

**OSIPTEL**

**Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones**

---

**Determinación del Cargo de Interconexión por la  
Terminación de Llamada en la Red Fija Local**

**Gerencia de Políticas Regulatorias y Planeamiento Estratégico**

Lima, Diciembre de 2002

## Contenido

RESUMEN EJECUTIVO .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. DEFINICIÓN DE INTERCONEXIÓN .....	5
3. ASPECTOS REGULATORIOS DE LA INTERCONEXIÓN.....	6
3.1 EXTERNALIDADES POSITIVAS DE LA RED .....	6
3.2 INNECESARIA DUPLICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE RED.....	6
4. NORMATIVA APLICABLE ACERCA DE LOS CARGOS DE INTERCONEXIÓN.....	7
5. DISEÑO DE UN MODELO DE COSTOS INCREMENTALES DE LARGO PLAZO .....	9
5.1 COMPONENTES DE UN MODELO DE COSTOS DE INTERCONEXIÓN .....	9
5.2 ASPECTOS PARTICULARES PARA EL CASO PERUANO .....	11
5.2.1 Identificación del diseño y jerarquía de la red.....	11
5.2.2 Conexiones físicas entre los elementos de la red.....	11
6. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE COSTOS PRESENTADO POR TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.....	13
6.1 INSUMOS DEL MODELO.....	14
6.2 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE TRANSMISIÓN .....	15
6.2.1 Definición y Estimación del Tamaño de los Anillos .....	15
6.2.2 Dimensionamiento de los anillos.....	16
6.2.3 Estimación de los Costos de Transmisión .....	17
6.3 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS EN CONMUTACIÓN.....	17
6.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS TOTALES POR MINUTO (POR ELEMENTO) .....	19
7. COMENTARIOS INICIALES AL MODELO PRESENTADO POR TELEFÓNICA .....	20
8. CORRECCIONES DE OSIPTEL AL MODELO PRESENTADO POR TELEFÓNICA .....	23
8.1 PONDERACIONES Y TRÁFICO UTILIZADOS PARA OBTENER EL COSTO PROMEDIO PONDERADO A NIVEL NACIONAL .....	23
8.2 TASA ANUAL DE COSTO DE CAPITAL.....	23
8.3 INVERSIÓN EN EDIFICACIONES COMO INVERSIÓN DE SOPORTE .....	26
8.4 GASTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO ASOCIADOS A LA INVERSIÓN EN SOPORTE .....	26
8.5 FACTORES ANUALES DE DEPRECIACIÓN ASOCIADOS A LA INVERSIÓN EN CONMUTACIÓN .....	27
9. SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CARGOS DE INTERCONEXIÓN .....	28
9.1 TARIFA POR MINUTO.....	28
9.2 CARGO POR CAPACIDAD (POR LA LÍNEA DE INTERCONEXIÓN).....	29
9.3 PROPUESTAS DE OSIPTEL PARA EL CARGO DE INTERCONEXIÓN.....	30
10. MODELO DE SIMULACIÓN DE COSTOS ELABORADO POR OSIPTEL.....	31
11. CONCLUSIONES.....	32
12. BIBLIOGRAFIA.....	33
13. LISTADO DE ABREVIATURAS .....	34
ANEXO 1: LISTADO DE CUADROS Y GRÁFICOS .....	35
ANEXO 2: PARÁMETROS TÉCNICOS DEL MODELO DE TELEFÓNICA DEL PERÚ .....	36
ANEXO 3: MODIFICACIONES AL CÓDIGO EN MATHEMATICA .....	37
ANEXO 4: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO ELABORADO POR OSIPTEL .....	40

## Resumen Ejecutivo

La interconexión de redes de los servicios públicos de telecomunicaciones cumple un papel fundamental en la promoción de la competencia en la medida que permite lograr la integración de las distintas redes y facilita a los usuarios acceder a múltiples servicios de telecomunicaciones utilizando la misma infraestructura.

Los Lineamientos de Apertura de las Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 020-98-MTC) y el Reglamento de Interconexión (Resolución N°018-98-CD/OSIPTEL) definen los mecanismos y los conceptos de costos que deben ser considerados en la determinación de dichos cargos. Al respecto, la normativa establece la posibilidad de estimarlos vía la implementación de un modelo que refleje los costos referidos a la prestación de dicho servicio. En ese sentido, la determinación de los cargos puede basarse en el modelo de costos presentado por la empresa concesionaria, y complementariamente en la elaboración por parte de la autoridad reguladora de un modelo de costos que simule los costos de una empresa eficiente.

De acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 005-2002-CD/OSIPTEL, mediante comunicación GGR-107-A-306/IN-02, recibida el 08 de abril de 2002, Telefónica del Perú S.A.A. (en adelante Telefónica) solicitó el inicio del procedimiento de revisión del cargo tope de interconexión vigente para la terminación de llamada en la red del servicio de telefonía fija local.

Para tales efectos, mediante cartas N°GGR-107-A-642/IN-02 y GGR-107-A-658/IN-02, recibidas por OSIPTEL el 14 y 21 de agosto de 2002, respectivamente, Telefónica envió su modelo de costos y el código fuente del mismo. Posteriormente, de acuerdo a lo requerido por OSIPTEL, Telefónica cumplió con enviar el sustento de las variables insumo de su modelo el 11 y 12 de setiembre de 2002, mediante cartas N°GGR-107-A-724/IN-02 y N°GGR-107-A-731/IN-02.

La normativa vigente establece que los cargos de interconexión deben de basarse en: (i) el costo incremental de largo plazo; (ii) una contribución a los costos comunes; y, (iii) un margen de utilidad razonable. Una de las características del enfoque de costeo TELRIC (Total Element Long Run Incremental Cost) es que permite estimar el cargo de interconexión cumpliendo con los tres requisitos antes mencionados.

Bajo un enfoque de costeo TELRIC, se requiere estimar los costos sensibles y no sensibles al tráfico, para los elementos de conmutación, transmisión y señalización. En forma general, el estudio de costos presentado por Telefónica cumple con las características previstas en el marco normativo. Sin embargo, en la aplicación y detalles de cálculo del modelo presentado, OSIPTEL ha realizado correcciones a dicho modelo.

OSIPTEL a través del presente documento describe los aspectos más relevantes del modelo de costos presentado por la empresa concesionaria, así como los cambios considerados en el mismo luego de la revisión que ha realizado. Las observaciones y cambios propuestos por OSIPTEL al documento presentado por Telefónica son los siguientes: (i) ponderaciones utilizadas para obtener el costo promedio ponderado a nivel nacional; (ii) tasa anual de costo de capital; (iii) inversión en edificaciones como inversión de soporte; (iv) gastos anuales de mantenimiento asociados a la inversión en soporte; y (v) factores anuales de depreciación asociados a la inversión en conmutación.

Respecto de la política tarifaria a seguir para la fijación de los cargos tope de interconexión, el presente documento propone la implementación de dos alternativas tarifarias: (i) cargo tope promedio ponderado por minuto y (ii) cargo Tope por Capacidad (por E1). En ese sentido, se permite que cada operador determine el esquema de determinación de cargos que se ajuste a sus decisiones comerciales y al nivel de competencia que resulte de los mercados en los que actúan.

La propuesta de un cargo por capacidad como alternativa para el operador que solicita la interconexión al operador de la red de telefonía fija local, busca de una lado relacionar el precio de la terminación de llamada con la variable generadora de costos, la capacidad de la red para abastecer el tráfico en la hora

cargada y de otro lado, promover una mayor competencia en los mercados de servicios finales que requieren de la terminación de llamada en las redes fija locales como un insumo esencial. Esta política de cargos de interconexión es acorde con lo ocurrido en España y Colombia, recientemente, y con lo recomendado por expertos como Brock (1995) y Arnbak, Mitchell, Vogelsang y otros (1994) en su recomendación a la Unión Europea en materia de cargos de interconexión que permitan promover mayor competencia y eficiencia en los diversos mercados de telecomunicaciones.

La propuesta final de Telefónica para la fijación del cargo tope de interconexión es de US\$ 0,01766 por minuto tasado al segundo. OSIPTEL ha realizado correcciones al estudio de costos de Telefónica. El estudio de costos obtiene un cargo tope de US\$ 0,01284, tasado al segundo, y de US\$ 1 774, 56 por E1.

## Determinación del Cargo por la Terminación de Llamada en la Red Fija Local

### 1. Introducción

La interconexión de redes cumple un papel fundamental en un contexto de libre competencia entre operadores de servicios públicos de telecomunicaciones. A través de la interconexión se busca la integración de las distintas redes, de forma tal que permita simular a una gran red que facilite a los usuarios acceder a múltiples servicios de telecomunicaciones utilizando la misma infraestructura.

La interconexión de redes, requiere que los operadores titulares de dichas redes acuerden los términos y condiciones de la interconexión (contrato de interconexión). Para tales efectos, las partes tienen un período de negociación, a cuyo término deberán remitir su contrato de interconexión para la aprobación del OSIPTEL. Ante la inexistencia de un contrato de interconexión luego del período de negociación, y ante la solicitud de alguna de las partes, OSIPTEL está dotado con facultades regulatorias para ordenar, vía un Mandato de Interconexión, la interconexión de las redes de telecomunicaciones que estén involucradas.

En cuanto a la forma de los contratos y mandatos de interconexión, nuestro ordenamiento jurídico de forma similar al de otros países, ha adoptado un sistema por el cual el Estado, a través de un organismo regulador autónomo y especializado, supervisa la negociación y los acuerdos relativos de la interconexión, en atención al interés público y a la obligatoriedad de la misma. En ese sentido, con la finalidad de regular los procesos de interconexión es necesario definir los aspectos relacionados con los valores de los servicios de interconexión (cargos de acceso) y aquellos relacionados con aspectos jurídicos y técnicos de dichos procesos.

Respecto de los valores de los cargos, uno de los principales cargos a definir corresponde a la originación y/o la terminación de una llamada en una determinada red de telefonía local<sup>1</sup>. Para tales efectos, los Lineamientos de Apertura de las Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 020-98-MTC) y el Reglamento de Interconexión (Resolución N°018-98-CD/OSIPTEL) definen el mecanismo y los conceptos de costos que deben ser considerados en la determinación de los cargos de interconexión.

La normativa establece, que para fines de la estimación de dichos cargos vía la implementación de un modelo de costos, la posibilidad que la empresa concesionaria presente a OSIPTEL su modelo de costos, y que de forma complementaria, OSIPTEL realice un estudio de costos basado en el modelamiento de una empresa eficiente. El presente documento tiene como objetivo describir los aspectos relevantes del modelo de costos presentado por la empresa concesionaria, y presentar los cambios considerados en el mismo luego de la revisión realizada por OSIPTEL.

### 2. Definición de Interconexión

El Reglamento de Interconexión, aprobado mediante Resolución N°001-98-CD/OSIPTEL publicado el 17 de Enero de 1998 en el Diario Oficial El Peruano, define la Interconexión como el conjunto de acuerdos, reglas y aspectos técnicos, operativos y legales, que permite que los usuarios de los servicios de telecomunicaciones prestados por un operador puedan comunicarse con los usuarios de otro operador. El establecimiento de la interconexión es de interés público y social, motivo por el cual, ante el requerimiento de una de las partes, dicha interconexión es de carácter obligatorio<sup>2</sup>.

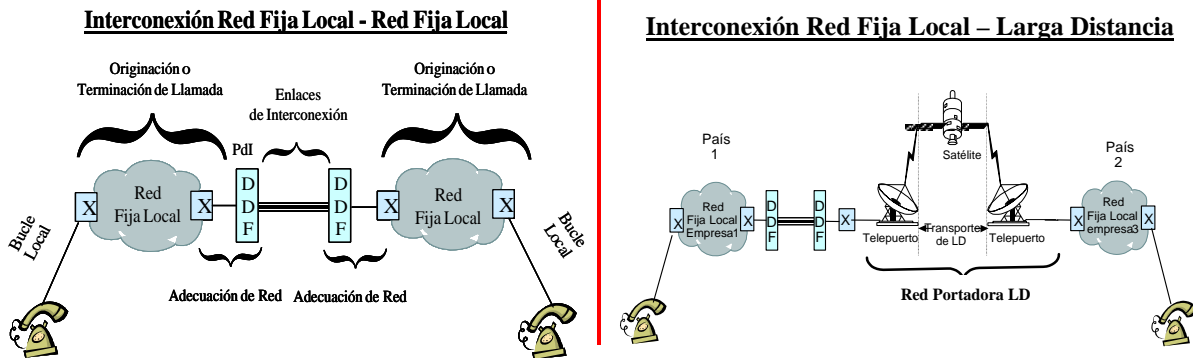
Debido a la existencia de diversas modalidades de prestación del servicio telefónico, es posible encontrar una diversidad de tipos de acuerdos entre empresas. En el gráfico 1 se presentan, a modo de ejemplo, dos relaciones de interconexión, una entre dos redes de telefonía fija local, y otra entre una red de telefonía fija local y una red del servicio de larga distancia.

---

<sup>1</sup> Las empresas en virtud de su libertad contractual pueden pactar cargos menores a los topes establecidos por el OSIPTEL.

<sup>2</sup> Artículos 4° y 5° del Reglamento de Interconexión.

**Gráfico 1**  
**Presentación gráfica de una relación de Interconexión<sup>3</sup>**



PdI: Punto de Interconexión.  
DDF: Digital Distribution Frame (Bastidor de Distribución Digital).

### 3. Aspectos Regulatorios de la Interconexión

En la experiencia internacional de privatización y concesión de infraestructura, los acuerdos de interconexión y los cargos de acceso a otras redes (cargos de interconexión) representan temas centrales del marco regulatorio, pues su definición y valor pueden convertirse en elementos disuasorios o barreras de entrada al mercado, y afectar los niveles de competencia en la industria. Desde el punto de vista de la teoría económica, existen dos razones principales por las que se establece la necesidad de regular dichos acuerdos: (i) la creación de externalidades de red y, (ii) la innecesaria duplicación de infraestructura de red de telefonía fija local.

#### 3.1 Externalidades positivas de la red

En toda red de telecomunicaciones existen costos comunes importantes que deben ser cubiertos por la totalidad de los usuarios conectados a la misma. Así, el ingreso de uno o más usuarios no sólo reduce la proporción de los costos comunes que debe ser asumida por cada uno de ellos, sino que también genera una externalidad positiva de red, o equivalentemente, un efecto multiplicador sobre los beneficios de los usuarios al ampliar las posibilidades de comunicación que obtienen los usuarios de la red.

#### 3.2 Innecesaria duplicación de infraestructura de red

Uno de los aspectos que caracterizan a las industrias de servicios públicos es la utilización de extensas redes, las mismas que debido a sus significativos costos hundidos y a la subaditividad<sup>4</sup> de su función de costos, pueden conllevar a la existencia de un monopolio natural en los mercados donde se proveen dichos servicios públicos. En ese sentido, un marco regulatorio que no regule la obligación de interconexión implicaría establecer una barrera de entrada y una importante reducción de la capacidad de generar competencia en diferentes servicios, pues obligaría a la duplicación de infraestructura por cada proveedor del servicio para llegar a todos los usuarios. Asimismo, la fijación de un valor para el acceso a esta infraestructura (cargo de interconexión) es importante, pues un inadecuado establecimiento del mismo podría impedir la entrada de nuevos operadores. Por ello, los

<sup>3</sup> Laffont y Tirole (2000) distingue entre dos tipos de interconexión: unidireccional (one-way) y bidireccional (two-way). Al respecto, el esquema de interconexión fijo- fijo local corresponde a una interconexión bidireccional, mientras que el esquema de interconexión fijo local- larga distancia representa un acuerdo unidireccional.

<sup>4</sup> Ver en Baumol, Panzar y Willig (1982) y Panzar (1989) una exposición sobre los aspectos tecnológicos de los denominados monopolios naturales. La condición de subaditividad para una canasta Y de servicios esta dada por  $\sum_i C(Y_i) \geq C(Y)$ , donde:  $\sum_i Y_i = Y$ .

marcos regulatorios suelen incorporar la obligación adicional de establecer cargos de interconexión basados en costos.

#### 4. Normativa Aplicable acerca de los Cargos de Interconexión

El contrato de concesión de Telefónica del Perú S.A.A., trata los aspectos relativos a la interconexión en la Cláusula 10, sección 10.01, allí se establece que:

*“(b) Contratos de Interconexión. Todos los contratos de interconexión entre la EMPRESA CONCESIONARIA y otros prestadores de SERVICIOS PORTADORES y SERVICIOS FINALES aplicables, serán por escrito de acuerdo con: (i) la LEY DE TELECOMUNICACIONES y otros reglamentos promulgados de acuerdo con dicha Ley; (ii) los reglamentos emitidos por OSIPTEL; y, (iii) los principios de neutralidad, no discriminación, igualdad de acceso e iguales términos y condiciones. Los cargos de interconexión serán establecidos de acuerdo con cada tipo de SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES y deberán incluir el costo de interconexión, contribuciones a los costos totales del prestador del SERVICIO LOCAL y un margen de utilidad razonable.”*

El Contrato de Concesión establece los criterios generales en los que debe basarse la fijación de los cargos de interconexión, pero deja a OSIPTEL, los detalles de cómo se determinan dichos criterios a los reglamentos emitidos. Esto último ha sido recogido en los Lineamientos de Apertura y en el Reglamento de Interconexión. Los Lineamientos de Apertura de las Telecomunicaciones (Decreto Supremo N° 020-98-MTC) y el Reglamento de Interconexión (Resolución N°018-98-CD/OSIPTEL) definen el mecanismo y los conceptos de costos que deben ser considerados en la determinación de los cargos de interconexión.

