

# ESTUDIO SOBRE LA TELEFONÍA MÓVIL

EFFECTOS ECONOMICOS DEL ESTANCAMIENTO  
EN EL DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA  
EN ESPAÑA

Informe elaborado por  
Dr. Manuel Becerra y Dr. Juan Santaló  
Profesores del Instituto de Empresa



Madrid, Diciembre 2003

# **ESTUDIO SOBRE LA TELEFONÍA MÓVIL:**

EFFECTOS ECONOMICOS DEL ESTANCAMIENTO  
EN EL DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA  
EN ESPAÑA

**Informe elaborado por**  
**Dr. Manuel Becerra y Dr. Juan Santaló**  
**Profesores del Instituto de Empresa**



**Madrid, Diciembre 2003**

**ESTUDIO SOBRE LA TELEFONÍA MÓVIL:**  
**EFFECTOS ECONOMICOS DEL ESTANCAMIENTO**  
**EN EL DESPLIEGUE DE LA INFRAESTRUCTURA EN ESPAÑA**

**INDICE**

1. Introducción	3
2. Impacto de la telefonía móvil en la sociedad española	4
Contribución directa a la economía	4
Contribución de la telefonía móvil a los usuarios	5
Resultados del sector de telefonía móvil	6
3. El desarrollo del sector	8
Comparación con otros países	9
El estancamiento en la instalación de nuevas antenas	10
4. Estimación de los efectos económicos del estancamiento de la red	12
La demanda futura del servicio de telefonía móvil	12
Estimación de la demanda no satisfecha	13
Efecto económico de la demanda de servicio no satisfecha	14
5. Conclusiones	16
Anexo 1: Datos básicos sobre la telefonía móvil en España	17
Anexo 2: Estimación del tráfico perdido	18
Apéndice metodológico I: Procedimiento para la estimación de los minutos perdidos para un volumen determinado de demanda nacional agregada	19
1. Cálculo de la capacidad en minutos de la antena media	19
2. Cálculo de la distribución estadística del tráfico en minutos gestionado por antena, por franja horaria, zona geográfica y tipo de día	20
3. Estimación de los minutos perdidos	23
Apéndice metodológico II: Estimación de minutos perdidos en base a la franja horaria y el día de la semana correspondiente	24
Apéndice metodológico III: Análisis de sensibilidad a la estimación de la varianza	31

## 1. INTRODUCCION

En este informe se analizan las consecuencias que el estancamiento actual en el despliegue de la red de antenas de telefonía móvil puede tener sobre la economía y la sociedad españolas en el futuro a medio plazo. Afortunadamente, España ha sido uno de los países punteros de nuestro entorno en el despliegue inicial de la telefonía móvil y su consolidación a finales de la década de los noventa. Además de contribuir a la mejora en la calidad de vida de los usuarios -que ya superan el 80% de la población-, también nuestra economía se ha visto beneficiada por el importante efecto positivo que el sector de telefonía móvil ha tenido sobre la actividad económica, la productividad, las arcas públicas y el empleo. Sin embargo, el estancamiento del número de antenas instaladas en nuestro país en los niveles existentes a finales del año 2000 pone en un peligro, no sólo la calidad del servicio en los próximos años, sino también las posibilidades de crecimiento económico y la absorción de nuevos desarrollos tecnológicos que se prevé se produzcan en los próximos dos o tres años.

Nuestro estudio analiza, primero, el impacto que la telefonía móvil ha tenido en nuestra sociedad y, especialmente, su significativa contribución directa al Producto Nacional Bruto (PNB), que ya rozó el 2% en 2002. A continuación, repasamos brevemente la evolución del sector en España y las claves del estancamiento de la infraestructura, debido fundamentalmente a la presión de grupos ecologistas y asociaciones de vecinos que ven un riesgo para la salud en las antenas. Finalmente, utilizando varios escenarios respecto a la demanda futura de servicios de telefonía móvil por parte de nuestra sociedad, calculamos la cantidad de minutos de servicio que quedaría insatisfecha si no se amplía la infraestructura existente. Al convertir los minutos perdidos de servicio en su efecto monetario sobre los distintos componentes de la renta nacional, podemos ver las consecuencias negativas directas que el estancamiento de la infraestructura puede tener sobre el crecimiento económico, con independencia de sus efectos negativos indirectos sobre el bienestar de nuestra sociedad y la competitividad de las empresas, afectadas por un servicio de baja calidad con el horizonte fijado en el año 2005.

