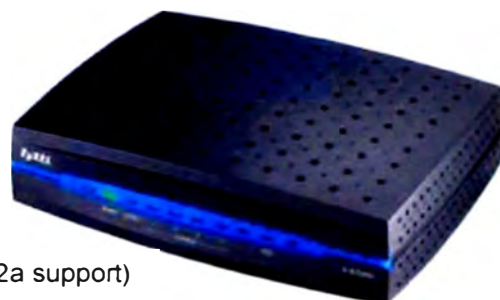
ANEXO C
FICHA TÉCNICA MODEM VDSL2

ZyXEL P-870MH-C1

System Specification

VDSL Compliant

- Duplex Method: DMT
- One VDSL Line
- Ethernet over VDSL
- G.993.1 VDSL
- G.993.2 VDSL2 (Profile 8a, 8b, 8c, 8d, and 12a support)
- Band Plan 997 and 998 supports
- Support 3/4 band
- Support Up to 65Mbps downstream and 35Mbps upstream
- LR-VDSL2 support
- Power Back-off



Support

- IEEE 802.3/3u/3x
- Flow control in full duplex mode
- Back pressure in half duplex mode
- 802.1q VLAN, tag-based and port-based
- 802.1p QoS, 2 queues support
- IGMP snooping
- Broadcast control
- Multicast drop/flooding
- MAC filtering

Network Management

- Command-line Interpreter (CLI)
- SNMP Support
- EOC/FTP firmware upgrade

Hardware Specifications

- VDSL: One RJ-11 or RJ-45 Port
- LAN: 4-Port Switch, 10/100M Auto MDI/MDIX
- Status LEDs Indicator
- One Reset Button
- One power on/off Switch
- Power: 12V AC, 1.25A

Physical Specifications

- Dimensions: 205(W) x 160(D) x 45(H) mm
- Weight: 470 g

Environmental Specifications

- Temperature: 0°C ~ 50°C

- Humidity: Less than 95% RH (non-condensing)

Certification

EMC

- FCC Part 15 Class B
- EN 55022 Class B
- EN 55024

Safety

- CAN/CSA-C22.2 No.60950-1-03
- ANSI/UL Std No 60950-1,1st Ed.
- EN 60950-1, 1st Ed.
- IEC 60950-1, 1st Ed.

ANEXO D
FICHA TÉCNICA SET TOP BOX

Motorola High Definition IP Set-top Box VIP1910-9

Specification Sheet

Hardware



Microprocessor: RISC processor with integrated TV video processing and MPEG decoder, performance 450 DMIPS, 1.2 GFLOPS
 Main Memory: 128 MB DRAM - 256 MB DRAM (optional)
 Video Memory: 32 MB DRAM - 64 MB DRAM (optional)
 Flash Memory: Boot flash 4 MB
 Application Flash: 32 MB (optional)
 Accessories: SRCU, MRCU180, MKB22, USB120IR

Streaming Video

MPEG-1 (SD): 800 kbits/s to 3 Mbits/s, CIF 352x288
 MPEG-2 (SD and HD): Transport stream - PAT, PMT, video and audio streams, constant and variable bit rate, 2-25 Mbps, up to MP@HL 1080i@60 fps
 H.264 (SD and HD): PAT, PMT, video and audio streams, up to 20 Mbps, up to HP@L4.1 (1080i@60 fps)
 High Definition video: 1280x720@50 or 60 fps (progressive scan)
 1920x1080@50 or 60 fps (interlaced scan)
 4:3 and 16:9 video format: Format detection, scaling to letterbox, center cut-out and SCART signaling

Video On Demand

Interactive Video On Demand (VOD) and Near Video On Demand (NVOD)
 Protocol RTSP
 Verified compliance with leading video server suppliers

Streaming Audio

Audio Types: MPEG (Layer 1, 2, 3), PCM, AC3, AAC

Security

SSL: version 3.0, 64 and 128 bits
 PKI: box login, encryption/decryption (Optional)
 Macrovision copy protection ver. 7.01 (Optional)