##### Lineamiento 44

*“El Reglamento de Interconexión vigente establece, en su artículo 13°, que los cargos de interconexión son iguales a la suma de: (i) los costos de interconexión, (ii) contribuciones a los costos totales del prestador del servicio local, y (iii) un margen de utilidad razonable. En el artículo 14°, se define el costo de la interconexión como la diferencia en los costos totales que incluyen la instalación determinada y los costos totales que excluyen dicha instalación, dividida por la capacidad de la instalación, es decir, los costos medios. (...)”*

En lo que se refiere a la definición del costo de interconexión, señalado en el numeral (i) del Lineamiento 44, dicho costo es definido como el costo incremental de largo plazo tanto en el Reglamento de Interconexión como en el mismo Lineamiento de Apertura<sup>5</sup>. Así, el Reglamento de Interconexión señala:

*“Artículo 14°.- Para los fines del presente Reglamento, se entiende que son costos de interconexión los incurridos en brindar la instalación para la interconexión y que son directamente atribuibles a la misma.*

*El costo de la interconexión para cada instalación se define como la diferencia en los costos totales que incluyen la instalación determinada y los costos totales que excluyen dicha instalación, dividida por la capacidad de la instalación (...)”*

De otro lado, los principios sobre los que se deben de determinar el costo de interconexión están comprendidos en el Artículo 15° del Reglamento de Interconexión:

*“Artículo 15°.- El costo de interconexión se establecerá con sujeción a los siguientes principios básicos:*

---

<sup>5</sup> Se define al costo incremental de una actividad determinada como la diferencia entre el costo total que incluye a la actividad costeadada y el costo total que la excluye.

- a) Los costos de interconexión incluirán únicamente los costos asociados a las instalaciones y activos necesarios para la interconexión.
- b) Para calcular el valor de los activos se considerará su valor de adquisición utilizando las tecnologías más eficientes que puedan ser utilizadas para proveer la instalación necesaria para la interconexión.
- c) Para determinar los factores de depreciación, se utilizará la vida útil de los activos de acuerdo a los Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados en el Perú.
- d) Los costos de interconexión incluirán los de planeamiento, suministro, operación y conservación de la infraestructura necesaria. No se incluirán costos de modernización o mejoras de la red, salvo que se hubiese tenido que incurrir en ellos para efectuar la interconexión.
- e) No forman parte de los costos de interconexión aquellos en los que el concesionario u otros operadores vinculados directa o indirectamente incurran, o hayan incurrido, que no estén relacionados directamente con proporcionar el acceso a la instalación.”

En cuanto al margen para la retribución de los costos comunes no atribuibles, señalado en el numeral (ii) del Lineamiento 44, el Reglamento de Interconexión establece que:

**“Artículo 16º.-** La contribución a los costos totales del prestador del servicio local a que se refiere el artículo 13º, se fijará de manera tal que permita cubrir una porción de los costos comunes no directamente atribuibles a los servicios de interconexión. En virtud del principio de no-discriminación, el margen sobre el costo de interconexión de una instalación, el que será aprobado por el OSIPTEL, deberá ser igual para los distintos operadores y otros operadores directa o indirectamente vinculados al operador que posee la instalación.”

La norma plantea que la retribución a los costos comunes no atribuibles se haga a través del establecimiento de un margen (tasa porcentual) sobre el costo de interconexión. Al respecto, OSIPTEL considera que la definición de costo incremental establecida en la normativa citada, no define literalmente una metodología particular de costeo incremental de largo plazo, en razón de lo cual las empresas pueden presentar alguna de las variantes metodológicas del costo incremental de largo plazo, siempre que se cumpla con la normativa vigente.

En cuanto al margen de utilidad razonable señalado en el numeral (iii) del Lineamiento 44, es importante indicar que de acuerdo con lo expresado en el Artículo 17 del Reglamento de Interconexión, el mismo se encuentra considerado dentro de la estimación del costo promedio ponderado del capital del operador que provee el servicio, debiendo asumirse para su estimación la estructura de apalancamiento de dicha empresa. Adicionalmente, en lo que se refiere a los criterios utilizados para determinar los cargos de interconexión, los Lineamientos de Apertura establecen que:

#### **Lineamiento 46**

*“Para establecer los cargos por defecto, y en su caso, de acuerdo a la ley, establecer mandatos o resolver una controversia, se aplicará el Reglamento de Interconexión, para lo cual se obtendrá la información sobre la base de: a) La información de costos, proporcionados por las empresas b) En tanto y en la medida que no sea posible lo primero, para el establecimiento de los cargos, se utilizarán mecanismos de comparación internacional, tomando en cuenta las mejores prácticas de la región, adaptada a la realidad de Perú c) Como complemento podrá considerarse también la simulación de una empresa eficiente, que recoja los parámetros de la realidad peruana.”*

#### **Lineamiento 47**

*“De acuerdo a lo analizado, en una primera etapa no será posible contar con información desagregada que permita establecer los cargos de interconexión por defecto en base al método del literal a). En vista de ello, es necesario, que en la primera etapa se determinen estos cargos sobre la base del método previsto en el literal b). En una segunda etapa, los cargos deben basarse en el método a) y, complementariamente, en el c).”*



Así, es claro del texto de la norma, que el análisis técnico inicial es sobre el estudio de costos presentado por la empresa y que, de forma complementaria, OSIPTEL podría realizar un estudio de costos de una empresa eficiente. Es necesario señalar, que el estudio de costos presentado por la empresa, pasa por un análisis previo que debe determinar su cumplimiento respecto a lo establecido en la normativa vigente.

## **5. Diseño de un Modelo de Costos Incrementales de Largo Plazo**

La normativa establece que el cargo de interconexión debe ser igual al costo económico incremental de largo plazo más la contribución a los costos económicos comunes. Para tales efectos, existen dos metodologías: el costo incremental de largo plazo por servicio, (TSLRIC) y el costeo incremental de largo plazo por elementos (TELRIC). TSLRIC, calcula el costo incremental de largo plazo según los servicios provistos por la empresa y luego le agrega un margen (mark-up) como contribución a los costos comunes no atribuibles. Por ejemplo, si la actividad a costear es la terminación de llamada, dicha metodología consideraría todos aquellos costos directa e indirectamente atribuibles al referido servicio, luego de lo cual se agrega un margen con la finalidad de cubrir los costos comunes no atribuibles.

El enfoque TELRIC calcula el costo incremental de una actividad no en función de los costos atribuibles a la actividad costeadada, sino en función del costo incremental de los elementos utilizados en la provisión de la misma. A manera de ejemplo, podemos indicar que los elementos a ser considerados en el caso del servicio de terminación de llamada son: conmutación según el tipo de central (tandem, cabeceras y remotas), señalización y transmisión según el nivel jerárquico (a nivel tandem –cabeceras y a nivel cabeceras-remotas). Con esta metodología se evita la desventaja principal del método TSLRIC, esto es, la asignación arbitraria de un margen para cubrir los costos comunes no atribuibles<sup>6</sup>.

El concepto de costo incremental de largo plazo, por elemento de red, se define como la diferencia en el costo total que resulta de considerar el tráfico en la hora cargada actual y un valor igual a cero para la hora cargada. Asimismo, con la finalidad de modelar los costos de conmutación es necesario tomar en cuenta que la inversión relevante es aquella que no está asociada a la provisión del acceso a los usuarios.

La normativa de interconexión en el Perú, establece que el cargo de interconexión debe basarse en el costo incremental y una contribución a los costos comunes. Una ventaja del enfoque TELRIC, como ya se mencionó, es que permite resolver ambos requisitos sin tener que establecer un margen sobre los costos incrementales.

Antes de iniciar una explicación más detallada del modelo de costos elaborado por la empresa concesionaria, se considera necesario dar una breve introducción acerca de la estructura general que debe cumplir un modelo de costos que busque estimar el costo de terminación de llamada<sup>7</sup> en una red fija, así como presentar algunos de los puntos particulares que dicho modelo debería considerar para el caso peruano.

### **5.1 Componentes de un Modelo de Costos de Interconexión**

Una red de telecomunicaciones puede tipificarse por tres elementos: conmutación, transmisión y señalización, asociados a tres tipos de centrales: tandem, cabeceras y remotas. En ese sentido, la realización de un modelo de costos de interconexión implica básicamente la estimación de los costos correspondientes a dichos elementos. Los costos de señalización son comúnmente estimados como una proporción de la inversión total en conmutación.

---

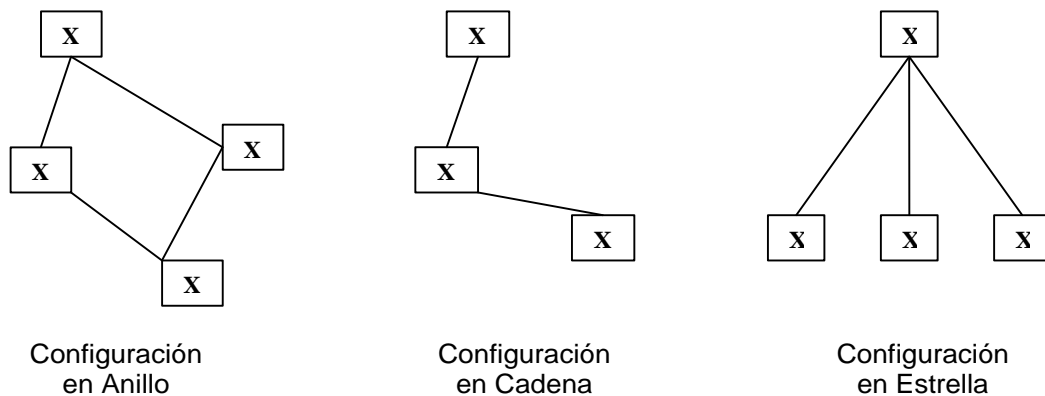
<sup>6</sup> Así, el costo incremental de la originación/terminación de llamada se trata como el costo incremental de los elementos necesarios para proveer dichas actividades (capacidad de enlaces y de conmutadores, medios de transmisión y señalización de redes).

<sup>7</sup> Dado que los costos son los mismos, los cargos por originación de llamada y terminación de llamada son iguales. Por ello, el cargo propuesto en el presente informe es válido para ambos conceptos.

Costos de conmutación se encuentran asociados a la estimación de la inversión realizada en cada uno de los diferentes tipos de centrales, los cuales consideran las cargas de tráfico cursadas (tráfico en hora pico), así como el número de líneas que deben ser atendidas por cada central.

Costos de transmisión corresponden a los diversos medios de comunicación (físicos e inalámbricos) establecidos entre las diferentes centrales que conforman la red telefónica. Para tales efectos, es importante distinguir el tipo de topología que conforman dichas centrales en cada una de las diferentes áreas locales. Como se puede apreciar en el gráfico N°2, existen sistemas alternativos para la configuración de la red en cada área local, según las necesidades de comunicación entre los diferentes nodos y la capacidad de tráfico que debe ser atendida en cada localidad. En ese sentido, una vez identificada la topología de cada zona, la estimación de los costos de transmisión esta asociada con la estimación del tamaño y del dimensionamiento de cada una de las agrupaciones existentes (a nivel tandem-cabecera y a nivel cabecera-remota)<sup>8</sup>.

**Gráfico N° 2**  
**Tipos de Diseño de Red**



X = Identifica un nodo o central telefónica

En el cuadro N°1 se presentan los principales componentes que conforman la red telefónica fija (pertinentes para la prestación de servicio de origenación / terminación de llamadas), así como el detalle de los conceptos de costos relacionados a los mismos.

**Cuadro N° 1**  
**Detalle de Costos a Estimar**

Componente	Costo a Estimar <sup>9</sup>
Centrales tandem	Costo de conmutación
Centrales cabeceras (host)	Costo de conmutación
Centrales remotas	Costo de conmutación
Enlaces entre centrales tandem y cabeceras	Costo transmisión
Enlaces entre centrales cabeceras y remotas	Costo transmisión

<sup>8</sup> Las centrales Tandem corresponden a las centrales de mayor jerarquía, encargadas básicamente de la conmutación de señales entre las diferentes áreas locales (departamentos). Las centrales cabecera son centrales de menor jerarquía, encargadas de la conmutación de señales al interior de cada área local. Las centrales remotas corresponden a las centrales hacia las cuales se encuentran conectados la mayor parte de los usuarios finales del servicio telefónico.

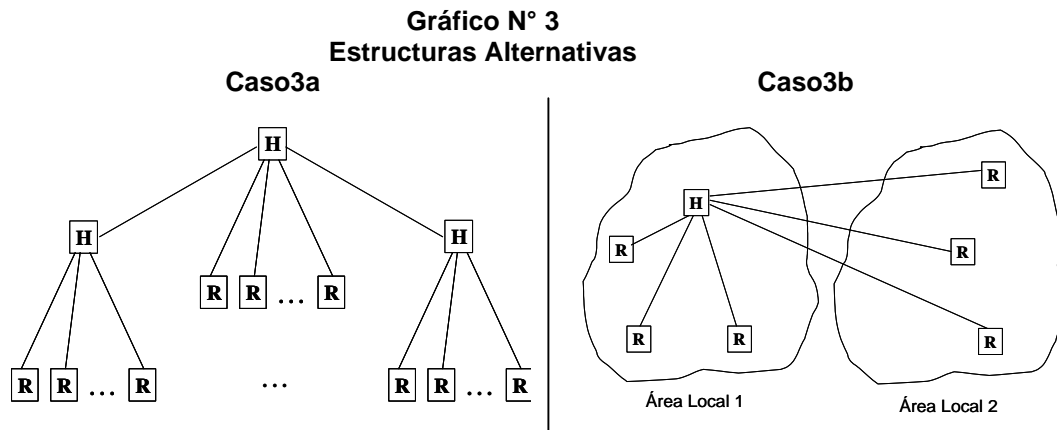
<sup>9</sup> Respecto de la estimación de los costos de transmisión, se deben identificar los diferentes tipos de agrupaciones que existen entre las centrales. En cada área local existen agrupaciones a nivel de centrales tandem-cabeceras y agrupaciones a nivel de centrales cabecera-remotas. En algunos casos, la conformación de dichas agrupaciones se realiza mediante la conformación de anillos, mientras que en otros casos se realiza mediante la conformación de sistemas en cadena o estrella.

## 5.2 Aspectos particulares para el caso peruano

Existen algunos puntos particulares que un modelo de costos de interconexión debería considerar, algunos de los cuales están relacionados con el actual diseño y características de la red existente en el Perú.

### 5.2.1 Identificación del diseño y jerarquía de la red

Con la finalidad de diseñar una red, es necesario identificar la estructura jerárquica (topología) de la red a efectos de establecer el encaminamiento que se desarrolla entre los distintos nodos de red. En ese sentido, se puede considerar una red jerarquizada sobre la base de: (i) unidades remotas asociadas a centrales locales o cabeceras y (ii) centrales locales asociadas a una central tandem. No obstante, debido a diferencias de topología y de demanda, es posible encontrar localidades donde la jerarquía superior está representada por sólo una central local (cabecera) y no por una central Tandem (Ayacucho, Huánuco, Lambayeque, Loreto, San Martín, Tumbes y Ucayali), así como esquemas similares a los presentados en el gráfico N°3:



El caso “3a” corresponde a las áreas locales donde pese a no contar con una central tandem, existe una central local que hace sus veces, permitiendo la comunicación con otras centrales dentro de la misma área local (Arequipa, La Libertad, Piura, Ancash, Cajamarca, Cusco, Ica, Piura, Junín, Puno y Tacna). En este caso se considera el costo del medio de transmisión entre las centrales al interior del área local. El caso “3b” corresponde a las áreas locales donde no existe una central de conmutación local dentro de la misma área local, por lo que las unidades remotas instaladas en dichas áreas están asociadas a una central local ubicada en otra área local (Amazonas, Apurímac, Huancavelica, Moquegua y Pasco). En dichos casos, se ha considerado el costo de la unidad remota, el costo de la central local a la cual está asociada dicha unidad remota, y el costo del enlace de larga distancia nacional desde la unidad remota hacia dicha central local.

Por otro lado, es importante indicar que en el caso del departamento de Lima, a diferencia del resto del país, existen dos centrales tandem en la jerarquía superior. Sobre la base de las diferentes realidades geográficas de cada departamento y de las diferencias en los elementos de red involucrados en la provisión de la interconexión, se considera que debe realizarse la estimación de los costos de interconexión por departamento.