Debido a (i) la complejidad técnica de los análisis de capacidad y uso del espectro en los que son expertos los ingenieros de telecomunicaciones, (ii) la enorme variedad en la amplia red de antenas instaladas de los distintos operadores y (iii) la incertidumbre sobre la demanda futura de servicios de telefonía, hemos preferido realizar este análisis en base a datos agregados, utilizando para ello los modelos econométricos apropiados (basados en medias y varianzas de uso de las antenas de la red en distintas circunstancias) que nos sirven de ayuda para estimar las puntas de demanda de servicio no satisfechas en distintos escenarios futuros de crecimiento. No se pretende, pues, realizar un estudio técnico preciso sobre el grado de saturación de toda la red instalada, sino un estudio económico sólido sobre el efecto que el estancamiento en el despliegue de la red puede tener sobre la economía española en los próximos años.

## **2. IMPACTO DE LA TELEFONIA MOVIL EN LA SOCIEDAD ESPAÑOLA**

La repercusión que ha tenido la rápida penetración de la telefonía móvil en la sociedad española puede observarse desde dos puntos de vista: por un lado, la contribución a la economía a través de la riqueza creada directamente por el sector en los distintos factores de producción y, por otro lado, las ventajas más difíciles de medir que aporta a los usuarios de este tipo de servicio. Tras estimar el impacto de la telefonía móvil en nuestra sociedad, realizaremos una valoración de los resultados globales del sector hasta la fecha y los contrastamos con la telefonía fija.

### **Contribución directa a la economía**

La aportación cuantificable que ha supuesto la irrupción de la telefonía móvil dentro del macrosector de las telecomunicaciones se puede observar en el Anexo 1. Su peso total dentro de la economía y la tendencia claramente alcista en los últimos cinco años de su facturación se observan claramente en los datos, pasando de los 3.894€ millones de 1998 a los más de 12.300€ millones del pasado 2002. La contribución del sector al PIB nacional ha pasado de un 0,74% a un 1,78% en apenas cinco años, constituyéndose rápidamente en uno de los pilares de la economía, tanto por su contribución directa al PIB como por su apoyo a la competitividad de otros sectores productivos. Esta contribución se puede dividir en los siguientes apartados:

#### a) Inversiones

Para el desarrollo del sector han sido necesarias importantes inversiones en activos fijos, que ascendieron a casi 10.000€ millones durante el periodo 1998-2002. Sin embargo, las inversiones en este sector han sufrido un importante retroceso a partir del año 2000, debido en parte a la finalización del despliegue inicial de la red básica de GSM en toda España y, de otra parte, a la congelación del aumento de la capacidad de la red a partir de 2001 necesaria para satisfacer el espectacular aumento de la demanda. Las siguientes secciones de este estudio estudian con mayor detalle la congelación del despliegue de antenas y las consecuencias económicas y sociales que esto pueda producir.

#### b) Empleo directo

A pesar del enorme grado de automatización de la red y las fuertes necesidades de inversión en activos fijos, la cifra de empleo directo dentro del sector de operadores de telefonía móvil es significativa y casi se ha doblado en los últimos cinco años, pasando de 6.727 empleados en 1998 a más de 10.500 en el 2002, si bien esta cifra se ha estancado recientemente. También hay que tener en cuenta la importante cantidad de empleo indirecto que este sector genera. Como consecuencia de la reducción de la inversión en el sector en los últimos años, se ha producido un importante descenso en el número de empleados de las

empresas proveedoras de material y de equipos a las operadoras de telefonía. Son particularmente importantes los centros de I+D de las empresas de sectores relacionados que tienen un gran impacto en el desarrollo tecnológico del país. Sin el entorno económico e adecuado, estos centros podrían buscar su localización geográfica en otros países.

c) Otros componentes de la contribución del sector

Como se puede apreciar en la Figura 1, los tres operadores, cuyas cifras desglosadas por conceptos se han podido agregar para el año 2001 en base a información pública de las tres empresas<sup>1</sup>, aproximadamente tuvieron un total de 6.000€ millones de gastos directos sobre ingresos de 10.000€ millones, es decir, el 60% de su contribución total al PIB del sector se compone de costes de personal y gastos corrientes (que lógicamente suponen ingresos para otros sectores de nuestra economía). El 40% restante se distribuye entre la amortización, gastos financieros, impuesto de sociedades y el beneficio empresarial de las operadoras. Cabe destacar que además del impuesto de sociedades computado sobre el beneficio de las empresas del sector reflejado en la Figura 1, el sector también contribuye a las arcas públicas con el 16% de su facturación total a través del IVA satisfecho por el usuario, al margen de otros impuestos y licencias.