DVR (VIP 1960 model)

Hard disk drive: 160 GB (other sizes optional)
 Recording: Time shift and scheduled recording
 Recording formats: MPEG-2, H.264
 Trick play: Rewind, fast forward, pause

Graphics

Computer Graphics: 24 bits/pixel RGB
 Resolution: 720x576 pixels (PAL)
 720x480 pixels (NTSC)
 HD Gfx
 Video: 24 bits/pixel RGB
 Picture-in-Graphics
 On Screen Display (OSD)
 Alpha blending
 Color keying
 Graphics accelerator: 2D
 Spatial/temporal deinterlacing using motion detection and estimation
 Independent flicker filtering of graphics

Operating System

LINUX®-based OS

Front Panel Interfaces

Status indication: LED

IR-receiver: Standard

Smartcard reader: ISO 7816-1/2/3

Display: Alpha numeric (optional)

Rear Panel Interfaces

Ethernet: 1 x RJ45 10/100 Base-T

Standard definition video: SCART for RGB, S-video and composite out

High definition video *HDMI* with HDCP support, component video (Y Pb Pr)

Auxiliary devices: SCART (composite in/out and RGB loop through)

Analog stereo: Left/right RCA stereo connectors

Digital 5.1 sound: Optical and coaxial S/PDIF

USB port: Version 2.0

Main power: Connector and Switch

Electrical Requirements

External power supply: PSU 5.7V (VIP1910 model)

Internal power supply: 110V-240V (VIP1960 model)

Power consumption: <7 W full load (VIP1910 model)

<30 W full load (VIP1960 model, 160GB HDD)