### 5.2.2 Conexiones físicas entre los elementos de la red

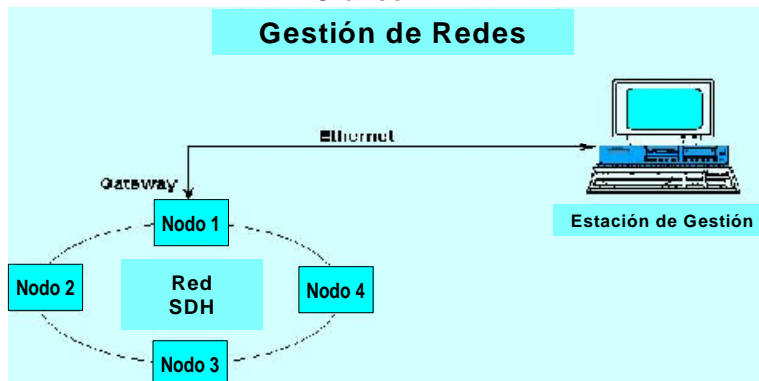
En relación con los medios físicos de conexión al interior de la red, se considera que el diseño de la red debería contener una red de transmisión que utilice la tecnología de transmisión SDH

(Synchronous Digital Hierarchy -Jerarquía Digital Síncrona- )<sup>10</sup>. Las principales ventajas de la tecnología SDH<sup>11</sup> son las siguientes:

- Estándar de transmisión mundial, incluyendo especificaciones para interfaces ópticas, velocidades, códigos de línea y estructura de las tramas.
- Alta velocidad de transmisión sobre fibra óptica.
- Facilidad para funciones de inserción/extracción y cross-connect, debido a la capacidad de acceso directo para tributarios por encima de 64 Kbit/s.
- El SDH reemplaza las versiones antiguas de redes PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)<sup>12</sup> de los años 70. El PDH fue desarrollado para multiplexar circuitos de voz. Con el PDH es sumamente difícil y costoso extraer señales de menor velocidad de los niveles de alta velocidad porque se requiere demultiplexar estas últimas hasta llegar al nivel deseado.
- A la vez que se incrementa la capacidad total, la actualización de un anillo SDH de STM-16 a STM 64 (Synchronous Transport Module) puede significar ahorros en costos con la instalación de pocos regeneradores, amplificadores y instalaciones asociadas a diferencia de otras redes donde usualmente se cambian todos los nodos anteriores.

Es importante señalar que el sistema de transmisión SDH posee como parte del estándar las siguientes capacidades de administración: (i) administración de eventos y alarmas (ii) administración de configuración (iii) administración de desempeño y (iv) administración de acceso y seguridad. En el Gráfico N° 4 se presenta una estación de administración (gestión) conectado a un anillo SDH. Como se puede apreciar, la estación de gestión permite que el administrador de la red pueda cambiar la configuración de la red desde un lugar remoto, permitiéndole a su vez recibir información acerca de la calidad del servicio.

Gráfico N° 4



Respecto de los medios de transmisión, es importante señalar que existen diversas tecnologías alternativas: vía fibra (enterrada, subterránea o aérea), vía radio y vía satélite. La elección de

<sup>10</sup> Para la elaboración del texto relativo al sistema SDH se ha utilizado como referencias o traducido a: (i) José Manuel Huidobro Moya y Rafael Conesa Pastor (1999), Sistemas de Telefonía, Editorial Paraninfo, (ii) What is SDH?...([www.pulsewan.com/data101/sdh\\_basics.htm](http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm)) y (iii) Optical Networking SDH: ([www.frontrunner.eu.com/services/sdh-overview.asp](http://www.frontrunner.eu.com/services/sdh-overview.asp)).

<sup>11</sup> SDH (Jerarquía Digital Síncrona).- Es una técnica de transmisión en la cual se supera los problemas inherentes a la transmisión plesiócrona, en particular, su inhabilidad para extraer circuitos individuales en sistemas de alta capacidad sin necesidad de demultiplexar el sistema entero. Existen velocidades de 155 Mbps (STM-1), 622 Mbps (STM-4) y 2,4 Gbps (STM-16). Las recomendaciones definen una estructura de multiplexación que permite a la señal STM-1 llevar como "carga útil", varias señales de velocidad inferior, lo que hace posible transportar en la red sincrónica, las señales PDH existentes.

<sup>12</sup> PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona). – Es una técnica de transmisión en la cual se multiplexan señales que pueden provenir de equipos diferentes con velocidad de transmisión ligeramente diferentes, por lo que hay que llevarlos a la misma velocidad binaria, mediante la inserción de bits de relleno o justificación. En el momento de la demultiplexación en el destino, estos bits son detectados y desechados, dejando la señal original. La utilización de la transmisión plesiócrona en los distintos niveles de la jerarquía ha llevado a la adopción de la expresión "Jerarquía Digital Plesiócrona".

cada una de ellas depende no sólo de las diferencias en el costo de los equipos, sino también de la realidad topológica de cada zona.

## **6. Descripción del Modelo de Costos presentado por Telefónica del Perú S.A.A.**

El modelo de costos presentado por Telefónica del Perú S.A.A. (en adelante Telefónica) ha sido desarrollado en el software Mathematica, sobre la base del modelo desarrollado en 1999, para OSIPTEL, por la empresa consultora Strategic Policy Research. En cumplimiento del marco normativo vigente, Telefónica ha presentado su estudio de costos incrementales de largo plazo por primera vez, lo cual constituye un importante y adecuado precedente en lo que se refiere al cumplimiento del marco normativo de la interconexión de redes de telecomunicaciones en el Perú y en América Latina.

El modelo de costos presentado por Telefónica estima los costos de los distintos elementos de red utilizados para la terminación de una llamada en la red fija local, los mismos que, como ya se ha señalado anteriormente, están relacionados básicamente con las funciones de transmisión y conmutación.

El modelo de costos presentado corresponde a un modelo de costos del tipo bottom-up (de abajo hacia arriba). Dada la demanda de tráfico en máxima demanda (hora cargada) y las ubicaciones de las centrales locales, el costo total incremental de largo plazo es estimado a partir de los costos totales por elemento de reponer una red nueva que permita abastecer dicha demanda.

Como se ha señalado anteriormente, la diferencia entre el modelo TSLRIC y el TELRIC es la forma de definir el bloque de tráfico incremental, mientras que el TSLRIC define el bloque sobre la base de un servicio incremental, (en este caso el servicio de interconexión), el enfoque TELRIC define el incremento sobre la base de los elementos que participan en una comunicación: conmutación, transmisión y señalización. De esta manera, tal como se puede apreciar en la descripción realizada en la sección anterior, el modelo presentado por Telefónica estima el costo incremental para cada uno de los distintos elementos de red, la contribución a los costos comunes y un margen de utilidad razonable, siguiendo para ello un enfoque que corresponde con la definición de un modelo del tipo TELRIC.

Respecto de la estimación de los costos de transmisión, el modelo identifica los diferentes tipos de agrupaciones que existen entre las centrales de cada departamento. Como ya se ha mencionado, en cada área local existen agrupaciones a nivel de centrales tandem-cabeceras y agrupaciones a nivel de centrales cabecera-remotas. En algunos casos, la conformación de dichas agrupaciones se realiza mediante la conformación de anillos, mientras que en otros casos se realiza mediante la conformación de sistemas en cadena o estrella.

Una vez identificadas las diferentes agrupaciones, así como la configuración de cada una de ellas, el modelo estima el tamaño de las mismas (la sumatoria de las distancias). Por otro lado, sobre la base de la información del tráfico en hora cargada correspondiente a cada nodo, el modelo estima el número de E1 requeridos en cada tipo de agrupación. Posteriormente, considerando la estimación del tamaño de cada agrupación, así como la estimación del número de enlaces requeridos, el modelo estima los costos de transmisión asociados a cada una de ellas, para lo cual se considera el tipo de medio utilizado (fibra o radio).

En relación con los costos de conmutación, el modelo estima la dimensión requerida de cada una de las centrales que conforman la red, ello implica determinar cuáles y cuántos elementos son necesarios para atender los requerimientos relacionados con el número de abonados, tipos de líneas (analógicas o digitales) y el tráfico en la hora cargada. Para ello se toma en cuenta las clases de tarjetas (por tipo de línea y capacidad), almacenes, armarios, equipos para multiconferencias, equipos para anuncios grabados, procesadores centrales y regionales, módulos de conmutación espacial y temporal, entre otros, considerando a su vez, las especificaciones dadas por las empresas proveedoras de equipos.

Finalmente, luego de estimar la inversión requerida en cada uno de los distintos elementos de la red, el modelo estima los gastos anuales correspondientes a dichos elementos, considerando para ello los

costos relacionados al uso del capital (costo de capital, operación y mantenimiento y depreciación) y los costos no asociados al uso del capital (costos de operación de red y costos de overhead). A continuación presentamos una breve descripción de los insumos, así como de la metodología empleada en dicho modelo para la estimación de los componentes de transmisión y conmutación, y para la estimación de los costos de interconexión por minuto.

## 6.1 Insumos del Modelo

Como parte de los insumos utilizados en el modelo, se presenta el listado total de los nodos (centrales tandem, centrales cabecera, unidades remotas) que a la fecha forman parte de la red de telefonía fija en el ámbito nacional, siendo la información considerada para cada una de ellas la siguiente:

- Número de identificación de la central (Total 585).
- Tecnología de transmisión empleada (radio, satélite, fibra (enterrada, subterránea o aérea)).
- Nombre del departamento y de la provincia a la cual pertenece la central.
- Ubicación de la central (latitud y longitud) y número de líneas de la central.
- Funcionalidad del nodo (central tandem, central cabecera o unidad remota).
- Nombre de identificación asignado a la central y nivel de Inversión total por central.
- Especificación si la central forma parte o no de un anillo departamental, es decir, a nivel cabecera-tandem, y se especifica si la central forma parte o no de un anillo provincial, es decir, a nivel remota-cabecera.

Respecto de la clasificación de las centrales según su funcionalidad, es importante señalar que de acuerdo a lo indicado por la empresa concesionaria dicha clasificación así como los diversos grupos conformados a nivel Cabecera-Remota corresponden a la representación del actual diseño de su red.

En relación con la información de tráfico, el modelo utiliza dos tipos de insumos:

- Minutos de uso por central: Equivalente al total de minutos (salientes y entrantes) registrado en cada central. Dicha información corresponde al promedio mensual de los meses de noviembre de 2001, diciembre de 2001 y enero de 2002.
- Minutos de hora cargada por central: Inicialmente Telefónica entregó el tráfico correspondiente a la mayor hora de consumo registrada para cada uno de los días del mes de enero de 2002. Posteriormente, el 14 de agosto de 2002, Telefónica entregó nuevos datos para la hora cargada, para lo cual realizó la sumatoria del total de minutos generados en la hora cargada del mes de enero de 2002, dividiendo dicho resultado entre 29. Esto es, el promedio simple de la hora cargada de enero de 2002 para cada nodo de la red.

Cabe señalar que en ambos casos la información de minutos ha sido clasificada según el tipo de llamada (locales entrantes, locales salientes, fijo a móvil, larga distancia nacional, larga distancia internacional, y uso de Internet). Adicionalmente, la empresa entregó información relacionada con los minutos liquidados por tráfico de interconexión hacia o desde la red de telefonía fija local de Telefónica (por área local), entre enero y diciembre de 2001.

Por otro lado, el modelo utiliza también el detalle del tráfico generado en los distintos enlaces punto a punto existentes entre diversos nodos de la red (rutas directas). De acuerdo a lo señalado por la empresa concesionaria, únicamente existen rutas directas entre centrales de tipo Cabeceras de Lima y sólo cuando el tráfico local entre ellas supera 40 Erlangs<sup>13</sup> en total. Para tales efectos, la información utilizada considera para cada ruta directa la especificación de la central de origen, la

---

<sup>13</sup> **Erlang:** Es la intensidad de tráfico de un órgano o grupo de órganos en los que el tiempo de observación coincide con el tiempo total de ocupación, entendiéndose por tal, la suma de los tiempos de ocupación parciales del órgano o los órganos que se están considerando.

especificación de la central de destino y el tráfico generado en dicha ruta como porcentaje del tráfico total generado en la central de origen.

Finalmente, el modelo utiliza un conjunto de parámetros y supuestos técnicos, como por ejemplo el precio de los diversos equipos de transmisión, factores de depreciación, factores de estimación de gastos de operación y mantenimiento. El concepto y valor de dichos parámetros se presentan en el anexo 2 del presente documento.

## 6.2 Estimación de los Costos de Transmisión

Como se ha señalado anteriormente, la estimación de los costos de transmisión requiere básicamente del desarrollo de las siguientes etapas: (i) Definición y estimación del tamaño de los anillos, (ii) Dimensionamiento de los anillos y (iii) Estimación de los Costos de transmisión asociados a dichos anillos.

### 6.2.1 Definición y Estimación del Tamaño de los Anillos

De acuerdo a lo señalado por la empresa concesionaria, el modelo recoge para cada departamento el actual diseño de su red. Así: (i) Se identifica cuáles son las centrales del tipo Tandem de cada departamento; (ii) Se identifica cuáles son las centrales del tipo cabecera de cada departamento; y (iii) Se identifica las centrales remotas asociadas a cada cabecera

Una vez clasificadas las centrales se determinan las diferentes agrupaciones relacionadas con la conformación de los anillos, es decir, se especifica qué centrales cabecera forman parte de un anillo a nivel cabecera-tandem y qué centrales remotas forman parte de cada anillo en el nivel cabecera-remotas. Para aquellas centrales no consideradas como parte de un anillo se define una configuración en estrella o en cadena.

Posteriormente, en relación con la determinación de la mejor ruta a seguir para cerrar cada uno de los anillos definidos, Telefónica señala haber utilizado un algoritmo denominado de "enfriamiento simulado". Los resultados, correspondientes a la ruta óptima para cada anillo, se traducen en el orden en el cual han sido ingresados los registros de cada central, dentro de la base de datos correspondiente al listado de centrales. Una vez definidos los anillos así como las rutas a seguir en cada uno de ellos, el modelo estima el tamaño de los mismos. Para tales efectos, se utiliza la función denominada "*SphericalDistance*", la cual viene definida en la librería de funciones predeterminadas de Mathematica. Dicha función estima la distancia en kilómetros entre dos puntos geográficos identificados en latitud y longitud según el siguiente detalle:

$$d = R * Ar \cos [\cos(\Phi_1) * \cos(\Phi_2) * \cos(\theta_1 - \theta_2) + \text{sen}(\Phi_1) * \text{sen}(\Phi_2)]$$

Donde:

- $d$  = Distancia
- $R$  = Radio de la tierra
- $\Phi_1$  = Latitud del primer punto
- $\Phi_2$  = Latitud del segundo punto
- $\theta_1$  = Longitud del primer Punto
- $\theta_2$  = Longitud del segundo Punto

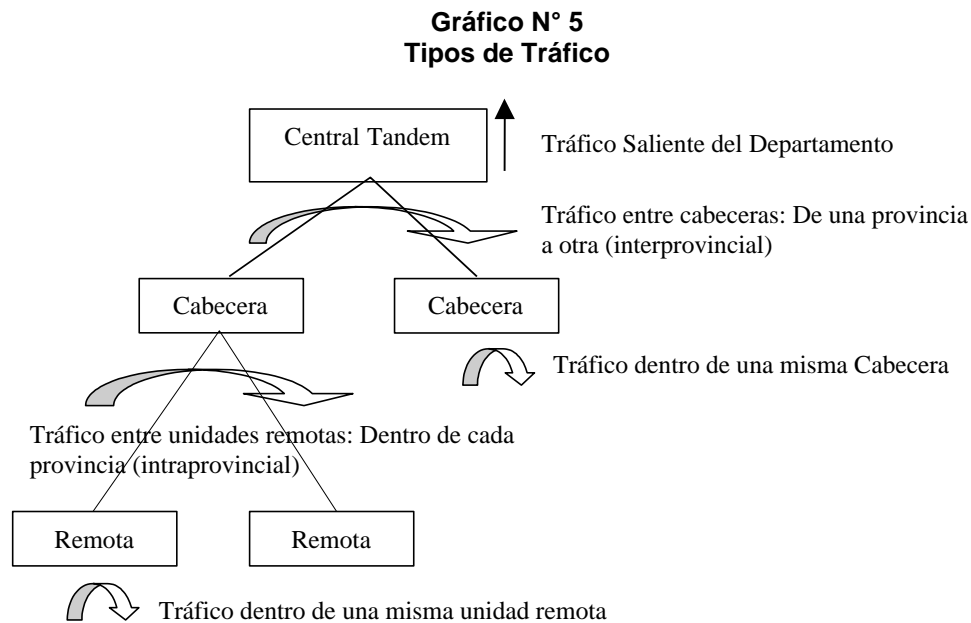
Estimada la distancia de cada uno de los tramos de un anillo, el tamaño de cada anillo equivale a la sumatoria de las distancias de dichos tramos. En relación con aquellas agrupaciones de centrales remotas que no forman un anillo provincial, el modelo las relaciona con la central cabecera con la que están asociadas configurando un diagrama de árbol de expansión mínima, para ello se implementa un algoritmo denominado "Algoritmo de Prim", de forma tal que se construya el árbol que minimice la distancia total del mismo.