**Figura 1. Distribución de los ingresos en telefonía móvil.  
Datos en millones de euros para 2001**

<b>INGRESOS TOTALES</b>	<b>10,027 €</b>	<b>100%</b>
<b>- GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>-5,958 €</b>	<b>60%</b>
<b>EBITDA</b>	<b>4,069 €</b>	<b>40%</b>
<b>- AMORTIZACION</b>	<b>-1,163 €</b>	<b>11%</b>
<b>- GASTOS FINANCIEROS</b>	<b>-908 €</b>	<b>9%</b>
<b>- IMPUESTOS</b>	<b>-588 €</b>	<b>6%</b>
<b>RESULTADOS DESPUES DE IMPUESTOS</b>	<b>1,410 €</b>	<b>14%</b>

Fuente CMT y Cuentas anuales de Vodafone, Amena y Telefónica Móviles España.

### **Contribución de la telefonía móvil a los usuarios**

Al margen de la contribución directa del sector al PIB que hemos desglosado en la sección anterior, el cliente recibe un servicio que tiene para él o ella un valor superior a lo que paga. Es decir, además de la contribución a la sociedad directamente medible por la cifra de ventas del sector, habrá que considerar el exceso de valor para el cliente estaría dispuesto a pagar sobre lo que efectivamente paga por usar el servicio (consumer surplus). Esta estimación

<sup>1</sup> La forma agregada en que las empresas con presencia multinacional reportan los datos a partir de 2001 hacen imposible el desarrollo de un tabla similar para 2002 basado en datos disponibles públicamente.

requiere datos precisos sobre la relación entre la demanda y el precio del servicio basados en un estudio de mercado a tal efecto que no están disponibles para la realización de este estudio. Sin embargo, sí es posible hacer un análisis cualitativo del valor que la telefonía móvil aporta para el cliente en la actualidad, ya sea para uso doméstico o dentro de la empresa.

El valor de la telefonía móvil para el usuario se puede dividir en dos aspectos fundamentales: estar disponible para llamar o ser llamado en cualquier momento (conectividad) y el uso específico que se hace del servicio (minutos de uso). En primer lugar, se debe destacar la importancia que tiene para el cliente estar continuamente conectado a la red y poder usar el servicio en caso de emergencia. El valor de la conectividad no está incluido en la medición de la contribución del sector el PIB, aunque debería tenerse en cuenta el valor para los usuarios de poder comunicarse con otros usuarios de telefonía cuando lo necesita, ya sean sus conocidos, su empresa, sus clientes y los servicios tradicionales de emergencia (hospitales, policía).

Por otro lado, el uso que se realiza del móvil ofrece indudable valor a los usuarios, obviamente basado en la movilidad. Es especialmente importante para aquellas personas que están fuera de su lugar habitual y necesitan de forma urgente acceder a cierta información transmisible por teléfono. Esta característica del servicio es *esencial para la competitividad de las empresas y su flexibilidad*. La falta de calidad en el servicio hace, pues, más daño en primer lugar a las empresas y el tejido económico de la zona donde el uso del móvil esté limitado como elemento indispensable de su infraestructura y, a continuación, a los usuarios domésticos.

Finalmente, se deberían tener también en cuenta la aparición de nuevos servicios más avanzados de telefonía que pronto se realizarán sobre la red existente y sus ampliaciones, como el uso del móvil para el pago de servicios y productos, los servicios de localización, la transferencia de imágenes, la conexión a Internet via GRPS y los nuevos servicios de banda ancha que puedan aparecer en el futuro con la nueva red de tercera generación de telefonía móvil (UMTS). Aunque hoy en día se desconozcan los servicios basados en la telefonía móvil que se puedan desarrollar en los próximos tres o cinco años, es muy posible que se produzca un aumento cualitativo en el uso del móvil a medio plazo, como supuso en su día la enorme aceptación de los mensajes SMS que no fueron previstos cuando la tecnología GSM se lanzó a principios de los noventa.

### **Resultados del sector de telefonía móvil**

En definitiva, la telefonía móvil se ha convertido en una parte esencial de nuestras vidas y una infraestructura absolutamente imprescindible para la actividad económica y social de nuestro país. Su éxito se puede ver claramente en el extraordinario crecimiento del número de usuarios, pasando en cuatro años de unos 7 millones en 1998 a los más de 33 millones a finales de 2002, una penetración de más del 80% de la población de España. Con una cobertura de servicio que alcanza la práctica totalidad de la población, este crecimiento se ha debido en gran

medida al aumento en la eficiencia y la productividad, y a la bajada de precios de los operadores que facturaban en 1998 a una media de 0,75€ por minuto, llegando a 0,42€ por minuto en 2002 (Anexo 1) y que todavía podría bajar algo en los próximos años.