ANEXO E

**LÍMITES DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO Y COBERTURA DE LA OFICINA
CENTRAL SAN ISIDRO**

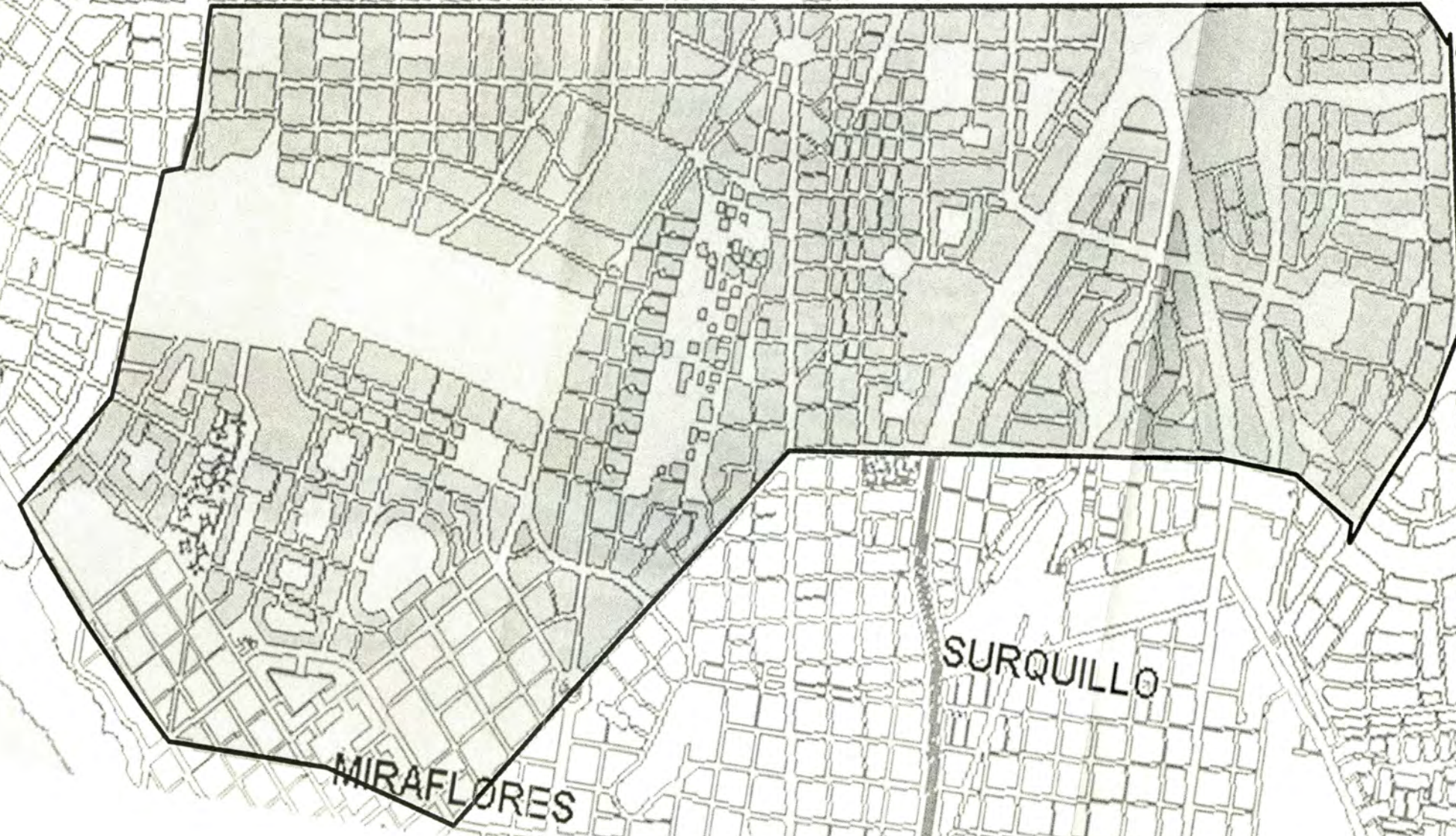


JESUS MARIA

LINCE

LA VICTORIA

MAGDALENA
DEL MAR



SAN B

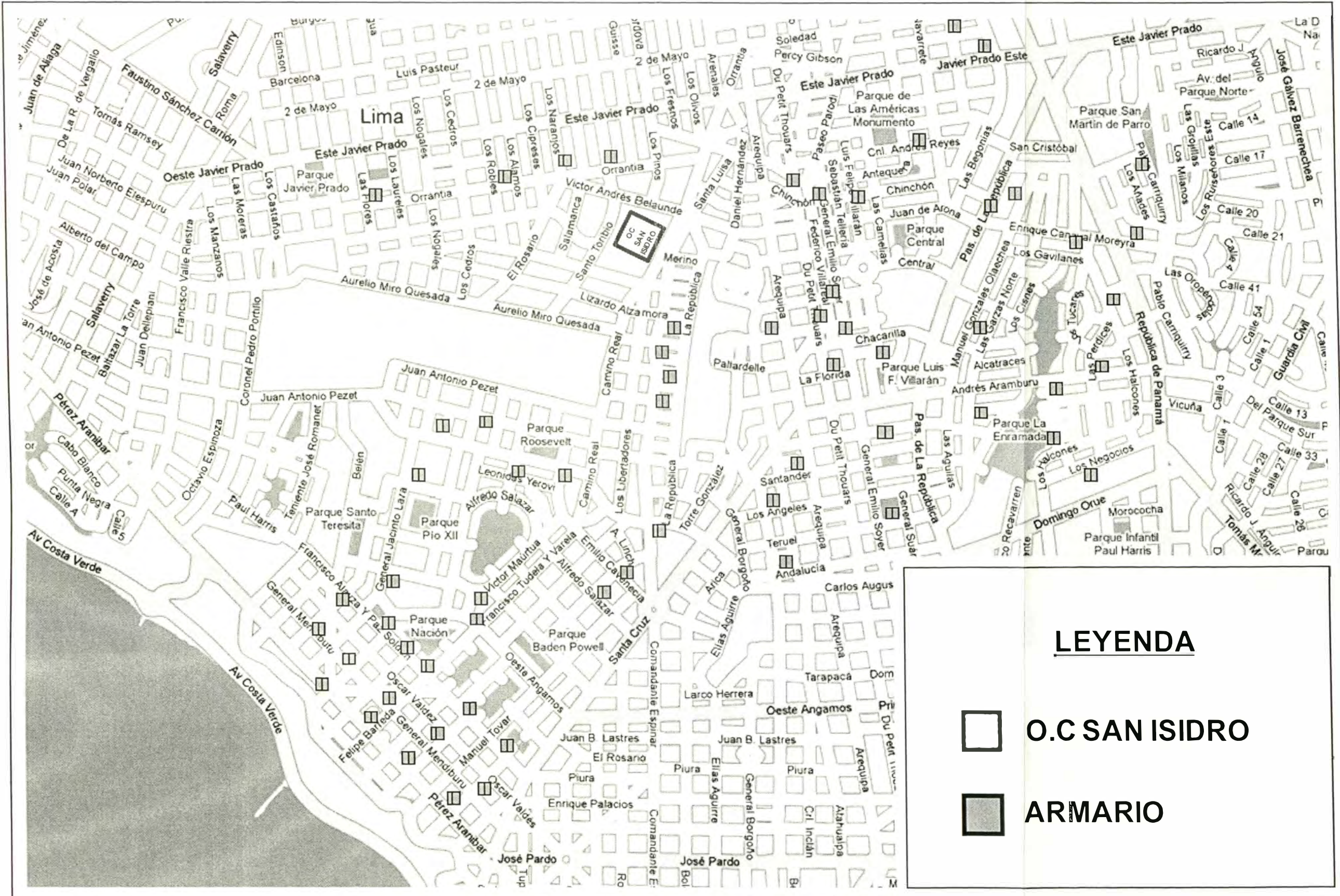
OCEANO
PACIFICO

SURQUILLO

MIRAFLORES

ANEXO F

UBICACIÓN DE ARMARIOS DE LA OFICINA CENTRAL DE SAN ISIDRO



LEYENDA



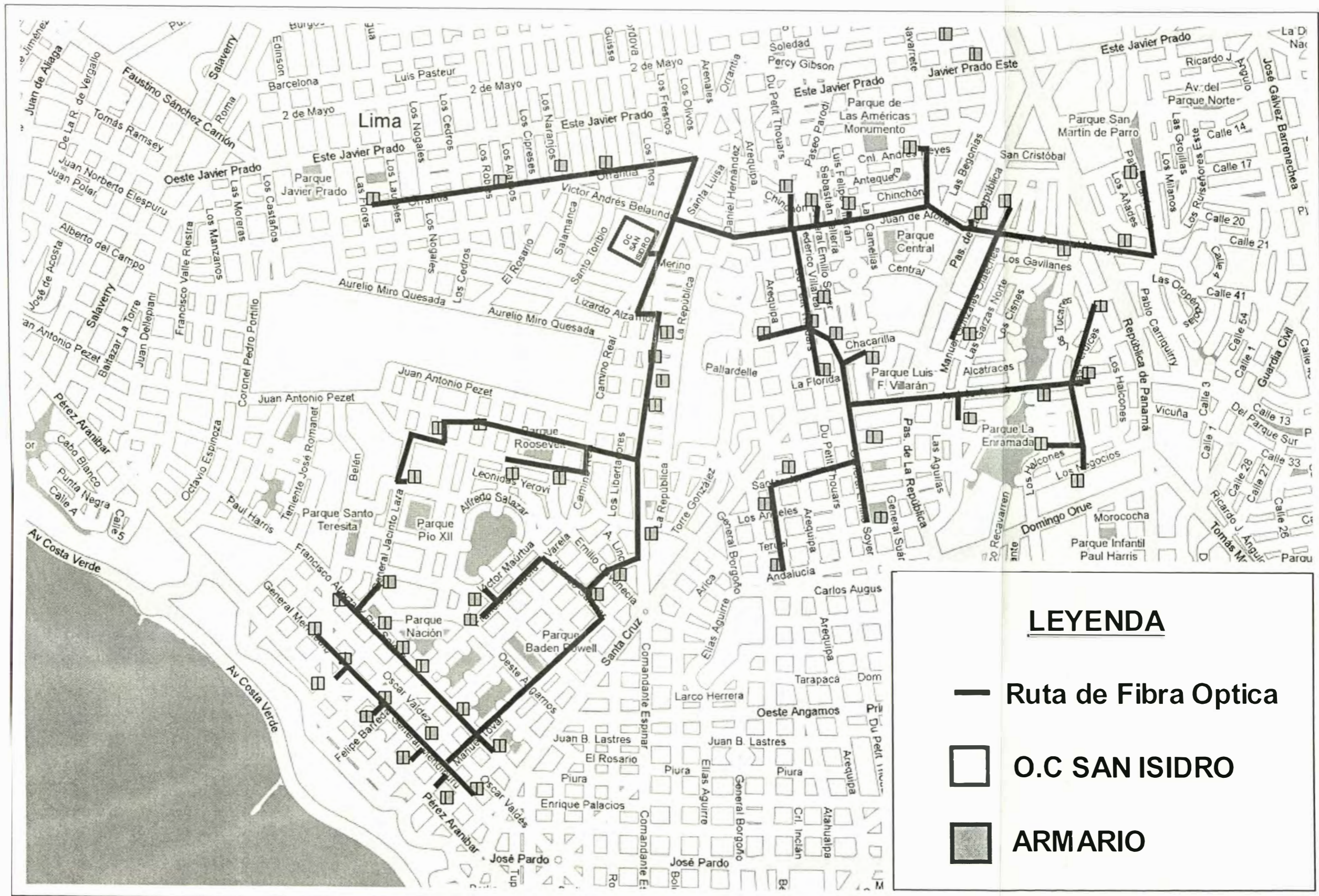
O.C SAN ISIDRO



ARMARIO

ANEXO G

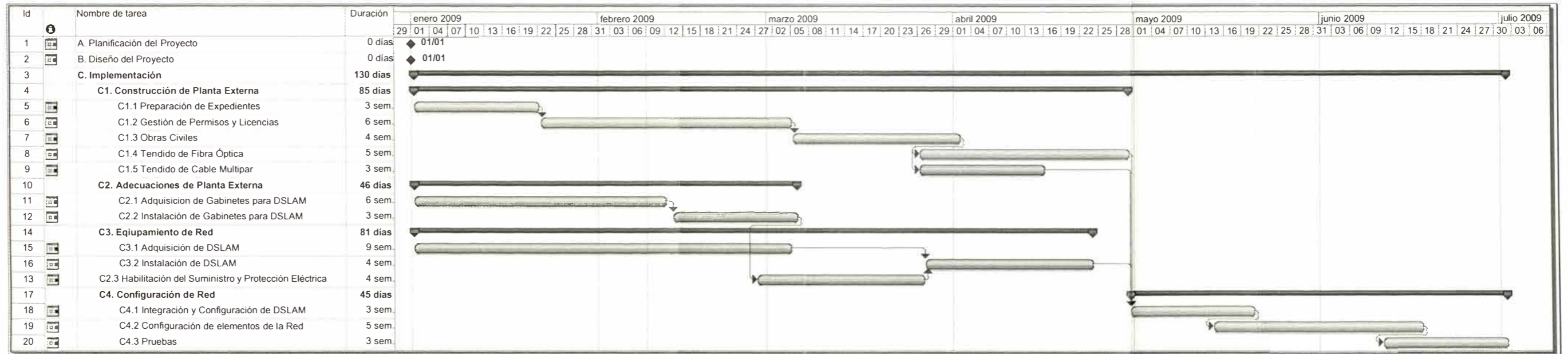
RUTA PRELIMINAR DE LA FIBRA ÓPTICA DE ACCESO A LOS *DSLAM*



LEYENDA

- Ruta de Fibra Optica
- O.C SAN ISIDRO
- ARMARIO

ANEXO H
CRONOGRAMA DEL PROYECTO



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ANEXO I

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line
ATM Asynchronous Transfer Mode
CPE Customer Premises Equipment
DSLAM Digital subscriber line access multiplexer
DVD Digital Versatile Disk
FTTB Fiber to the Building
FTTC Fiber to the Cabinet
FFTH Fiber to the Home
HD High Definition
HDTV High-definition television