Adicionalmente se define y emplea un factor de corrección denominado "factor no lineal", el mismo que multiplica cada una de las distancias estimadas según los siguientes casos: (i) En el

caso que el medio de transmisión sea fibra óptica, se toma en cuenta si esta es subterránea, directamente enterrada o aérea, asignándose el “factor no lineal urbano” (ii) En el caso que el medio de transmisión sea radio, se utiliza el “factor no lineal de radio”.

## 6.2.2 Dimensionamiento de los anillos

Luego de haber definido y estimado el tamaño de los anillos, el modelo estima su dimensión (número de E1), utilizando, para tales efectos, el detalle del tráfico en hora cargada registrado en cada caso. El detalle de los principales tipos de tráfico utilizados en el modelo se presenta en el Gráfico N° 5:



El tráfico local es aquel que se origina y termina dentro de un mismo departamento (intradepartamental). Este puede dividirse en tráfico intracentral, interprovincial e tráfico intraprovincial. El tráfico saliente de un departamento considera el tráfico de larga distancia internacional saliente, el tráfico de larga distancia nacional saliente, el tráfico correspondiente a la llamadas fijo-móvil, el tráfico correspondiente a las llamadas realizadas para las conexiones a Internet y el tráfico correspondiente al servicio de interconexión de origenación.

El tráfico entrante a un departamento considera el tráfico del servicio de larga distancia internacional entrante, el tráfico de larga distancia nacional entrante y el tráfico del servicio de interconexión entrante.

Tomando como referencia la información en la hora cargada, convertida en Erlangs<sup>14</sup>, el siguiente paso es determinar el número de canales requeridos por central, para lo cual Telefónica utiliza la siguiente fórmula:

<sup>14</sup> Un Erlang es la intensidad de tráfico de un órgano o grupo de órganos en los que el tiempo de observación coincide con el tiempo total de ocupación, entendiéndose por tal, la suma de los tiempos de ocupación parciales del órgano o los órganos que se están considerando.



$$\text{Prob} = \frac{e^{-n\lambda}}{n!} \frac{1}{1 + \frac{e^{-\lambda}}{1!} + \frac{e^{-2\lambda}}{2!} + \frac{e^{-3\lambda}}{3!} + \dots + \frac{e^{-n\lambda}}{n!}}$$

Donde:

Prob = Probabilidad de Bloqueo (insumo del modelo).

$\lambda$  = Tráfico en Hora Cargada en Erlangs.

$n$  = Número de Canales o Troncales

Para tales efectos, el modelo considera un algoritmo que resuelve dicha igualdad, lo cual implica determinar el número de canales ( $n$ ) que sobre la base del tráfico requerido permite obtener la probabilidad de bloqueo planteada. Una vez estimado el número de canales por central, se estima el número de E1 requeridos, para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$N^{\circ}E1 = \frac{N^{\circ}\text{Troncales}}{\text{Factor de Utilización}}$$

Finalmente, se determina el número de E1 para cada anillo, para lo cual se implementa un algoritmo que suma el número de E1 para el caso de los nodos que pertenezcan a un mismo anillo, sea este del tipo Cabeceras-Remotas o Tandem-Cabeceras.

### 6.2.3 Estimación de los Costos de Transmisión

Sobre la base de la estimación del número de canales y de la topología y tecnología correspondiente a cada caso, se estiman los costos de transmisión, utilizando los precios registrados en la base de datos de entrada (ver anexo 2). En relación con los sistemas de transmisión vía fibra, el modelo utiliza la lista de precios correspondiente a las capacidades de STM-1, STM-4, STM-16 y STM-64. En relación con los sistemas vía radio, utiliza la lista de precios correspondiente a las capacidades 2x4(1+0), 2x16(1+1), 2x16(2+1) y STM-1.

Es importante indicar que el modelo estima un nivel de inversión en transmisión superior al estrictamente requerido para atender el actual nivel de tráfico que se registra a nivel de abonados. Al respecto, Telefónica ha señalado que existen líneas que son arrendadas y utilizadas para la conformación de redes privadas (ejemplo: clientes corporativos), siendo necesario considerar un nivel de dimensionamiento superior, de forma tal que dicho tipo de tráfico también pueda ser atendido. Asimismo, se ha señalado la necesidad de capacidad adicional que permita responder a cualquier incremento inesperado en la demanda.

### 6.3 Estimación de los Costos en Conmutación

Para fines de la estimación del nivel de inversión en conmutación se ha diseñado una jerarquía de conmutación de dos niveles: cabeceras-tandem y unidades remotas de conmutación. Para tales efectos se ha considerado que entre todas las cabeceras de cada departamento una de ellas cumple además funciones de tandem. Esto es así excepto en Lima, departamento que contiene una central que realiza funciones exclusivamente de tandem, es decir, no tiene remotas ni abonados. En la central tandem es donde se realiza la interconexión, así como el enrutamiento de las llamadas de una provincia a otra dentro del mismo departamento y el de las llamadas de larga distancia nacionales e internacionales.

Sobre la base de dicho esquema, el dimensionamiento es por central y en función de los números estimados de troncales. Al respecto, es importante tener en cuenta que para que haya conectividad

entre los diferentes niveles de la jerarquía, cada central de nivel superior tendrá que tener una cantidad de troncales adicionales correspondiente al número de troncales que le llegan desde las centrales del nivel directamente inferior. Esto significa que en el caso de una cabecera con unidades remotas, el número total de troncales asignadas es el necesario para asegurar la conectividad con sus remotas más el necesario para su conectividad con la Tandem del departamento.

Dimensionar una central consiste en determinar cuáles y cuántos elementos son necesarios para atender determinados requerimientos tales como: número de abonados, tipos de líneas (analógicas o RDSI – Red Digital de Servicios Integrados-), tráfico en la hora cargada, entre otros. Para ello se toma en cuenta las clases de tarjetas (para cada tipo de línea y capacidad), almacenes, armarios, equipos para multiconferencias, equipos para anuncios grabados, procesadores centrales y regionales, módulos de conmutación espacial y temporal, etc., de acuerdo a las especificaciones dadas por las empresas proveedoras de equipos.

Adicionalmente, es importante señalar que para el dimensionamiento de las centrales, aparte de las troncales estimadas se han tomado en cuenta varios datos adicionales. Por ejemplo, en el caso de las centrales cabecera, se tiene en cuenta el número de líneas analógicas, accesos RDSI<sup>15</sup> básicos y primarios en servicio, así como el número de unidades remotas que tiene que controlar; mientras que en el caso de las unidades remotas se ha tenido en cuenta el número de líneas analógicas y de accesos RDSI básicos.

Para el caso de las centrales cabecera, los elementos dimensionados corresponden al Sistema APT<sup>16</sup> (subsistema de abonados, subsistema selector de grupo y subsistema de enlaces y señalización) y al Sistema APZ<sup>17</sup>, así como materiales y equipos diversos. Para el caso de las unidades remotas, los elementos dimensionados corresponden únicamente al subsistema de abonado.

En el caso del modelo presentado por Telefónica, todos los cálculos para la central cabecera parten de cinco datos de entrada, que son: número de líneas analógicas, accesos básicos RDSI, accesos primarios RDSI, número de unidades remotas y número de enlaces. Para las unidades remotas los datos de entrada son tres: número de líneas analógicas, accesos básicos RDSI y número de enlaces.

Es importante señalar que no todos los elementos listados anteriormente son requeridos en todas las centrales o unidades remotas. Esto dependerá de los parámetros de entrada (requerimientos) para cada central cabecera o unidad remota. Así por ejemplo, cuando sólo se considere la existencia de líneas de abonado analógicas, los módulos LSM<sup>18</sup> (Line Switch Module) correspondientes a accesos RDSI no serán requeridos. En ese sentido, tomando como insumos los datos de entrada se determina la cantidad de cada uno de los elementos necesarios.

Finalmente, es importante señalar que luego de haber estimado el costo total de conmutación correspondiente a cada central, se deduce de los mismos los siguientes componentes: los armarios y tarjetas de abonados (dentro del subsistema de abonados), los costos asociados a las líneas RDSI, una fracción de los costos asociados al subsistema de enlaces y señalización, y una fracción de los costos asociados a materiales diversos. Al respecto, se ha verificado que para el caso de las

---

<sup>15</sup> **RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).**- Integración de señales analógicas y digitales en una misma red. Cuando se habla de la Red Digital de Servicios Integrados nos referimos a que cualquier tipo de información (voz, datos, imágenes, etc.), una vez codificado digitalmente puede ser tratado de idéntica manera, con la única diferencia de las velocidades requeridas. Una RDSI es integrada porque utiliza la misma infraestructura para muchos servicios que tradicionalmente requerían interfaces distintos (télex, voz, conmutación de circuitos, conmutación de paquetes...); es digital porque se basa en la transmisión digital, utiliza canales de 64 Kbps del MIC (G.732); y es una red porque proporciona transmisión y conmutación.

<sup>16</sup> **APT.**- Es el sistema de conmutación para aplicaciones telefónicas, responsable de las llamadas telefónicas conmutadas en AXE.

<sup>17</sup> **APZ.**- Es un sistema de control basado en procesadores que trabajan en tiempo real y consta de procesadores centralizados, procesadores regionales distribuidos y procesadores de soporte distribuidos. Su función principal es proporcionar la capacidad de procesamiento en tiempo real requerida por el sistema APT para el manejo del tráfico telefónico.

<sup>18</sup> **LSM (Módulo Selector de Línea).**- Es el módulo que contiene las tarjetas de abonados y forma parte del Subsistema Selector de Abonado en una central AXE.

centrales de tipo cabeceras, la fracción promedio deducida del costo total de cada central equivale al 71,34%, mientras que en las centrales remotas dicha fracción equivale al 91,67% del costo total<sup>19</sup>.

#### **6.4 Estimación de los costos totales por minuto (por elemento)**

Una vez estimados los costos de inversión en conmutación y transmisión, Telefónica procede a estimar los costos por minuto para cada uno de los elementos identificados. Dichos costos por minuto son estimados por Telefónica dividiendo los niveles totales de inversión estimados para los diferentes elementos entre su correspondiente nivel de minutos de uso. La empresa concesionaria obtiene así la inversión por minuto de los siguientes elementos de red: (i) Conmutación por minuto de centrales cabeceras satelitales; (ii) Conmutación por minuto de centrales cabeceras no satelitales; (iii) Conmutación por minuto de centrales tandem; (iv) Conmutación por minuto de centrales remotas; (v) Transmisión por minuto a nivel tandem-cabeceras; (vi) Transmisión por minuto a nivel cabeceras-remotas; (vii) Transmisión por minuto vía satélite; y (viii) Transmisión por minuto en Lima cuando se utiliza sistemas satelitales

Posteriormente, el modelo estima para cada elemento la inversión en soporte, la cual se ha definido como una fracción de la inversión por minuto estimada. Adicionalmente, se estima un componente de inversión en soporte asociada a edificios, la cual también ha sido estimada como una fracción de la inversión por minuto realizada en dichos elementos. En ese sentido, para cada uno de los elementos de red señalados anteriormente se dispondrá de los siguientes resultados preliminares: (i) Inversión en minuto (resultado inicial), (ii) Inversión de soporte por minuto y (iii) Inversión de soporte de edificios por minuto.

Luego de estimar dichos conceptos, se estiman los costos asociados al uso del capital, para lo cual se multiplica cada uno de ellos por un factor equivalente a la suma de tres factores: el factor asociado al costo de capital, el factor asociado al gasto en depreciación y el factor asociado al gasto en mantenimiento. Posteriormente, se estiman los costos no asociados al uso del capital (costos de operación de red y overhead), los cuales han sido estimados como una fracción del nivel total de inversión realizada por cada elemento (inversión por minuto + inversión en soporte + inversión en soporte de edificios). Finalmente, la suma de los costos asociados al capital y no asociados al capital da como resultado el costo total por minuto para cada elemento de red.

#### **6.5 Estimación del Costo de Interconexión por Minuto**

Para calcular el costo de interconexión por minuto Telefónica estima para cada uno de dichos elementos un factor denominado "Número de Ocurrencia". Dicho factor indica que porcentaje del costo por minuto estimado por elemento de red es imputable por cada minuto de uso de interconexión. Telefónica sostiene que el costo total por minuto imputable para fines de interconexión para cada elemento de red equivale al producto del costo total por minuto estimado para dicho elemento por su respectivo factor de ocurrencia.

Finalmente, el costo de interconexión para el servicio de Terminación de llamada en cada departamento equivale a la suma de los costos totales por minuto (imputables para fines de interconexión) estimados para los referidos elementos de red.

En la primera versión del estudio de costos presentado por la empresa concesionaria, el resultado propuesto fue de US\$ 0.0207 por minuto tasado al segundo. Luego de un periodo de intercambio de opiniones y discusión del modelo presentado por Telefónica, OSIPTEL realizó un conjunto de observaciones, parte de las cuales fueron aceptadas por Telefónica, lo que implicó una segunda versión de su estudio de costos presentada por la empresa el 5 de diciembre de 2002, en la cual se propuso un cargo por terminación de llamada en la red fija local equivalente a US\$ 0,0176 por minuto.

---

<sup>19</sup> Factores estimados a partir de los resultados presentados en el modelo de costos de Telefónica.

## 7. Comentarios Iniciales al Modelo presentado por Telefónica

El estudio presentado por Telefónica se basa en el modelo desarrollado por SPR (Strategic Policy Research) para OSIPTEL en 1999. Este modelo ha mantenido la estructura del modelo de SPR, habiéndose incorporado nuevas rutinas principalmente asociadas con el dimensionamiento de la capacidad de transmisión de la red fija y de la inversión en conmutación.

Como se menciona en el capítulo 6 del presente informe, uno de los primeros pasos a seguir para la estimación de los costos de transmisión consiste en la identificación de los diferentes tipos de centrales según su funcionalidad (tandem, cabeceras y remotas), así como de las diferentes agrupaciones en el nivel cabeceras-remotas para fines de la conformación de sistemas en anillo, estrella o cadena. Para tales efectos, bajo el supuesto del diseño de una empresa eficiente es posible implementar algunos algoritmos de agrupación encargados de seleccionar dichos grupos bajo ciertos criterios de optimización, siendo otra opción simplemente la de reflejar el diseño y estructura actual de la red; esto último es lo que Telefónica ha adoptado.

Osiptel después de una exhaustiva revisión ha concluido que el estudio de costos presentado por la empresa concesionaria cumple con los principios básicos establecidos en la normativa vigente, OSIPTEL sin embargo considera que algunos de los supuestos, procesos y parámetros utilizados en dicho estudio deben ser corregidos. Las observaciones de OSIPTEL al estudio de costos inicialmente presentado por Telefónica han sido las siguientes:

1. Ponderaciones utilizadas para obtener el costo promedio ponderado a nivel nacional.
2. Tasa anual de costo de capital.
3. Gastos anuales de mantenimiento asociados a la inversión en soporte.
4. Factores anuales de depreciación asociados a la inversión en conmutación
5. Inversión en edificaciones como inversión de soporte.
6. Consideración de dos centrales de tránsito (tandem) y la existencia de factores de redundancia en los medios de transmisión host-tandem (en el departamento de Lima).
7. Cálculo de costos anuales asociados al costo de capital, depreciación, operación, mantenimiento y overhead.
8. Formula de Erlang B utilizada para el dimensionamiento de las troncales de transmisión.
9. Aplicación del algoritmo del enfriamiento simulado

Mediante comunicación C.1486-GG.GPR/2002 de fecha 26 de noviembre de 2002, OSIPTEL remitió a Telefónica el detalle de dichas observaciones.

Mediante comunicación GGR-107-A-925/IN-02 de fecha 5 de diciembre de 2002, Telefónica presentó a OSIPTEL una nueva versión del modelo de costos, corrigiendo en el mismo las últimas cuatro observaciones.

Respecto a la observación número seis, referida a la estimación de la distancia entre las centrales cabeceras y la central tandem de cada departamento, es importante indicar que para el caso de Lima el modelo estimaba la distancia de todas las cabeceras de dicho departamento hacia la central tandem de San Isidro.

No obstante, dado que en Lima existe además la central tandem de Washington, la distancia efectiva de algunas de las cabeceras asociadas a dicha central se encontraban sobreestimadas debido a que dicha distancia se estimó en relación con la ubicación de la tandem de San Isidro y no con su respectiva tandem en Washington. De igual forma, el estudio presentado, para el caso del departamento de Lima y en las rutas host-tandem, diferenciaba el número de troncales de Lima, en la forma de cálculo, del resto del país, pues incorporaba un factor de redundancia.

Para fines de la corrección de dicho comentario, la empresa concesionaria ha recogido en el modelo el hecho que algunas de las cabeceras ubicadas en el departamento de Lima que no forman parte del

anillo departamental, se encuentran asociadas tanto a la central de Washington como a la central de San Isidro, considerándose en dichos casos la suma de ambas distancias.