En resumen, la implantación y la gestión de la telefonía móvil en España se puede considerar un éxito muy claro para el conjunto de la sociedad. Para los usuarios supone la disponibilidad de un servicio esencial que mejora la calidad de vida, para la economía ha supuesto un fuerte aumento de la actividad, para las empresas una infraestructura básica que contribuye a mejorar su coordinación interna y sus servicios ofrecidos, para el gobierno una fuente importante de ingresos y, finalmente, para el sector laboral un fuerte aumento del empleo directo e indirecto.

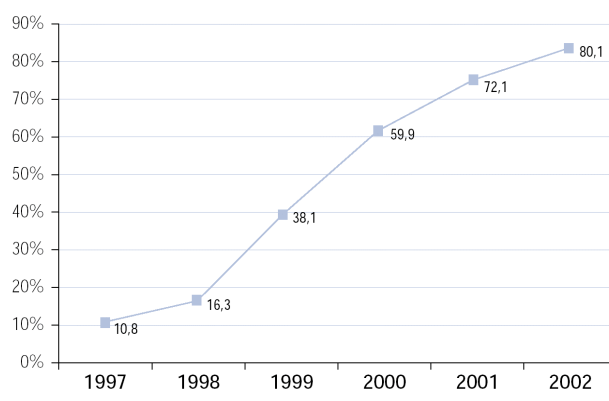


### 3. EL DESARROLLO DEL SECTOR

Para ofrecer un servicio de telefonía móvil de calidad, con disponibilidad en todo el país y sin cortes en el servicio, ha sido necesario realizar fuertes inversiones en infraestructuras, particularmente estaciones base (antenas). Hoy día la cobertura del servicio llega a la práctica totalidad de la población, a pesar de las sustanciales diferencias entre zonas geográficas respecto a su densidad de población y estacionalidad en el uso del servicio, habiendo en España áreas urbanas, rurales y turísticas con características muy distintas entre sí. Como muestra la Figura 2, la penetración del servicio en nuestra sociedad ha sido espectacular alcanzando a finales de 2002 al 80% de la población.

**Figura 2: Penetración**

**33. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE PENETRACIÓN EN TELEFONÍA MÓVIL AUTOMÁTICA**



Fuente: CMT

A pesar de la alta penetración de la telefonía móvil en España, existen todavía importantes diferencias entre comunidades autónomas. En la siguiente Figura 3 se pueden observar los distintos índices de penetración de la telefonía móvil para cada una de las comunidades autónomas.

**Figura 3. Penetración por CC.AA. en 2002.**



Fuente: Informe de la Sociedad de la Información de Telefónica, 2002.

## Comparación con otros países

Las características orográficas y de densidad de población españolas son muy diferentes a las de los restantes países europeos (Figura 4). Por un lado, la baja densidad de población (y la menor renta per capita por tanto por km2 al que se da cobertura) desincentiva claramente la inversión en España, ya que las operadoras de telefonía móvil con actividad en España obtienen un menor retorno por euro invertido que las de otros países.

**Figura 4. Ratios de densidad europeos**

	Alemania	UK	Italia	Holanda	Francia	España	Bélgica	Dinamarca	Suiza
PIB per capita. Euros	23.420	21.201	18.392	22.338	22.092	13.220	22.384	29.743	32.728
Densidad (hab/Km2)	230	238	190	381	102	79	332	121	170
PIB por Km2 Euros	5,38	5,04	3,49	8,51	2,25	1,04	7,43	3,59	5,56
Nº de operadores GSM	4	4	4	5	3	3	3	4	3
PIB por Km2 y operador Ranking	1,34	1,26	0,87	1,70	0,75	0,34	2,47	0,90	1,85
	4	5	7	3	8	9	1	6	2

Fuente CMT.

A esta circunstancia hay que añadir el alto grado de movilidad estacional de los usuarios españoles y la afluencia de turistas, lo que determina unas necesidades reales mucho mayores que las necesarias para cubrir los niveles medios de uso de la red.

De este análisis comparativo se puede concluir que, aunque España se presenta como un mercado con mayores dificultades técnicas y menor rentabilidad que otros países europeos más densos, ricos y homogéneos, el sector se ha desarrollado en el pasado rápidamente, incluso por encima de países avanzados de nuestro entorno, como la Figura 5 muestra.