HG Home Gateways
IGMP Internet Group Management Protocol
IP Internet Protocol (RFC 791)
IPTV Internet Protocol Television
PON Passive Optical Network
QoS Quality of *Service*
SD Standard Definition
SDTV Standard-definition television
STB Set Top Box
TV Televisión
VDSL Very High Speed Digital Subscriber Line
VoD Video on Demand

BIBLIOGRAFÍA

1. Andre Girard, "FTTx PON Technology and Testing. A detailed review of system performances, issues and testing solutios", EXFO Electro-Optical Engineering Inc., 2005.
2. Archivo Telefónica del Perú
3. "VDSL2 - The Ideal Access Technology for Delivering Video Services Revision 2", Aware White Paper, 2006.
4. "H.264 & IPTV over DSL. Enabling New Telco Revenue Opportunities", Intel Corporation White Paper, 2004.
5. "Introduction to IGMP for IPTV Networks. Understanding IGMP Processing in the Broadband Access Network", Juniper Network White Paper, 2008.
6. "DSLAM Selection for Single-Edge IPTV Networks. Matching DSLAM capabilities with network requirements", Juniper Network White Paper, 2008.
7. "Deploying Fiber-to-the-Most-Economic Point. A comparison between various access technologies and topologies", Alcatel-Lucent White Paper, 2007.
8. "Enabling Your Access Network to Successfully Deploy IPTV", Alcatel-Lucent White Paper, 2007.
9. "The Economics of FTTN vs. FTTP", ADC Telecommunications White Paper, 2007.
10. "G.993.2: Very high speed digital subscriber line transceivers 2 - VDSL2".
(<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/en>)
11. Google Maps (<http://maps.google.com/>)
12. Municipalidad de San Isidro (<http://www.msi.gob.pe/portal/>)
13. Luz del Sur (www.luzdelsur.com)
14. IPTV Forum (www.iptv-forum.com)
15. DSLAM Huawei
(http://www.huawei.com/products/access_network/dslam/ip_dslam.do)

16. DSLAM Alcatel
(<http://www1.alcatel-lucent.com/products/productssummary.jsp?category=Access&productNumber=a7302iSAM&subCategory=IP+Access>)
17. DSLAM ZTE
(<http://wwwen.zte.com.cn/main/P%20AND%20C/Products/Wireline%20products/Access%20Network/Exchange%20and%20access/2008032460418.shtml>)