Respecto a la observación número siete, referida al cálculo de costos anuales asociados al costo de capital, depreciación, operación, mantenimiento y overhead, el estudio de costos presentado por Telefónica considera que el costo total anual resulta de sumar los costos anuales asociados y no asociados al capital. Para tales efectos, Telefónica asume que el costo de capital se obtiene de multiplicar el valor inicial de los activos por la tasa anual de costo de capital asumida en el modelo, dejando de considerar que dicha tasa anual de costo de capital se debe aplicar únicamente sobre la inversión no depreciada. Ello significaba entonces una sobrestimación de la inversión realizada por la empresa.

OSIPTEL según los principios contables generalmente aceptados considera que la forma correcta consiste en calcular el costo anual sobre el valor de inversión no depreciado al inicio de año<sup>20</sup>. Dicho comentario fue recogido en la nueva versión del modelo de costos presentado por Telefónica.

Respecto a la observación número ocho, referida a la metodología empleada para estimar el número de troncales (sexto comentario al modelo inicial), Telefónica empleaba como fórmula de "Erlang B" la siguiente expresión:

$$\text{Prob} = \frac{\frac{e^{-n\lambda}}{n!}}{1 + \frac{e^{-\lambda}}{1!} + \frac{e^{-2\lambda}}{2!} + \frac{e^{-3\lambda}}{3!} + \dots + \frac{e^{-n\lambda}}{n!}}$$

Prob = Probabilidad de Bloqueo (insumo del modelo).

$\lambda$  = Tráfico en Hora Cargada en Erlangs.

$n$  = Número de Canales o Troncales

No obstante, se verificó un error en dicha fórmula, toda vez que la expresión correcta de la fórmula es la siguiente<sup>21</sup>:

$$\text{Prob} = \frac{\frac{\lambda^n}{n!}}{1 + \frac{\lambda}{1!} + \frac{\lambda^2}{2!} + \frac{\lambda^3}{3!} + \dots + \frac{\lambda^n}{n!}}$$

Dicho comentario fue recogido en la nueva versión del modelo de costos presentado por Telefónica. No obstante, es importante señalar que con la finalidad de reducir el tiempo de ejecución de modelo, se ha considerado la siguiente aproximación:

$$E(v, C) = \frac{e^{-v} v^C}{\Gamma(1 + C, v)}$$

<sup>20</sup> Ayres J. Frank (1991). Matemáticas Financieras, Mc Graw Hill, Cap. 9-10, pag 230

<sup>21</sup> Webb, William (1998). Introduction to Wireless Local Loop, Artech House Publishers. Pag 258

Donde  $E(.)$  es la probabilidad de bloqueo,  $\Gamma(.)$  es la función Gamma,  $\lambda$  y  $\nu$  es el tráfico (en hora cargada) y  $C$  el número de troncales o canales. OSIPTEL considera que el uso de esta aproximación es válido y no altera las conclusiones del modelo.

Por otro lado, respecto a la observación número nueve, tal como se ha mencionado anteriormente, para fines de la determinación de la ruta óptima a seguir para cerrar cada uno de los anillos de fibra que existen en el modelo, Telefónica señala haber empleado el algoritmo denominado "Algoritmo de Enfriamiento Simulado". Sin embargo, tal como el mismo autor del algoritmo empleado por dicha empresa manifiesta,<sup>22</sup> y luego de haber revisado dicho algoritmo, encontramos que el mismo no cumple con resolver el problema de seleccionar la ruta óptima.

En ese sentido, la nueva versión del modelo de costos presentado por Telefónica recoge la modificación de dicho algoritmo, empleando para tales efectos el código propuesto por OSIPTEL. A efectos de la implementación del modelo de costos presentado por Telefónica y corregido por OSIPTEL, dado que dicha empresa esta de acuerdo con el algoritmo empleado por OSIPTEL, se ha utilizado el ordenamiento de centrales estimado por OSIPTEL.

Se presenta a continuación, luego de las cuatro correcciones realizadas, el resultado presentado por la empresa concesionaria en la nueva versión del modelo de costos:

**Cuadro N°2**  
**Resultados de la Segunda Propuesta de Telefónica**  
**(Cargos por Minuto en US\$)**

Departamento	Ponderación	Cargo por Minuto
AMAZONAS	0,45%	0,02782
ANCASH	2,57%	0,05806
APURIMAC	0,49%	0,01773
AREQUIPA	4,27%	0,05795
AYACUCHO	0,80%	0,05358
CAJAMARCA	1,85%	0,02214
CUSCO	2,27%	0,01658
HUANCAVELICA	0,29%	0,03448
HUANUCO	1,08%	0,04656
ICA	2,20%	0,07471
JUNIN	2,83%	0,01894
LA LIBERTAD	4,34%	0,02343
LAMBAYEQUE	3,23%	0,00907
LIMA	61,41%	0,00604
LORETO	1,43%	0,02960
MADRE DE DIOS	0,35%	0,01361
MOQUEGUA	0,71%	0,05029
PASCO	0,49%	0,02872
PIURA	3,10%	0,02664
PUNO	1,30%	0,08927
SAN MARTIN	1,30%	0,05393
TACNA	1,50%	0,02036
TUMBES	0,66%	0,05137
UCAYALI	1,08%	0,01575
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>100%</b>	<b>0,01766</b>

FUENTE: Carta de Telefónica del Perú N° GGR-107-A-925/IN-02.

<sup>22</sup> [Http://btluke.netfirms.com/apsatsp.html](http://btluke.netfirms.com/apsatsp.html)

## **8. Correcciones de OSIPTEL al Modelo presentado por Telefónica**

De acuerdo a lo descrito en la sección anterior, es importante resaltar que de las nueve observaciones realizadas por OSIPTEL a la primera versión del modelo de costos presentado por Telefónica, sólo 4 de ellas fueron recogidas en la segunda versión del modelo presentado el día 5 de diciembre de 2002. En ese sentido, se mantienen pendientes las siguientes observaciones:

1. Ponderaciones y tráfico utilizados para obtener el costo promedio ponderado a nivel nacional.
2. Tasa anual de costo de capital.
3. Inversión en edificaciones como inversión de soporte.
4. Gastos anuales de mantenimiento asociados a la inversión en soporte.
5. Factores anuales de depreciación asociados a la inversión en conmutación

Al respecto, con el objetivo de cumplir con lo establecido en la normativa vigente y promover una mayor eficiencia en las relaciones de interconexión, OSIPTEL ha considerado necesario introducir correcciones al modelo presentado por Telefónica que no fueron incorporadas por dicha empresa en la segunda versión de su modelo. A continuación se describen y sustentan cada una de las correcciones realizadas por OSIPTEL al modelo de costos presentado por Telefónica el día 5 de diciembre de 2002.

### **8.1 Ponderaciones y tráfico utilizados para obtener el costo promedio ponderado a nivel nacional**

Telefónica plantea que el costo promedio en cada departamento se debe de calcular sobre la base de los distintas ocurrencias que resultan de los distintos tipos de llamada que se dan en una red de telefonía fija local, tanto para llamadas locales como llamadas que vienen de otras redes (interconexión). OSIPTEL considera que la forma de costeo propuesta por Telefónica implica una asignación de costos, que es sensible al patrón de tráfico resultantes de los datos utilizados. Es por ello que OSIPTEL con la finalidad de obtener el costo promedio por departamento utiliza como divisor de los costos totales al tráfico local originado en la red local más el tráfico de interconexión.

Con la finalidad de determinar el promedio ponderado, a nivel nacional, Telefónica plantea que el costo unitario por departamento debe ser ponderado por el tráfico de interconexión probable en el departamento como fracción del tráfico de interconexión probable a nivel nacional para llegar a costo unitario nacional.

OSIPTEL considera que la asignación de costos de inversión en elementos entre interconexión y otros servicios es una violación de los principios de TELRIC, cuyo objetivo principal es evitar cualquier asignación de costos. En ese sentido, considerando que la unidad apropiada para ponderar el costo debe ser igual a las unidades en las cuales se mide los servicios, y que los costos se aplican a todo el tráfico y no solamente al tráfico de la interconexión, OSIPTEL considera que el costo unitario por departamento debe ser ponderado por el tráfico total de cada departamento como fracción del tráfico de total a nivel nacional (ver modificaciones al código del modelo en el anexo 3).

Estas diferencias, tanto en el divisor utilizado como en el tráfico utilizado, explican las discrepancias entre los valores del cargo por departamento y las ponderaciones respectivas, que resultan del modelo presentado por Telefónica y el modelo corregido por OSIPTEL.

### **8.2 Tasa anual de costo de capital**

El costo promedio ponderado del capital, antes de impuestos, se utiliza para obtener los factores anuales que convierten los stocks de inversión en flujos de costos anuales. Dicho costo de capital permite recuperar tanto el valor de la inversión (depreciación), así como, un margen de ganancia razonable que remunere la inversión realizada sobre la base del principio de costo de oportunidad del capital.

El costo promedio ponderado del capital, después de impuestos,  $r^*$ , se obtiene de la siguiente forma:

$$r^* = w_D (1-t) r_D + w_E r_E$$

Donde  $r_D$  representa el costo de endeudamiento con los accionistas (costo del patrimonio),  $r_E$  representa el costo de endeudamiento de largo plazo con terceros (costo de la deuda),  $w_E$  y  $w_D$  las ponderaciones de patrimonio y deuda respecto de los pasivos de largo plazo y  $t$  la tasa de impuesto a la renta efectiva.<sup>23</sup> Una vez obtenida el costo promedio ponderado del capital, después de impuestos, con la finalidad de obtener la tasa de costo de capital promedio ponderado,  $r$ , antes de impuestos, utilizada para obtener los factores anuales, mencionados en el párrafo anterior, se aplica la siguiente definición:

$$r = \frac{r^*}{1-t}$$

En el estudio de costos presentado por Telefónica se determina una tasa anual de costo de capital antes de impuestos (22,79%), equivalente al promedio ponderado de la tasa de retorno a los accionistas y la tasa activa de endeudamiento, la cual resulta de considerar las siguientes variables:

**Cuadro N° 3**  
**Costo Promedio Ponderado del Capital presentado por Telefónica**

	Tasa Anual	Ponderación
Costo del Patrimonio	21.55%	49.80%
Costo de la Deuda	11.47%	50.20%
Costo Promedio Ponderado del Capital, WACC (Después de impuestos)*		14.36%
Costo Promedio Ponderado del Capital, WACC (Antes de impuestos)*		22.79%

\* Tasa impositiva = 37%

Donde el costo del patrimonio se estima siguiendo la metodología CAPM (Capital Asset Pricing Model), tal como se muestra a continuación:

$$r_E = r_{LR} + \beta * (r_M - r_{LR}) + r_p$$

$$r_E = (5,49) + (1,095) * (14,7 - 5,49) + (5,98) = 21,55$$

Siendo:  $r_E$  representa la tasa anual del costo del patrimonio;  $r_{LR}$  la tasa anual de rendimiento libre de riesgo;  $r_M$  el rendimiento de mercado;  $r_p$  la tasa anual de prima por riesgo país;  $r_D$  la tasa de interés anual por endeudamiento con terceros y "WACC" denota el costo promedio ponderado<sup>24</sup> del capital después de impuestos.

En lo que respecta al parámetro  $\beta$ , el cual representa el riesgo asociado a la industria, Telefónica del Perú reporta un parámetro  $\beta$  igual a 1,095 mientras que la empresa consultora en asuntos financieros Ibbotson Associates<sup>25</sup> reporta un valor del parámetro  $\beta$  sin apalancamiento igual a 0,51 como promedio de una muestra transversal de 42 empresas de telecomunicaciones de los EE.UU. La transformación de dicho parámetro, con la finalidad de obtener el parámetro  $\beta$  apalancado según el

<sup>23</sup> Telefónica tiene estabilizada su tasa de impuesto a la renta en 30% a lo cual es necesario incorporarle la participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa, lo cual da una tasa anual de 37%.

<sup>24</sup> Promedio ponderado del costo del patrimonio y de endeudamiento.

<sup>25</sup> Ibbotson Associates' Capital Cost 2002 Yearbook. (SIC Code 481)



ratio de endeudamiento de Telefónica, dá un valor de 0,834<sup>26</sup>. El valor del  $\beta$  con apalancamiento que resulta de la información proporcionada por Ibbotson Associates es consistente con lo reportado por Alexander (1996) para la industria de las telecomunicaciones a nivel internacional.

Respecto a la tasa activa de endeudamiento de largo plazo, se tomó en consideración la reciente emisión de bonos corporativos y papeles comerciales a tres años, en US\$, por un valor de US\$ 41,8, con una tasa de interés de 4,375% anual. Esta información es consistente con la tasa de endeudamiento de 5,50% reportada por Telefónica en su memoria Anual de 2001 y con la tasa de endeudamiento de largo plazo de la empresa BellSouth Perú S.A., empresa multinacional de telecomunicaciones establecida en el Perú, dedicada principalmente al rubro de telefonía móvil (negocio relativamente más riesgoso que la telefonía fija local debido a la competencia existente y la rápida obsolescencia tecnológica que reduce la vida económica de los activos fijos). Dicha empresa realizó un contrato de cobertura de tasas de interés, sobre un valor de deuda máxima de US\$ 120 millones, pactando pagar hasta noviembre de 2005, una tasa anual fija de 5,145%, que resulta de una tasa anual Libor fijada en 4,52% y un spread de 0,62% sobre dicha tasa.

En lo que se refiere al riesgo país, Telefónica plantea que este se debe medir según el margen que pagan los bonos Brady Perú PDI, el cual calcula en 5,98% anual para el año 2001. OSIPTEL considera que una medición más apropiada del riesgo país se refleja en el margen de los bonos globales emitidos por el Gobierno Peruano desde febrero de 2002. La evolución diaria de esta tasa entre el 11 de febrero y el 05 de diciembre de 2002, muestra una tasa promedio simple para dicho periodo igual a 6,304% anual.

Con la finalidad de determinar la tasa libre de riesgo y el rendimiento de mercado para un inversionista global, OSIPTEL ha considerado el rendimiento anual de los bonos del Tesoro de los EE.UU. de Norteamérica y el del índice S&P 500, para ello se ha estimado el promedio simple de dichas tasas entre noviembre de 1993 y octubre de 2002. Los valores resultantes de dichos promedios son una rentabilidad del índice S&P 500 de 11,009% anual y la del Bono del Tesoro de los EE.UU. a 10 años de 5,935% anual.

En ese sentido, las diferencias que se aprecian en ambas tasas, la del costo de patrimonio y la del costo de endeudamiento entre el estudio de costos presentado por Telefónica y lo que ocurre en el mercado de capitales y crediticio de largo plazo para una empresa como Telefónica nos llevan a concluir que la tasa anual de costo de capital antes de impuestos propuesta por Telefónica es mayor que la requerida por un inversionista para desarrollar una red de telefonía fija local como la que tiene Telefónica en el 2002.

Es por ello que, utilizando la información sobre ponderación del endeudamiento con accionistas y con terceros, y la tasa de impuesto a la renta efectiva, pero considerando las modificaciones al costo de endeudamiento como al costo del patrimonio, antes mencionados, se obtiene una tasa anual de costo de capital, antes de impuestos, equivalente a 15,216%, como se muestra a continuación:

<sup>26</sup> La relación entre el  $\beta$  con apalancamiento y el  $\beta$  sin apalancamiento a nivel conceptual y aplicado al caso de Telefónica se expresa en la siguiente definición:

$$\beta_L = \beta_U * (1 + (1-t) * \frac{W_D}{W_E}) = 0,51 * (1 + (1-0,37) * \frac{0.502}{0.498}) = 0,834$$

**Cuadro N° 4**  
**Costo Promedio Ponderado del Capital corregido por OSIPTEL**

	<b>Tasa Anual</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Costo del Patrimonio</b>	16.471%	49.80%
<b>Costo de la Deuda</b>	4.375%	50.20%
Costo Promedio Ponderado del Capital (después de impuestos), WACC		9.586%
<b>Costo Promedio Ponderado del Capital (antes de impuestos)</b>		15.216%

\* Tasa impositiva = 37%

Donde el costo del patrimonio se estima siguiendo la metodología CAPM (Capital Asset Pricing Model), tal como se muestra a continuación:

$$r_E = r_{LR} + \beta * (r_M - r_{LR}) + r_P$$

$$r_E = (5,935) + (0,838) * (11,009 - 5,935) + (6,304) = 16,471$$

### 8.3 Inversión en edificaciones como inversión de soporte

El documento del Estudio de Costos presentado por la empresa concesionaria, menciona que la inversión en infraestructura de soporte incluye: "...computadoras, vehículos, muebles y enseres, terrenos y edificios" (el subrayado es nuestro). Sin embargo, el modelo utiliza adicionalmente la variable denominada "*edifsupportinfrac*", la cual representa una fracción adicional a la inversión total en la red asociada únicamente al soporte de edificaciones, lo que de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior estaría implicando la duplicación de la inversión que dicho concepto genera. Osipitel ha corregido el estudio de costos presentado por la empresa para evitar la mencionada duplicación.

### 8.4 Gastos anuales de mantenimiento asociados a la inversión en soporte

El estudio de costos presentado por Telefónica define a la inversión en soporte como una fracción de la inversión total. Asociado a ello es necesario definir, a efecto del cálculo de los costos totales anuales, el porcentaje asociado al mantenimiento de dicha infraestructura de soporte. Al respecto Telefónica establece que la variable "*supportmaintfrac*" es igual a 0,10, esto es, el gasto de mantenimiento anual de la inversión en soporte equivale a la 10% de la inversión total en dicho elemento de red.