**Figura 5: Comparación de penetración por países**

AÑO 2001					
	lineas fijas (mill)	población	lineas/hab	ARPU	penetración
<b>España</b>	18.6	40.0	0.47	228.15	72%
<b>Gran Bretaña</b>	34.7	59.6	0.58	271.98	77%
<b>Italia</b>	27.0	57.6	0.47	379.56	69%
<b>Francia</b>	34.6	59.5	0.58	393.43	58%
<b>Alemania</b>	51.1	83.0	0.62	314.31	68%

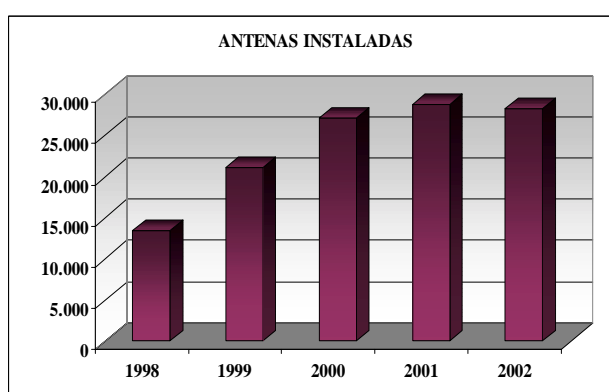
Fuentes: CMT e informe de la sociedad de la información de Telefónica  
ARPU: Facturación media por usuario

A pesar de que España se ha situado a la cabeza de Europa en el desarrollo del sector de telefonía móvil en los años recientes, la situación de cara al futuro es más que preocupante. Como se analiza en la próxima sección, se ha producido un peligroso estancamiento en el despliegue de infraestructura existente y de ampliaciones para nuevos servicios, particularmente en algunas localidades y comunidades autónomas, que ponen en peligro la calidad del servicio y sus repercusiones negativas sobre la economía y la sociedad.

### El estancamiento en el despliegue de antenas

En los últimos dos años la instalación de antenas para dotar de la cobertura y capacidad necesaria a la red de comunicaciones móviles se ha visto cortada radicalmente. A pesar de subir el número de minutos de tráfico de 17.000 millones en 2000 a 29.000 en 2002 (un crecimiento del 70%), el número de estaciones base para GSM/GPRS apenas ha aumentado en 1.000 unidades de las 27.136 disponibles en 2000 a las 28.325

**Figura 6: Evolución del número de estaciones base para telefonía móvil GSM/GPRS (Fuente CMT)**



en 2002 (un aumento del 4%), llegando incluso a reducirse el número de antenas en funcionamiento respecto a 2001(Figura 6 y Anexo 1).

La cifra de antenas instaladas refleja una clara congelación en la infraestructura que indudablemente antes o después influirá en la calidad del servicio, aunque su efecto en algunos casos se pueda paliar con microcélulas<sup>2</sup>. Dentro de las diferentes motivaciones que han contribuido a la congelación del despliegue de las antenas, habría que destacar los supuestos efectos contra la salud que provoca la exposición a los campos electromagnéticos, así como el impacto medioambiental o visual de la antena, que han provocado la intervención de las administraciones (fundamentalmente a nivel local y comunidad autónoma) respecto a los límites de potencia de emisión de estas antenas. En este sentido, surgieron hace varios años en España un numeroso y heterogéneo grupo de agentes que han influido de forma significativa en las administraciones públicas y las normativas locales, incluidas asociaciones de consumidores,

<sup>2</sup> La microcélulas tienen mucho menor tamaño, potencia de emisión y, en consecuencia, cobertura que las antenas. Este tipo de instalaciones se suelen utilizar en zonas donde las celdas ofrecen una reducida cobertura y presentan un espacio físico limitado para la instalación de infraestructuras mayores en emplazamientos como interiores de edificios, sótanos, túneles, etc. Sin embargo, por ser necesario un número muy superior de microcélulas, que se saturan más rápidamente que las antenas, no sería en absoluto eficiente cubrir la geografía nacional con este sistema.

grupos ecologistas y algunos medios de comunicación, que han realizado pronunciamientos alarmistas sobre los supuestos riesgos para la salud de las antenas, a pesar de los estudios técnicos aportando datos en contra de su peligrosidad. En muchos casos las autoridades obligan la retirada de antenas a partir de la fecha en la que aparecen estos grupos contrarios a la utilización de antenas de radiofrecuencia en zonas urbanas.

Este estudio no pretende valorar el impacto medioambiental o en la salud de las antenas, sino el importante efecto negativo en nuestra sociedad, tanto para los usuarios domésticos como para la economía y la competitividad empresarial regional, que supone no disponer de un sistema de telefonía móvil que funcione. En la próxima sección, utilizaremos los datos existentes sobre uso del móvil, su posible evolución a medio plazo y el número de antenas instaladas para estimar el número de minutos que se puede llegar a perder si no se aumenta la infraestructura del servicio de telefonía móvil. Una vez estimado el número de minutos no satisfechos por la red existente, podemos convertir en términos monetarios el efecto negativo que el estancamiento en el despliegue de la red de antenas puede tener en nuestra economía en futuro próximo.