18. DSLAM Zyxel
(http://www.zyxel.co.cr/web/product_family_detail.php?PC1indexflag=20040812100619&CategoryGroupNo=6F02961F-451E-454A-9961-2932CCE535EF)
19. Modem Zyxel
(http://www.zyxel.com/web/product_family_detail.php?PC1indexflag=20040812093058&CategoryGroupNo=4B6DBC3F3-C017-4898-8FAF-3E05A37620CA)
20. Modem ZTE
(<http://wwwen.zte.com.cn/main/P%20AND%20C/Products/Wireline%20products/Access%20Network/Broadband%20access%20server%20product%20series%20bras/xDSL%20Modem/2004032253080.shtml>)
21. Modem Netsys
(<http://www.netsys-direct.com/proddetail.php?prod=NV-600L>)
22. STB Motorola
([http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/TV+Video+Distribution/Customer+Premises+Equipment+\(Set-tops\)/IP+Set-tops/VIP1910+Flexible+HD+IP+set-top_US-EN](http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/TV+Video+Distribution/Customer+Premises+Equipment+(Set-tops)/IP+Set-tops/VIP1910+Flexible+HD+IP+set-top_US-EN))
23. STB Cisco – Scientific Atlanta
(http://www.sciatl.com/products/customers/prod_sub IPTV_settops.htm)