De la revisión de los conceptos asociados al concepto de inversión en soporte, lo relacionado con las edificaciones y terreno representan los rubros principales, es por ello que no consideramos razonable que la operación eficiente de una red de telefonía fija local requiera de un 10% de la inversión en soporte para gastos de mantenimiento. Si los gastos en mantenimiento, como proporción de la inversión en edificaciones, terreno y vehículos, representase el 10%, esto equivaldría a que una camioneta valorada en US\$ 20 000 gasta anualmente en mantenimiento aproximadamente US\$ 2 000 ó que el gasto anual en mantenimiento de un edificio valorado en US\$ 200 000 es de US\$ 20 000.

Al respecto, si se observa lo reportado por el modelo HAI de la empresa consultora Hatfield Inc. en los EE.UU para 1999, para una red de telefonía fija local, el gasto anual de mantenimiento de los edificios es de 5,4%, cifra referencial que a OSIPTEL le parece mucho más razonable, motivo por el cual consideramos necesario corregir el valor planteado por Telefónica del Perú y utilizar el valor planteado en el modelo HAI.

## 8.5 Factores anuales de depreciación asociados a la inversión en conmutación

En su estudio de costos, Telefónica plantea como tasa de depreciación anual para la conmutación, un valor equivalente a 0,0914341, que en tanto representa una tasa de depreciación lineal, equivale a que los equipos de conmutación tienen una vida útil de 10,93684 años. La justificación para dicho factor es el promedio ponderado que resulta de calcular la depreciación para un conjunto de equipos de conmutación, tal como se expresó en el documento adjunto a la carta N° GGR-107-A-724/IN-02 enviado por Telefónica el 11 de setiembre de 2002.

El 15 de abril de 2002, a solicitud de OSIPTEL, Telefónica presentó, mediante carta N° GGR-107-A-316/IN-02, información sobre las centrales que componen su red de telefonía fija local. En una de las columnas presentadas se menciona que la vida útil de los equipos de conmutación es de 15 años.

En la información sustentatoria enviada el 11 de setiembre de 2002, Telefónica diferencia la vida útil de las unidades remotas y las centrales cabecera (host) del modelo AXE de Ericsson, a la primera le asigna una vida útil de 10 años mientras que a la segunda le asigna 15 años. En el entendido que ambos equipos representan infraestructura de conmutación afectas de la misma forma al cambio tecnológico, OSIPTEL no considera que se deba diferenciar en las vidas útiles de ambos tipos de centrales, además que Telefónica en un primer momento informó que la vida útil de sus centrales, remotas y cabeceras, era de 15 años.

En razón de ello es que consideramos que la variable "switchdeprfrac" debe de corregirse de 0,0914341 a un valor equivalente a los 15 años de vida útil, esto es, a un valor de 0.066667.

El resumen de cada una de las modificaciones realizadas en el modelo presentado por Telefónica se presenta en el siguiente cuadro (cargos de terminación al minuto con tasación al segundo):

**Cuadro N°5**  
**Resultado de las Modificaciones Realizadas en el Modelo de Telefónica**

Escenarios	Cargo Prom.Ponderado Nacional (US\$)
<b>Escenario 1:</b> Ponderaciones utilizadas para obtener el costo promedio ponderado a nivel nacional	0.01788
<b>Escenario 2:</b> Escenario 1 + Costo de capital = 15.216%	0.01424
<b>Escenario 3:</b> Escenario 2 + Eliminación de Duplicación de Inversión en edificios	0.01311
<b>Escenario 4:</b> Escenario 3 + Cambio en inversión en soporte (supportmaintfrac = 0.054)	0.01304
<b>Escenario 5:</b> Escenario 4 + Cambio en inversión en conmutación (switchdeprfrac = 0,066667)	<b>0.01284</b>

El detalle de los resultados por departamento se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°6**  
**Resultados propuestos por OSIPTEL para los Cargos de Interconexión**  
**por Minuto (US\$) sobre la base del Modelo Corregido de Telefónica**

<b>Departamento</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Cargo por Minuto</b>
AMAZONAS	0,22%	0,01932
ANCASH	1,88%	0,04311
APURIMAC	0,28%	0,01126
AREQUIPA	4,02%	0,05948
AYACUCHO	0,59%	0,01322
CAJAMARCA	1,11%	0,01653
CUSCO	2,13%	0,00691
HUANCAVELICA	0,14%	0,02388
HUANUCO	0,67%	0,00800
ICA	1,68%	0,06271
JUNIN	1,83%	0,01570
LA LIBERTAD	3,88%	0,02334
LAMBAYEQUE	2,48%	0,00764
LIMA	70,53%	0,00644
LORETO	1,20%	0,01602
MADRE DE DIOS	0,20%	0,00865
MOQUEGUA	0,48%	0,03585
PASCO	0,21%	0,02054
PIURA	2,49%	0,02412
PUNO	0,82%	0,06919
SAN MARTIN	0,95%	0,01420
TACNA	1,02%	0,01599
TUMBES	0,38%	0,03554
UCAYALI	0,82%	0,00732
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>100%</b>	<b>0,01284</b>

## **9. Sistemas Alternativos de Cargos de Interconexión**

El artículo 21° del Reglamento de Interconexión establece que es posible fijar un cargo de interconexión por tiempo de ocupación (minutos de uso) y/o por volumen de información (capacidad de tráfico). En ese sentido, OSIPTEL ha considerado la posibilidad de que las empresas solicitantes de un acuerdo de interconexión opten entre un cargo tope por minuto o un cargo por capacidad. Al respecto, es importante señalar que dichos esquemas de tarificación son complementarios, al permitir que cada operador determine el esquema de determinación de cargos que se ajuste a sus decisiones comerciales y al nivel de competencia que resulte de los mercados en los que actúan.

A continuación, se presentará una breve descripción de ambos esquemas, especificando algunas de sus principales ventajas y desventajas.

### **9.1 Tarifa por minuto**

Se obtiene de dividir el costo total estimado por departamento entre el tráfico total anual de dicho departamento. Posteriormente, se estima el cargo promedio ponderado a nivel nacional utilizando como ponderadores las participaciones de tráfico de cada departamento.

**Ventajas.** Este enfoque es consistente con la práctica de muchos países alrededor del mundo, y es probablemente el más fácil de entender y de calcular. Es también favorable a los operadores de interconexión muy pequeños.

**Desventajas.** Este enfoque puede ser económicamente ineficiente, puesto que los recursos utilizados se valoran, en el margen, por encima de su costo económico.

## 9.2 Cargo por capacidad (por la línea de interconexión)

El principal generador de costos para la inversión en conmutación y medios de transmisión es el tráfico de máxima demanda, es decir, la capacidad de ambos se configura para abastecer la máxima demanda que ellos enrutan. En ese sentido, para cualquier utilización de la red que ocurra en un nivel por debajo de dicho máximo se puede considerar que, dada la actual configuración de la red, implica un costo económico igual a cero, puesto que la red no necesita renunciar a ninguna otra aplicación alternativa cuando la capacidad instalada no es totalmente utilizada.

La idea básica de esta alternativa es la de tarifificar la interconexión según la capacidad de la red que se desea utilizar, por ejemplo US\$ por E1 contratado. Así, en dicho esquema se paga un arrendamiento mensual por cada Enlace de Interconexión que los operadores interconectantes utilicen, independientemente del tráfico que deseen direccionar por dichos enlaces.

La determinación de precios para servicios de telecomunicaciones debe permitir que los mismos se establezcan de forma que reflejen una relación de causalidad con las variables generadoras de los costos. En ese sentido, tal como lo manifiestan Mitchell (1990)<sup>27</sup> y Brock (1995)<sup>28</sup>, la principal variable que genera los costos totales en una red de telefonía fija local es el tráfico en la hora cargada u hora pico, esto es, la capacidad máxima consumida en dicho tramo horario, por lo que es recomendable que los cargos de interconexión por terminación de llamada guarden relación con la capacidad disponible en la red de telefonía fija local.

Dicha conclusión es compartida por los expertos<sup>29</sup> que en 1994 le recomendaron a la Comunidad Europea que se establecieran cargos de interconexión por capacidad con la finalidad de promover la competencia en los diversos servicios finales de telecomunicaciones. De igual manera, Brock (1995) plantea que los precios de interconexión basados en minutos no permiten lograr la máxima eficiencia, distorsionan las decisiones de los usuarios (familias y empresas) y dificulta el tránsito hacia una industria de telecomunicaciones competitiva.

Por otro lado, la experiencia internacional reciente de países como España<sup>30</sup> y Colombia, muestran que es posible dinamizar la competencia en telefonía fija local a través del establecimiento de un cargo de interconexión por capacidad, además de permitir mayor diversificación de los planes tarifarios disponibles, lo cual se refleja en mayores opciones para los usuarios, en cuanto podrán acceder a planes tarifarios que reflejen de mejor forma su disposición de pago, lo cual resulta en un incremento de bienestar de los usuarios.

En ese sentido, OSIPTEL considera que la decisión de establecer un cargo por capacidad, como opción alternativa al cargo por minuto, no sólo se enmarca dentro de lo que establece el artículo 21° del Reglamento de Interconexión, en lo que se refiere a modalidades de cargos de interconexión, sino que adicionalmente tiene como objetivo establecer una política de interconexión que además de cubrir los costos de las empresas locales permita promover la competencia en los diversos servicios que utilizan a la interconexión con las redes locales como un insumo esencial.

<sup>27</sup> Mitchell, B. (1990). Incremental Cost of Telephone Access and Local Usage, Rand Corporation, 108 pp.

<sup>28</sup> Brock, G. (1995). Price Structure Issues in Interconnection Fees, En: The Economics of Interconnection, Teleport Communications Group, 9 pp.

<sup>29</sup> Arnbak, J, Mitchell, B., Neu, W., Neumann, K., y Vogelsang, I. (1994). Network Interconnection in the Domain of ONP: Study for DG XIII of the European Commission. Final Report.

<sup>30</sup> Aguilar B., José (2001). Los efectos de la introducción del modelo de interconexión por capacidad, En: Economía Industrial N° 337, pp. 127-135. Disponible en: <http://www.mcyt.es/asp/publicaciones/revista/num337/10.%20Economia.pdf>

Todo ello resulta en beneficios para la sociedad, pues se remunera la inversión realizada por la empresa y se logra promover mayor competencia en servicios finales de telecomunicaciones.

**Ventajas.** Este enfoque tiene la ventaja de ser económicamente eficiente si la tarifa por capacidad se calcula correctamente, puesto que conduce a una asignación de los recursos eficiente para los productores y los consumidores de los servicios finales de telecomunicaciones. Entre otras ventajas, podemos señalar las siguientes:

- Da señales apropiadas a las empresas que desean expandir su actual infraestructura de red. Es decir, este enfoque remunera al operador que hace la inversión en ampliar su cobertura, puesto que tal expansión de la red estará reflejada en los cálculos futuros de los costos.
- Desde una perspectiva de usuario final, este enfoque probablemente implica menos distorsiones en las elecciones hechas por los consumidores, puesto que el uso marginal de la red fuera de las horas pico tendrá un costo de interconexión igual a cero. El crecimiento de la demanda que resulta de tal política pueden conducir en última instancia a un aumento general en la demanda para los servicios de red, con las ventajas inherentes para la industria.
- Este enfoque es adecuado para la mayoría de Proveedores de Servicios de Internet (ISP), cuyos servicios están más directamente asociados al uso de una capacidad contratada que a la medición de los mismos por minuto.

**Desventajas.** Algunas variantes de esta propuesta existen o se están considerando en varias partes del mundo, por ejemplo en España y Colombia. Además, es probable que sea desventajoso para pequeñas empresas que solicitan pequeñas interconexiones, las que no pueden explotar completamente la economía de escala que este enfoque ofrece. No obstante, el marco normativo vigente en el Perú permite establecer modalidades alternativas de pago para los cargos de interconexión.

### **9.3 Propuestas de OSIPTEL para el cargo de interconexión**

En lo que se refiere al cargo por minuto, tema principal del estudio presentado por Telefónica, sobre la base de las correcciones propuestas en el capítulo siete, consideramos que el cargo promedio ponderado a nivel nacional es de US\$ 0,01284 por minuto, tasado al segundo.

Asimismo, con la finalidad de determinar el número de E1 instalados en cada departamento, la implementación de esta alternativa implica el realizar algunas modificaciones en el modelo de costos presentado por Telefónica. El detalle del código adicional introducido en el modelo se presenta en el anexo 4. En el cuadro N° 7 se presentan los resultados propuestos por OSIPTEL.

**Cuadro N°7**  
**Resultados Propuestos por OSIPTEL para los Cargos de Interconexión**  
**Por Capacidad (US\$ por E1) sobre la base del Modelo Corregido de Telefónica**

<b>Departamento</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Cargo Mensual por E1</b>
AMAZONAS	0,13%	4.517,02
ANCASH	1,59%	7.048,34
APURIMAC	0,12%	3.740,23
AREQUIPA	3,40%	9.737,03
AYACUCHO	0,12%	9.164,69
CAJAMARCA	0,63%	4.032,63
CUSCO	0,55%	3.674,95
HUANCAVELICA	0,07%	6.190,90
HUANUCO	0,15%	5.077,67
ICA	1,08%	13.462,03
JUNIN	1,72%	2.301,50
LA LIBERTAD	2,90%	4.315,95
LAMBAYEQUE	1,18%	2.215,46
LIMA	81,52%	770,28
LORETO	0,82%	3.246,18
MADRE DE DIOS	0,06%	4.075,65
MOQUEGUA	0,25%	9.690,35
PASCO	0,12%	5.043,73
PIURA	1,88%	4.421,43
PUNO	0,54%	14.611,17
SAN MARTIN	0,39%	4.753,23
TACNA	0,48%	4.666,84
TUMBES	0,18%	10.623,23
UCAYALI	0,13%	6.285,30
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>100%</b>	<b>1.774,56</b>

Sobre la base de la información apreciada en el cuadro anterior, y considerando las ponderaciones que resultan de la capacidad instalada en cada departamento, el cargo por capacidad promedio ponderado a nivel nacional es de US\$ 1774,56 mensual por E1.

## 10. Modelo de Simulación de Costos Elaborado por OSIPTEL

OSIPTEL ha desarrollado un modelo teórico que simula los costos de una empresa modelo eficiente, basado en la metodología TELRIC<sup>31</sup> la cual, permite costear los elementos de red que se requieren para proveer dicho servicio, esto es, los costos de conmutación, transmisión, señalización y apoyo a los elementos de red, considerando en cada caso los costos de inversión y operación correspondientes.

Dicho modelo utiliza el lenguaje de programación Delphi 6,0 de Borland, el cual es descrito en términos generales en el anexo 2. De forma preliminar, este modelo de simulación que representa una aproximación al costo de una red hipotética que opera de forma eficiente, fue presentado a todos los operadores de telefonía fija local, móvil y de larga distancia a inicios de agosto de 2002.

<sup>31</sup> Se trabajó un modelo del tipo bottom-up (modelo de ingeniería) para una red hipotética que opera de forma eficiente, capaz de proveer servicio al nivel de clientes actuales, tomando como dado, el actual nivel de calidad en la prestación del servicio de telefonía fija local.

Tal como se señala en el anexo 4, el modelo de simulación desarrollado por OSIPTEL aproxima el costo de transmisión, eligiendo la tecnología que minimiza los costos de transmisión. Adicionalmente, el modelo de simulación desarrollado por OSIPTEL estima los costos de conmutación, tomando como referencia la inversión requerida para satisfacer el tráfico en la hora cargada.

Es importante señalar que si Telefónica no hubiera presentado un estudio de costos, o hubiera presentado un estudio de costos no acorde con la normativa vigente, OSIPTEL se hubiera visto en la necesidad de profundizar el modelo de simulación hasta ahora desarrollado.

Adicionalmente, algunos aspectos del modelo de simulación desarrollado por OSIPTEL han sido considerados en las modificaciones al código en Mathematica presentado por Telefónica el 05 de diciembre de 2002: i) la optimización de las rutas en los anillos, lo que implicó la utilización del algoritmo de enfriamiento simulado para todas las rutas de los anillos; ii) la utilización del algoritmo de Prim para el caso de determinar rutas óptimas en aquellas situaciones donde las centrales no formaban parte de un anillo; iii) la consideración de factores anuales para el cálculo de los costos económicos anuales; y, iv) el uso del tráfico en hora cargada para el dimensionamiento de la inversión en conmutación.

## **11. Conclusiones**

El modelo presentado por Telefónica estima el costo incremental para cada uno de los distintos elementos de red, la contribución a los costos comunes y un margen de utilidad razonable, siguiendo para ello un enfoque que corresponde con la definición de un modelo del tipo TELRIC, cumpliendo con ello con los principios básicos establecidos en la normativa vigente.