#### **4. ESTIMACIÓN DE LOS EFECTOS ECONÓMICOS DEL ESTANCAMIENTO DE LA RED**

Para estimar el efecto que la congelación de las infraestructuras puede tener en la economía española en los próximos años, es necesario primero realizar unas previsiones sobre la futura evolución del servicio de telefonía móvil y su demanda a medio plazo. Tras estimar dos escenarios de crecimiento hasta el año 2005, calcularemos la cantidad de minutos demandados que pueden exceder de la capacidad de la infraestructura existente. Finalmente, calcularemos el impacto económico en nuestra sociedad que supone no satisfacer esta demanda.

##### **La demanda futura del servicio de telefonía móvil**

En los últimos años, las costumbres de nuestra sociedad se están readaptando como consecuencia de la disponibilidad del servicio de telefonía móvil. El extraordinario crecimiento de la demanda de los últimos años (70% en el periodo 2001-2002) puede continuar en el futuro, si bien no es posible predecir el ritmo de crecimiento que se pueda producir. En cualquier caso, la demanda futura dependerá de dos factores: número de usuarios y uso medio por usuario.

Por un lado, la alta penetración del servicio en nuestro país hace improbable un aumento sustancial en el número de usuarios. Aunque en ciertas zonas España (por ejemplo, la comunidad de Madrid) la penetración es superior al 100% por utilizar muchos usuarios más de un móvil, ya se han superado los 33 millones de contratos en una población cercana a los 42 millones de habitantes. Utilizando un modelo frecuentemente empleado en estudios de economía sobre la introducción y difusión de innovaciones en la sociedad<sup>3</sup>, hemos estimado que el número de contratos se debería estabilizar en torno a los 36,5 millones en España a finales de 2003 y no crecer posteriormente.

Por otro lado, la mayor parte del crecimiento futuro de la demanda se deberá, sin duda, al posible aumento en el uso del móvil por usuario debido a la aparición de nuevos servicios. En este sentido, hemos construido dos escenarios, alto y bajo crecimiento, durante un periodo de tres años 2003-2005. En el escenario de crecimiento bajo hemos considerado un aumento anual igual al del año 2002, es decir, el 11%. Debido a la aparición en el año 2003 de teléfonos con cámara fotográfica y al desarrollo de servicios de mayor valor añadido que mencionamos anteriormente (GPRS, UMTS, Internet, video streaming, conexión con máquinas, etc), es muy posible que se produzca un salto cualitativo en el uso del móvil en los próximos dos o tres años. Ya que estos nuevos servicios requieren a menudo un ancho de banda varias veces mayor al del

---

<sup>3</sup> El modelo de Bass (1969) predice que la tasa de adopción de un nuevo producto es función de un parámetro  $p$  constante a través del tiempo y de un parámetro  $q$  que multiplica la proporción de la población que ha adoptado el producto en el periodo anterior. El modelo obtuvo un  $R^2$  de 0.87 y un valor para 2003 de 36.440.939 usuarios, que representa el número total de personas que adoptarán el teléfono móvil en base a este modelo.

escenario de crecimiento bajo del 11% anual (por ejemplo, la transmisión de imágenes requiere 4 veces y el video streaming requiere 10 veces más ancho de banda que la voz), hemos considerado también un escenario de alto crecimiento cuatro veces superior, es decir, el 44% anual. Si este aumento se llega a producir, la infraestructura debería ser capaz de gestionar el equivalente a varias veces más la cantidad de minutos actualmente dedicados casi de forma exclusiva en la actualidad a voz y mensajes cortos SMS. Debemos mencionar que las cifras preliminares sobre el crecimiento en la demanda del primer semestre de 2003 facilitado por los operadores se sitúan entre el 30 y el 40%, mucho más cercano al escenario de crecimiento alto que el escenario de crecimiento bajo.

En resumen, hemos construido dos escenarios de crecimiento en el periodo 2003-2005 sobre la base de un aumento conservador en el número de usuarios en el primer año. En la próxima sección estimamos hasta qué punto la infraestructura actual limita la posibilidad de dar servicio a la demanda de la sociedad española.