OSIPTEL ha considerado que algunos de los supuestos, procesos y parámetros utilizados en dicho estudio deben ser corregidos. En razón de ello, se ha utilizado el estudio de costos incrementales de largo plazo remitido por Telefónica con las modificaciones descritas en el presente documento, obteniéndose como resultado un cargo promedio ponderado a nivel nacional de US\$ 0,01284 por minuto, tasado al segundo.

Asimismo, de acuerdo a la normativa vigente y sobre la base de lo descrito en el presente documento, OSIPTEL ha considerado establecer un cargo por terminación de llamada por capacidad contratada, esto es, por E1; cuyo promedio nacional estimado es de US\$ 1 774,56 mensuales por E1. La aplicación de dicha alternativa permite optimizar la infraestructura de interconexión del país, garantiza a los operadores locales rentabilidad por la inversión realizada y permite que los operadores que solicitan la interconexión vean reducido su cargo de acceso promedio aumentando sus volúmenes de tráfico. En tal sentido, consideramos que las dos opciones de cargos de interconexión, por minuto de uso o por capacidad contratada deben ser optativos para aquellas empresas que solicita la interconexión, de forma que sean dichas empresas las que decidan el esquema de cargos de interconexión que van a utilizar.



## 12. Bibliografía

- Aguilar B., J., 2001. Los efectos de la introducción del modelo de interconexión por capacidad. *Economía Industrial* N° 337, 2001. <http://www.mcyt.es/asp/publicaciones/revista/num337/10.%20Economia.pdf>.
- Arnbak, J., Mitchell, B., Neu, W., Neumann, K. y Vogelsang, I., 1994. Network Interconnection in the Domain of ONP: Study for DG XIII of the European Commission. Final Report.
- Ayres J. Frank, 1991. *Matemáticas Financieras*, Mc Graw Hill.
- Baumol, W. J., Panzar, J. C., y Willig, R. D., 1982. *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. Harcourt Brace Jovanovich. New York
- Brock, G., 1995. Price Structure Issues in Interconnection Fees. The Economics of Interconnection. Teleport Communications Group.
- Gasmi, F., Kennet, M., Laffont J. J., Sharkey, W., 2002. *Cost Proxy Models and Telecommunications Policy. A new empirical approach to regulation*. MIT Press.
- Huidobro, M., y Conesa, R., 1999. *Sistemas de Telefonía*. Editorial Paraninfo. España
- Laffont, J. J. y Tirole, J., 2000. *Competition in Telecommunications*. MIT Press.
- Lineamientos de Políticas de Apertura de las Telecomunicaciones. Agosto 1998. Decreto Supremo N° 020-98-MTC.
- Mitchell, B., 1990. Incremental Cost of Telephone Access and Local Usage. Rand Corporation.
- Optical Networking SDH. <http://www.frontrunner.eu.com/services/sdh-overview.asp>
- Panzar, J., 1989. Technological Determinants of the Firm and Industry. En: R. Schmalensee y R. Willig (editores). *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 1, Cap. 1.
- Reglamento de Interconexión. Enero 1998. Resolución N°018-98-CD/OSIPTEL.
- Webb, W., 1998. *Introduction to Wireless Local Loop*. Artech House Publishers.
- What is SDH?. RAD Data Communications. [http://www.pulsewan.com/data101/sdh\\_basics.htm](http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm)

### 13. Listado de Abreviaturas

CAPM	Capital Asset Pricing Model (Modelo de Valoración de Activos de Capital)
DDF	Digital Distribution Frame (Bastidor de distribución digital)
EMG	Extension Module Group
ETC	Exchange Terminal Circuit
GSS	Group Switching Subsystem
JTC	Junction Terminal Circuit
LIC	Line Interface Circuit
LSM	Line Switch Module (Modulo Selector de Línea)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona)
PdI	Punto de Interconexión
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
SDH	Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Síncrona)
SPM	Space Switch Module
SPR	Strategic Policy Research
SSS	Subscriber Switching Subsystem
STM	Synchronous Transport Module
TdP	Telefónica del Perú
TELRIC	Total Element Long Run Incremental Cost (Costo Incremental de Largo Plazo por Elementos Totales)
TSLRIC	Total Service Long Run Incremental Cost (Costo Incremental de Largo Plazo por Servicio)
TSM	Time Switch Module
TSS	Trunk and Signalling Subsystem

## Anexo 1: Listado de Cuadros y Gráficos

<b><u>Indice de Gráficos:</u></b>	<b>Pag</b>
1. Gráfico1: Presentación gráfica de una relación de interconexión	6
2. Gráfico2: Tipos de diseño de red	10
3. Gráfico3: Estructuras alternativas (Topologías de red)	11
4. Gráfico4: Gestión de redes (Sistema SDH)	12
5. Gráfico5: Tipos de tráfico – Modelo de Telefónica del Perú	16

<b><u>Indice de Cuadros:</u></b>	
1. Cuadro N° 1: Detalle de costos a estimar (en un modelo de costos de interconexión)	10
2. Cuadro N° 2: Resultados de la segunda propuesta de Telefónica	22
3. Cuadro N° 3: Costo Promedio Ponderado del Capital presentado por Telefónica	24
4. Cuadro N° 4: Costo Promedio Ponderado del Capital corregido por OSIPTEL	26
5. Cuadro N° 5: Resultado de las modificaciones realizadas al modelo de Telefónica	27
6. Cuadro N° 6: Resultados propuestos por OSIPTEL para los Cargos de Interconexión por Minuto (US\$) sobre la base del Modelo Corregido de Telefónica	28
7. Cuadro N° 7: Resultados propuestos por OSIPTEL para los Cargos de Interconexión por Capacidad (US\$ E1) sobre la base del Modelo Corregido de Telefónica	31

## Anexo 2: Parámetros Técnicos del Modelo de Telefónica del Perú

Nomenclatura	Variable	Concepto	Valor
lnch	d[[1]]	Elasticidad de las minutos locales con respecto al número de líneas de acceso	0.7
limantrafrac	d[[2]]	Fracción de llamadas intracentra en Lima	0.1
limacamehozfrac	d[[3]]	Fracción de llamadas intercentra en Lima con el mismo host	0.035
prob	d[[4]]	Probabilidad de bloqueo	0.01
locostanmelnetetrunk	d[[5]]	Coste por canal local entre el punto de presencia de un competidor y el punto de interconexión	44.22
urbanfill	d[[6]]	Grado de utilización en sistemas urbanos	0.3
hop	d[[7]]	Distancia máxima para un radio enlace	13.97
radiofill	d[[8]]	Grado de utilización en sistemas de radio	0.7
Cu=si=de=PRIM	d[[9]]	Utilización de póluplaya en cascada en lugar de esta línea de producción	3
edifsuppo=trifrac	d[[10]]	Fracción de inversión en soporte de edificios	0.05
interd=oc=ermin	d[[11]]	Inversión adicional con KLU interdepartamental (llamadas satelitales que pasan por Lima)	0.12
comp=de=FCMF	d[[12]]	Compensación de equipo FCMF satélite (debe ser <=1)	0.25
fibafill	d[[13]]	Grado de utilización en sistemas no urbanos de fibra óptica	0.3
suppor=trifrac	d[[14]]	Fracción de la inversión en comunicación, transmisión y señalización en soporte	0.07
switchde=trifrac	d[[15]]	Depreciación de la comunicación	0.0014341
transde=trifrac	d[[16]]	Depreciación de la transmisión	0.0317197
suppor=de=trifrac	d[[17]]	Depreciación de la planta de soporte	0.1
switchma=trifrac	d[[18]]	Costos de mantenimiento de equipos de conmutación como una fracción de la inversión	0.14305
transma=trifrac	d[[19]]	Costos de mantenimiento de equipos de transmisión como una fracción de la inversión	0.04097
suppor=ma=trifrac	d[[20]]	Costos de mantenimiento de instalaciones de soporte como una fracción de la inversión	0.2
overhead=trifrac	d[[21]]	Costo de overhead como una fracción de la inversión	0.03159495
networkop=trifrac	d[[22]]	Costos de operaciones de red como una fracción de la inversión	0.01414447
retrcap	d[[23]]	Retorno de capital antes de impuestos	0.2067
signalfrac	d[[24]]	Señalización como una fracción de la inversión en conmutación	0.099
satant=ra	d[[25]]	Costo de Antena Satelital	45635
TxFibraCoste=CableKm	d[[26]]	Coste por Km del cable (fibra)	10070
TxFibraCoste=Em=Line	d[[27]]	Coste em=Line (fibra)	548.92
TxFibraDis=EntreEmpa=mesKm	d[[28]]	Distancia en Km entre em=lines (fibra)	3.62
TxFibraCoste=CanalizacionKm	d[[29]]	Coste por Km de la canalización (fibra)	25443
TxFibraCoste=Cámara	d[[30]]	Coste cámara (fibra)	170071
TxFibraDis=EntreCámarasKm	d[[31]]	Distancia en Km entre cámaras (fibra)	0.14249
TxFibraCoste=TributoKm	d[[32]]	Coste por Km tributo (fibra)	587.0
TxFibraCoste=Tr=jo	d[[33]], d[[34]], d[[35]], d[[36]]	Costo fijo de transmisión vía fibra (STM1, STM4, STM16, STM64)	
	d[[37]]	STM1	70706.09
	d[[38]]	STM4	35353.03
	d[[39]]	STM16	35353.03
	d[[40]]	STM64	42015.04
TxFibraCoste=Tributari=	d[[41]], d[[42]], d[[43]], d[[44]]	Costo tributario de transporte vía fibra (STM1, STM4, STM16, STM64)	
	d[[45]]	STM1	416.37
	d[[46]]	STM4	394.45
	d[[47]]	STM16	174
	d[[48]]	STM64	552.82
TxRadioCoste=Tr=jo	d[[49]], d[[50]], d[[51]], d[[52]]	Costo fijo de transporte vía radio (2x4(1+0), 2x16(1+1), 2x32(2+1), STM1)	
	d[[53]]	2x4(1+0)	537.95
	d[[54]]	2x16(1+1)	688.77
	d[[55]]	2x32(2+1)	117.57
	d[[56]]	STM1	127605.5
TxRadioCoste=Tributari=	(0, 0, 0, d[[57])	Costo tributario de transporte vía radio (2x4(1+0), 2x16(1+1), 2x32(2+1), STM1)	
	d[[58]]	STM1	416.37
TxRadioCoste=Rea	d[[59]], d[[60]], d[[61]], d[[62]]	Costo de las repetidoras de radio (2x4(1+0), 2x16(1+1), 2x16(2+1), STM1)	
	d[[63]]	2x4(1+0)	53000
	d[[64]]	2x16(1+1)	67000
	d[[65]]	2x16(2+1)	115000
	d[[66]]	STM1	126000
redun=de=nc=est=tor	d[[67]]	Factor de redundancia de la red de las líneas de Lima versus de J.S a 1	1.5
un=de=nc=est=tor	d[[68]]	Utilización de líneas en Lima	1
facto=de=nc=est=tor	d[[69]]	Factor de Alcuiler (debe ser mayor o igual a 1)	1.25
costo=de=nc=est=tor	d[[70]]	Costo de ocupación de transmisión en central satelital (no incluye antena)	314399
numM=de=nc=est=tor	d[[71]]	Número de Voz de ancho de banda al codificar 1 Mbps de datos para transmisión satelital	1
costo=de=nc=est=tor	d[[72]]	Costo anual de alcuiler de 1kHz de satélite	54323
comp=de=nc=est=tor	d[[73]]	Factor de compartición de fibra urbana	0.7
facto=de=nc=est=tor	d[[74]]	Factor de no linealidad de fibra canalizada	1.3000
facto=de=nc=est=tor	d[[75]]	Factor de no linealidad de fibra enterrada	1.1200
facto=de=nc=est=tor	d[[76]]	Factor de no linealidad de radio	1.1200
edifCuppo=de=nc=est=tor	d[[77]]	fracción de depreciación de soporte de edificios	0.033
fibatrans=de=nc=est=tor	d[[78]]	fracción de depreciación de la fibra de transporte	0.057
pe=de=nc=est=tor	d[[79]]	Factor de depreciación de la planta externa de transmisión (excepto la fibra óptica en sí)	0.05
tra=de=nc=est=tor	d[[80]]	Fracción de tráfico no tarifado (% de tráfico total)	0.12
A=de=nc=est=tor	d[[81]]	Sobrecosto en dólares de los equipos de conmutación debido al transporte desde Lima	3
A=de=nc=est=tor	d[[82]]	Sobrecosto en dólares de los equipos de transmisión debido al transporte desde Lima	0
TxFibraCoste=Terminacion	d[[83]]	Costo de Terminación por hora de transmisión	698.85
hop=de=nc=est=tor	d[[84]]	Número de Saltos de la Fibra	60

## Anexo 3: Modificaciones al Código en Mathematica

### Definición de Tráfico local y ponderaciones utilizadas para el promedio nacional

```
Print["Costos Totales por Elemento de Red por Dpto."]
Print[""]

CTCxRemotad = zerod;
Do[CTCxRemotad[[ind]] = InvRemotad[[ind]] * FactorCx, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Cx Remota por Dpto"]
CTCxRemotad
Print[""]

CTCxHostd = zerod;
Do[CTCxHostd[[ind]] = InvHostd[[ind]] * FactorCx, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Cx Host por Dpto"]
CTCxHostd
Print[""]

CTCxTandemd = zerod;
Do[CTCxTandemd[[ind]] = InvTandemd[[ind]] * FactorCx, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Cx Tandem por Dpto"]
CTCxTandemd
Print[""]

CTCxd = zerod;
Do[CTCxd[[ind]] = CTCxRemotad[[ind]] + CTCxHostd[[ind]] + CTCxTandemd[[ind]], {ind, nd}];
Print["Costo Total de Cx por Dpto"]
CTCxd
Print[""]

CTTxRemotaHostd = zerod;
Do[CTTxRemotaHostd[[ind]] = invremotehostd1[[ind]] * FactorTx1 + invremotehostd2[[ind]] * FactorTx2 +
  invremotehostd3[[ind]] * FactorTx3, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Tx RemotaHost por Dpto"]
CTTxRemotaHostd
Print[""]

CTTxHostTandemd = zerod;
Do[CTTxHostTandemd[[ind]] = invhosttandemd1[[ind]] * FactorTx1 + invhosttandemd2[[ind]] * FactorTx2 +
  invhosttandemd3[[ind]] * FactorTx3, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Tx HostTandem por Dpto"]
CTTxHostTandemd
Print[""]

CTTxnd = zerod;
Do[CTTxnd[[ind]] = CTTxRemotaHostd[[ind]] + CTTxHostTandemd[[ind]], {ind, nd}];
Print["Costo Total de Tx por Dpto"]
CTTxnd
Print[""]

CTSxd = zerod;
Do[CTSxd[[ind]] = InvSignalnd[[ind]] * FactorCx, {ind, nd}];
Print["Costo Total de Señalización por Dpto"]
CTSxd
Print[""]

CTd = zerod;
Do[CTd[[ind]] = CTCxRemotad[[ind]] + CTCxHostd[[ind]] + CTCxTandemd[[ind]] + CTTxRemotaHostd[[ind]] + CTTxHostTandemd[[ind]] +
  CTSxd[[ind]], {ind, nd}];
Print["Costo Total Anual de los Elementos de red por Dpto"]
CTd
Print[""]
```

```

Print["Ponderación por Dpto."]
Print[""]

TrafTotd = zerod;
Do[
  TrafTotd[[depts[[ix]]]] =
    TrafTotd[[depts[[ix]]]] +
    (locoutx[[ix]] + interprovoutx[[ix]] + ldx[[ix]] + recldx[[ix]] + intlinx[[ix]] + intloutx[[ix]] + intrax[[ix]]), {ix, nx}]
Print["TrafTotd"]
TrafTotd
Print[""]

Print["Costo Unitario por Departamento"]
Print[""]
CMed = zerod;
Do[CMed[[ind]] = (CTd[[ind]] / TrafTotd[[ind]]), {ind, nd}]
CMed
Print[""]

Print[""]
TraficoTotal = OpenWrite["TraficoTotal.txt"];
Do[Write[TraficoTotal, TrafTotd[[ind]]], {ind, nd}];
Close[TraficoTotal]
Print[""]

Print["TrafTotNac"]
TrafTotNac = Plus@@TrafTotd;
TrafTotNac
Print[""]

PondNacd = zerod;
Do[PondNacd[[ind]] = TrafTotd[[ind]] / TrafTotNac, {ind, nd}]
Print["Ponderación Nacional de Tráfico"]
PondNacd
Print[""]

```

## Costo de Interconexión por Capacidad

```
(***      Cálculo del costo de interconexión por capacidad      ***)

Print["ElTotx"]
ElTotx = zerox;
Do[ElTotx[[ix]] = Ceiling[trunkx[[ix]] / 30 / fiberfill], {ix, nx}]
ElTotx
ElTotd = zerod;
Do[ElTotd[[deptx[[ix]]]] = ElTotd[[deptx[[ix]]]] + ElTotx[[ix]], {ix, nx}]
Print["ElTotd"]
ElTotd
Print["ElTotNac"]
ElTotNac = Plus@@ ElTotd

PondNacEld = zerod;
Do[PondNacEld[[ind]] = (ElTotd[[ind]] / ElTotNac), {ind, nd}]
PondNacEld = N[PondNacEld]
Print["Ponderación de Capacidad de Interconexión por El a nivel Nacional por Dpto."]
PondNacEld*100
Print[""]

CMeEld = zerod;
Do[CMeEld[[ind]] = ((CTd[[ind]] / 12) / ElTotd[[ind]]), {ind, nd}];
Print["Costo Mensual Unitario por El de Interconexión por Dpto"]
CMeEld
Print[""]

Print["Costo de Interconexión por El Promedio Ponderado a nivel Nacional"]
Print[""]
CMeNacElIx = CMeEld.PondNacEld
```

## **Anexo 4: Descripción General Del Modelo Elaborado por OSIPTEL**

### **Insumos del Modelo**

Para fines de la estimación de un modelo de costos incrementales se consideró el siguiente detalle de insumos:

#### **Información Estadística.**

Dicha información ha sido clasificada por departamento, siendo el contenido de cada uno de ellos el siguiente:

- Listado de las centrales telefónicas clasificadas en centrales Tandem, Cabeceras y remotas. Como ya se ha mencionado, en el caso de Lima existen dos centrales Tandem. Por otro lado, es importante señalar que si bien en muchos departamentos no existen centrales que técnicamente sean consideradas como Tandem, para fines del diseño del modelo se ha tomado una de las centrales como la central Tandem del departamento (siguiendo la clasificación realizada por la empresa operadora).

Adicionalmente, es posible identificar el tipo de tecnología de transmisión utilizada en cada central (radio, satélite, fibra aérea, fibra enterrada o fibra canalizada).

- Para cada una de las centrales ya clasificadas se considera el siguiente detalle: (i) Nombre de la central (ii) Provincia a la cual pertenece la central (iii) Ubicación de la central (latitud y longitud) (iii) Número de Líneas conectadas a la central (iv) Total de minutos registrados en la hora cargada y (v) Total de minutos anuales de uso.

Al respecto, es importante señalar que la información del total de minutos registrados en la hora cargada corresponde a la hora de mayor tráfico registrado el día 8 de enero de 2002. En relación con los minutos de uso, la estimación del total de minutos anuales se obtiene de multiplicar por cuatro la sumatoria de los minutos registrados en los meses de noviembre de 2001, diciembre de 2001 y enero de 2002.

#### **Información de Precios.**

Dicha información corresponde a la lista de precios de los diversos equipos y/o insumos que forman parte de la red telefónica y que son utilizados para la prestación del servicio de terminación de llamadas o servicio de interconexión.

- Costo de los diversos componentes del sistema de transmisión SDH
- Costos de los diversos componentes utilizados para la conmutación de llamadas según el tipo de central (Tandem, Cabeceras y Remotas).
- Costo de la fibra empleada según su uso (aérea, enterrada o subterránea).
- Costo de la estructura necesaria para el tendido de los diversos tipos de fibra
- Costo de los equipos y la estructura empleada para la transmisión de señales vía microondas.
- Costo de los equipos y la estructura empleada para la transmisión de señales vía satélite.

#### **Factores de Anualización.**

Corresponde a los diversos factores empleados para la estimación de los gastos anuales relacionados con la consideración de los siguientes conceptos: (i) Costo de Capital; (ii) Costo de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos e infraestructura utilizada y (iii) Años de vida económica de cada uno de los equipos e infraestructura utilizada.



Existen dos formas posibles de emplear para calcular los pagos anuales (anualidades) que permiten recuperar la inversión en activos fijos, además de cubrir el costo de capital (cok) y los costos de operación (los que en el modelo están asociados a la inversión en activos fijos, como costos de soporte, administrativos, etc.). Una de ellas consiste en recuperar dichos costos a través de cuotas anuales decrecientes (al rebatir) durante la vida útil de los equipos, mientras que la otra forma consiste en hacerlo a través de cuotas constantes durante la vida útil de los equipos a costear. Ambas en valor presente dan la misma cuantía, por lo que la decisión sobre una u otra se asocia a aspectos financieros, los que no son relevantes a efectos de costeo.

En razón de la simplicidad de sus cálculos, de la proyección de los cargos de interconexión en el tiempo y la operatividad dentro del modelo de costos, se ha considerado la utilización del método de anualidades constantes.

### **Requisitos y Parámetros Técnicos.**

Esta información corresponde a los diversos parámetros técnicos que caracterizan el funcionamiento de una red eficiente, como por ejemplo la probabilidad de llamadas no completadas (1%), distancia máxima entre repetidoras, etc.

### **Estimación de los Costos de Transmisión**

Como ya se ha mencionado en la sección anterior, la estimación del costo de transmisión implica el dimensionamiento y costeo de los diferentes anillos. Dichos anillos pueden ser del tipo Tandem-Tandem (en el caso de Lima en el cual existen dos centrales Tandem), Tandem-Cabeceras y Cabeceras-Remota.

Una vez identificadas las centrales del tipo Tandem (una por departamento), el modelo utiliza un algoritmo de agrupación, el mismo que determina cuáles de las restantes centrales serán consideradas como centrales cabeceras y cuáles serán consideradas como remotas, determinando a su vez que centrales remotas estarán asociadas a cada cabecera.

Posteriormente, el modelo de costos considera la aplicación de un algoritmo matemático denominado "Algoritmo del Enfriamiento Simulado". Dicho algoritmo prueba cada una de las posibles rutas y escoge como la mejor ruta aquella que minimiza la sumatoria de todas las distancias que forman el anillo.

Para tales efectos, el algoritmo utiliza el método de Love, Morris y Mesolowsky como fórmula para estimar la distancia existente entre dos puntos geográficos. Dicho método, idéntico al utilizado en el modelo de Telefónica, consiste en ubicar en una esfera los puntos descritos con latitud y longitud (coordenadas en radianes) y hallar la distancia entre ellas asumiendo que ambos puntos se encuentran alejados del centro de la Tierra. Una vez elegida la ruta que permite cerrar el anillo con la menor sumatoria de distancias, se guarda como resultado dicha ruta, especificando la distancia de cada una de sus aristas.

Al respecto, es importante señalar que en aquellas localidades donde no existen anillos a nivel cabeceras-remotas, el cálculo de la distancia total de cada grupo se realiza únicamente sumando las distancias de cada una de las centrales remotas hacia la central cabecera.

### **Dimensionamiento de los Anillos (Número de Canales o Troncales).**

Una vez estimadas las distancias de los diferentes tipos de anillos, el siguiente paso consiste en estimar el número de canales requeridos en cada uno de ellos. Para tales efectos, se utiliza la fórmula de Erlang B descrita anteriormente.

### **Costeo de los Anillos.**

Tomando los resultados del tamaño de los anillos (distancias) y del número de troncales o canales, se realiza a continuación el costeo de todo el sistema de transmisión. Para tales efectos, se estiman los

costos para cada una de las aristas que conforman un anillo empleando los tres tipos de transmisión (vía fibra, radio o satélite), eligiéndose para cada una de ellas aquella que resulte ser la menos costosa (en términos de gastos anuales).

- **Estimación Vía Fibra:** Para tales efectos se requirió identificar qué porcentaje de la fibra en cada departamento era aérea, enterrada y subterránea. En ese sentido, se estimó la distancia de cada una de las centrales de un departamento hacia la central Tandem del mismo. Posteriormente, se agruparon cada una de dichas distancias según el tipo de tecnología de transmisión empleada. Finalmente, se estimó que porcentaje del total de las distancias es cubierta por cada uno de los tipos de fibra mencionados.

Tomando dicha estructura, se estimaron los niveles de inversión requeridos en fibra aérea, enterrada y subterránea. Posteriormente, el total de gastos anuales para cada uno de los tipos de fibra empleados se obtienen de multiplicar las inversiones estimadas por sus respectivos factores anuales estimados.

Por otro lado, también se estima la inversión referida a la estructura necesaria para el tendido de cada uno de los tres tipos de fibra (seguridad, recubrimiento, ductería, postes, etc.). Al igual que la inversión en la fibra, los gastos anuales se obtienen de multiplicar dichos niveles de inversión en estructura por sus respectivos factores anuales estimados.

Adicionalmente, se estiman también el nivel de inversión en repetidoras así como su respectivo gasto anualizado y el nivel de inversión en los equipos de transmisión así como su respectivo gasto anualizado. Para tales efectos, se consideran los diferentes componentes de un sistema de transmisión SDH, tomando como referencia la estimación del número de canales y de sistemas.

- **Estimación Vía Radio:** Con respecto a la transmisión vía radio, la estimación de los costos toma en cuenta los diferentes elementos involucrados en la implementación de las estaciones terminales y estaciones repetidoras tales como: equipos de transmisión y recepción, multiplexores, antenas, torres, energía, uso de espectro radioeléctrico, entre otros. Estos elementos son luego multiplicados por el precio correspondiente expresado en unidades como costo por torre, costo por MHz, costo por canal registrado, etc.

Al igual que los casos anteriores, los gastos anuales para cada uno de dichos conceptos de inversión se obtienen multiplicando los niveles de inversión estimados por sus respectivos factores anuales estimados. Adicionalmente, se agrega a la estimación de los costos correspondientes a los equipos de transmisión, los relacionados con los diferentes componentes que conforman el sistema de transmisión SDH, tomando como referencia la estimación del número de canales y de sistemas.

- **Estimación Vía Satélite:** En relación con los costos de los enlaces vía satélite estos consideran la inversión en los diferentes equipos para implementar las estaciones terrenas y el pago por el alquiler del transpondedor y el pago por el espectro utilizado en los enlaces. Estos resultados se multiplican por sus respectivos valores unitarios y se halla la suma total que representa la inversión en la implementación de enlaces satelitales.

Al igual que en los casos anteriores, se estiman los gastos anuales cada uno de dichos conceptos multiplicando los niveles de inversión por sus respectivos factores anuales estimados.

Luego de haber realizado la estimación de los costos correspondientes a los tres sistemas alternativos (por cada arista), se determina que esquema utilizar en cada caso comparando el total de gastos anuales. En ese sentido, se comparan los siguientes resultados:

- a.1. Gasto vía fibra:** Gasto anual de los equipos de transmisión + Gasto anual de la fibra aérea + Gasto anual de la fibra enterrada + Gasto anual de la fibra subterránea + Gasto anual de la estructura utilizada en fibra aérea + Gasto anual de la estructura utilizada en fibra enterrada + Gasto anual de la estructura utilizada en fibra subterránea.

**a.2 Gastos Vía Radio:** Gasto anual en torres repetidoras + Gasto anual por uso de espectro + Gasto anual de los equipos de transmisión + Gasto anual de los equipos de concentración o multiplexación.

**a.3 Gasto Vía Satélite:** Gasto anual por uso de espectro + Gasto anual por equipos de transmisión

Así, luego de elegir para cada una de las aristas el respectivo sistema de transmisión a emplearse, se estiman los costos totales de inversión y gastos anuales para todo el anillo. Finalmente, sumando el resultado de todos los anillos de un departamento se obtienen los costos totales de transmisión del mismo.

Por otro lado, es importante señalar que el modelo permite estimar el costo incremental de transmisión imputable a cada una de las centrales. Para tales efectos, se realiza el siguiente procedimiento:

Costo Incremental de Transmisión de una Central = Costo de Transmisión del anillo al cual pertenece dicha central – Costo de transmisión del anillo sin considerar dicha central.

### **Estimación de los Costos de Conmutación**

La estimación de los costos de inversión en conmutación se realiza luego de dimensionar cada uno de los diversos tipos de centrales (tandem, cabeceras y remotas). Para calcular el tamaño de cada conmutador se considera el número de líneas instaladas y el tráfico conmutado total (tanto dentro del conmutador como el que transita por el conmutador en dirección a otros conmutadores). Posteriormente, se estima el gasto anual en cada caso multiplicando los niveles de inversión estimados por sus respectivos factores de anualización. Para efectos de la realización de dichas estimaciones, se consideró la tecnología AXE, la cual consiste en dos partes principales:

#### **Sistema APT:**

Para facilitar el manejo de un sistema AXE, el APT ha sido dividido en subsistemas según las funciones que los mismos realizan: el Subsistema de Troncales y Señalización (TSS: Trunk and Signalling Subsystem), el Subsistema de Selector de Grupo (GSS) y el Subsistema de Selectores de Abonado (SSS: Subscriber Switching Subsystem).

➤ **Subsistema de Selectores de Abonado (SSS):** Es el subsistema que maneja el tráfico hacia y desde los abonados conectados a la central (no dimensionado para las centrales Tandem). El SSS de AXE está constituido por diferentes módulos, los cuales se van agrupando en almacenes y bastidores dependiendo de la capacidad a instalarse. En ese sentido, se consideran los siguientes elementos:

- Módulos de Selector de Línea (LSM), con capacidad para 128 abonados.
- Grupo de Módulos de Extensión (EMG: Extension Module Group), con capacidad para 2048 abonados (16 LSM).
- Circuitos Interfaz de Línea (LIC: Line Interface Circuit) con capacidad para 4, 8 ó 32 circuitos.
- Circuitos Terminales de Conector (JTC: Junction Terminal Circuit).
- Circuito de Recepción de Código de Teclado (KRC)
- JTC/ETB: el JTC es la interfaz entre el SSS y el GSS a 2 Mbps y se encuentra ubicado en el SSS. ETB es la interfaz para las unidades remotas.

➤ **Subsistema de Troncales y Señalización (TSS):** Es el subsistema que maneja la señalización y la supervisión de conexiones hacia y desde otras centrales. Está constituido por elementos que se dimensionan de acuerdo a los requerimientos de tráfico. Los elementos principales son:

- CSR: Organos receptores de señalización multifrecuencia.
- ETC: Circuito de Terminal de Central ( Exchange Terminal Circuit) .

- CCD: Organos de multiconferencia para servicios suplementarios.
- ST (Terminal de señalización): Los ST para SS7 están conectados al selector de grupo vía un PCD-D. Como los terminales de señalización son órganos digitales, el equipo PCD-D no incluye función de conversión sino que funciona únicamente como un órgano de adaptación hacia el selector de grupo.
- TCON: Para la conexión de equipos analógicos externos de pruebas.
- CANS: Contestador Automático de Código. Es utilizado como herramienta para comprobación de rutas y medición de niveles de potencia en combinación con otros equipos externos de prueba.

➤ **Subsistema de Selector de Grupo (GSS, Group Switching Subsystem):** Es el subsistema que establece, supervisa y libera conexiones a través del selector de grupo. La selección de un trayecto a través del selector tiene lugar en el software. Los elementos más importantes del GSS lo constituyen los Módulos de Selector Temporal (TSM: Time Switch Module) y los Módulos de Selector Espacial (SPM). Una conexión pasará de un TSM (a través del SPM) hacia el mismo u otro TSM. Es decir, todas las llamadas se establecen vía SPM, inclusive las que vuelven al TSM original.

### **Sistema APZ:**

Encargado de controlar el equipo de conmutación. Actualmente se usan diferentes procesadores, como los APZ 210, APZ 211, APZ 212 y APZ 213. El primer procesador desarrollado para el sistema AXE fue el APZ 210. El más pequeño de la familia de procesadores es el APZ 213, su capacidad lo hace especialmente apropiado para centrales muy pequeñas (de hasta 2000 abonados). El APZ 211 se usa en centrales de hasta 40,000 abonados, mientras que el modelo APZ 212, dada su gran capacidad ( hasta 200,000 abonados), es apropiado para centrales de tránsito.

En el dimensionamiento realizado se ha considerado un sistema APZ 212. Por otro lado, es importante señalar que además del APZ se debe implementar un sistema de entrada y salida de datos, denominado sistema IOG. Los elementos del sistema IOG son utilizados para realizar actividades tales como Conexión de abonados, Cambio de categoría de abonados, Salida de datos de tarificación etc.

Finalmente, es importante señalar que luego de haber estimado el costo total de conmutación correspondiente a cada central, se deduce de los mismos la fracción estimada en el modelo de Telefónica para deducir ciertos componentes, como los armarios y tarjetas de abonados (dentro del subsistema de abonados), los costos asociados a las líneas RDSI, una fracción de los costos asociados al subsistema de enlaces y señalización y una fracción de los costos asociados a materiales diversos. Como se ha señalado anteriormente, para el caso de las centrales de tipo cabeceras, la fracción promedio no considerada equivale al 71.34%, mientras que en las centrales remotas dicha fracción equivale al 91.67% del costo total.

### **Estimación del Costo por la Terminación de llamada en la red fija local de Telefónica utilizando el estudio de costos de OSIPTEL.**

Considerando dichos resultados, estimamos el cargo total de originación/terminación para cada departamento:

$$\text{Cargo } I_x = \frac{\text{Costos de Transmisión} + \text{Costos de Conmutación} + \text{Costos de Señalización}}{\text{Minutos Anuales}}$$

Al respecto, es importante señalar que para fines de la estimación del cargo por minuto se considera el tráfico promedio anual de minutos de uso. Es decir, dado que las centrales Tandem no generan tráfico, dicho total de minutos anuales sólo considera la información de las centrales de tipo Cabeceras y Remotas.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.