### **Estimación de la demanda no satisfecha**

Debido a que el número de antenas instaladas en España se encuentra estancado, es sólo cuestión de tiempo que no se pueda satisfacer el aumento de la demanda que previsiblemente se producirá en un futuro próximo. Para calcular la demanda no satisfecha, tendremos que comparar la capacidad actual de la infraestructura instalada y los escenarios posibles de crecimiento futuro. Realizamos esta estimación utilizando medias y varianzas de uso por antena, considerando distintas zonas geográficas de España (urbana, rural y playa) en distintos días y franjas horarias. El Apéndice Metodológico I explica con detalle cómo se ha calculado la capacidad máxima de las antenas, la demanda futura y los minutos de servicio demandado que no se podrían satisfacer en las horas punta. Los resultados se muestran en el Apéndice Metodológico II, donde se detallan los minutos perdidos en toda España por franja horaria y día en los dos escenarios de crecimiento futuros. El Anexo 2 presenta los resultados agregados y muestra gráficamente la relación entre los minutos efectivamente gestionados por la red instalada y los minutos que no se podrían satisfacer, limitados por la infraestructura existente a principios de 2003.

Aunque la metodología usada es compleja basada en la teoría de la probabilidad, se puede intentar explicar su lógica en términos no técnicos. Básicamente, se ha partido de una capacidad máxima de minutos gestionables por antena instalada, en base a información aproximada facilitada por los expertos en la gestión de la red de las operadoras. Por otro lado, hemos estimado la media del número de minutos gestionados por una antena situada en distintas zonas (urbana, rural y playa) por franjas horarias en distintos días (laborales y fin de semana, y agosto o resto del año) y la variabilidad en torno a ese número (varianza ajustada en base a la media). Dadas, pues, la media y la varianza de una distribución de probabilidad normal, hemos visto el

porcentaje de minutos de la demanda que no pueden ser cubiertos por situarse en la punta de la distribución, más allá del límite impuesto por la capacidad máxima de la antena (identificado anteriormente). Estos porcentajes se pueden convertir en minutos de servicio no prestado. Como la capacidad de las antenas permanece constante en el periodo de tiempo considerado (2003-2005), a medida que aumenta la demanda y el número de minutos efectivamente gestionados por la red, también aumenta el número de minutos que no se pueden gestionar por sobrepasar el límite máximo de capacidad de las antenas por hora, primero en las horas punta de uso en las zonas y días más conflictivos y, luego, en otras zonas y horas.

Esta demanda insatisfecha se produce en su mayor parte en zonas turísticas de playa en horas punta en el mes de agosto, especialmente los fines de semana. A continuación, también se producen minutos de servicio no prestado en zonas urbanas, primero en horas punta que luego se desbordan a las otras horas de mayor uso. Según va aumentando la demanda prevista en los dos distintos escenarios, el límite de capacidad va afectando a más franjas horarias en todas las zonas geográficas llevando al total reflejado en el Anexo 2.

### **Efecto económico de la demanda de servicio no satisfecha**

La congelación en el despliegue de la infraestructura impedirá satisfacer la demanda de un número importante de minutos de servicio antes de tres años. Aunque ningún sistema se diseña con el objetivo de poder gestionar el 100% de las llamadas por el enorme coste en infraestructura infrautilizada que supondría, la cantidad de minutos de servicio no prestado aumentará rápidamente si el número de antenas no aumenta. El escenario de mayor crecimiento resultaría en 100.000 millones de minutos gestionados por la red y 20.000 millones de minutos que no se podrían gestionar, es decir, se pasaría de no poder gestionar el 0,2% de los minutos en 2002 a no poder satisfacer el 20% de los minutos en 2005. Incluso si este escenario de alto crecimiento no se llega a realizar, los resultados muestran claramente que nos encontramos en la actualidad muy cerca de una situación crítica. En el escenario conservador de bajo crecimiento, el total de minutos de servicio no prestado en el periodo 2003-2005 sería de 1.545 millones de minutos, es decir, en torno al 5% de los minutos gestionados a principios de 2003.

La demanda final de servicios de telefonía móvil en la sociedad española en los próximos años muy probablemente se situará entre los dos escenarios reflejados en el Anexo 2 y los minutos de servicio no prestado en el periodo 2003-2005 pueden rondar los 14.000 millones de minutos, si la infraestructura de antenas permanece congelada. Teniendo en cuenta el precio por minuto de servicio de 0,42€ existente finales de 2002, la Figura 7 refleja cómo la riqueza que no se llegaría a producir en los distintos escenarios se podría distribuir en los componentes correspondientes identificados anteriormente en la sección sobre el impacto del sector de telefonía móvil en la sociedad:

**Figura 7. Distribución del efecto económico negativo.**  
**Datos en millones de euros.**

	Porcentaje	Escenario bajo	Escenario medio	Escenario alto
<b>MINUTOS DE SERVICIO NO PRESTADO</b>		<b>1.545</b>	<b>14.000</b>	<b>26.276</b>
<b>EFFECTO ECONÓMICO NEGATIVO (mill. €)</b>	<b>100%</b>	<b>649</b>	<b>5.880</b>	<b>11.036</b>
<b>- GASTOS OPERATIVOS</b> menor empleo directo en el sector y menor contribución al resto de sectores productivos de la economía	<b>60%</b>	<b>389</b>	<b>3.528</b>	<b>6.622</b>
<b>- AMORTIZACION</b> menor inversión, que no se llegaría a realizar ni a amortizar	<b>11%</b>	<b>71</b>	<b>647</b>	<b>1.214</b>
<b>- GASTOS FINANCIEROS</b> menor actividad del sector financiero	<b>9%</b>	<b>58</b>	<b>529</b>	<b>993</b>
<b>- IMPUESTOS</b> menor impuesto de sociedades, al que habría que añadir otros impuestos, incluyendo el IVA sobre el efecto total	<b>6% (IS) + IVA</b>	<b>39 + 104</b>	<b>353 + 941</b>	<b>662 + 1.766</b>
<b>- RESULTADOS</b> menor beneficio de las operadoras	<b>14%</b>	<b>91</b>	<b>823</b>	<b>1.545</b>

En resumen, el rápido crecimiento potencial del sector de telefonía móvil en los tres años 2003-2005 puede no llegar a producirse debido a la congelación de la infraestructura de antenas de la red. Si no se expande la red, el sector podría dejar de contribuir al crecimiento del PNB en casi un punto porcentual en los tres años, tomando como base el escenario medio y el PNB de 2002. Este crecimiento no realizado tendría lógicamente consecuencias negativas sobre la economía, por ejemplo, menor empleo directo e indirecto, menor inversión, menores impuestos y menores dividendos e intereses para los contribuidores de capital. Como muestra el gráfico en el Anexo 2, este efecto económico negativo crecería rápidamente a partir de niveles de demanda por encima de 47.000 millones de minutos de servicio, que se deberían alcanzar en 2004.



## 5. CONCLUSIONES

El extraordinario crecimiento del sector de telefonía móvil ha contribuido de forma sustancial a la economía española en los últimos años. Al margen de la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos que la telefonía móvil ha permitido, el importante avance de las comunicaciones móviles también hace a las empresas y a nuestra sociedad más flexible y eficiente. Sin embargo, el futuro a pocos años vista no es nada optimista. La congelación del despliegue de antenas pone en riesgo el crecimiento futuro y puede llegar a limitar de forma importante nuestra economía, por tratarse de un servicio básico con enormes repercusiones competitivas y sociales.

Planteando un escenario de crecimiento muy rápido, se podría llegar a triplicar en pocos años el uso de la red con la aparición de nuevos servicios de mayor ancho de banda, sin que se correspondiera este aumento de la demanda con un incremento paralelo de la capacidad instalada. Como consecuencia, la red española carecería de la capacidad suficiente para proporcionar el volumen de tráfico requerido por los consumidores, especialmente en la demanda de servicios más avanzados. Dada la prioridad que las operadoras darían a los servicios de voz, este volumen de tráfico no satisfecho se traduciría no tanto en la imposibilidad de realizar llamadas como en la paralización del desarrollo de nuevos servicios.

Si el escenario más pesimista se llegara a producir, la contestación y presión social serían probablemente muy fuertes por el deterioro en la calidad del servicio, que se haría claramente visible para servicios de alto valor añadido. Hay que destacar que actualizar la infraestructura lleva tiempo y por tanto en esta contingencia que estamos planteando, nuestra economía se vería seriamente afectada durante un periodo significativo de tiempo, tanto antes como después de la decisión de las administraciones de permitir la instalación de nuevas antenas.

Las consecuencias económicas negativas de la congelación del despliegue de antenas serían múltiples. Por un lado, están los efectos directos sobre el bienestar de los usuarios y la creación de riqueza del sector de la disminución del tráfico cuyas estimaciones numéricas hemos resumido en la Figura 7. De otra parte, existen otros efectos indirectos que, pese a ser de muy difícil cuantificación, tienen repercusiones económicas potencialmente muy importantes. Los resaltamos a continuación:

En primer lugar, el parón en el despliegue de la infraestructura provoca una disminución drástica en la demanda del producto para los proveedores de equipos para redes como son los productores estaciones de base o de centros de conmutación. Este decremento en la demanda se traduce en una reducción del empleo en el sector, además del empeoramiento de la cuenta de resultados de las compañías. En la actualidad, la industria de suministradores de equipo está sufriendo una fortísima crisis. Si bien es cierto que no podemos atribuir la totalidad de esta crisis a la congelación en las infraestructuras de telefonía móvil, indudablemente éste ha tenido un papel importante en el mal momento por el que atraviesa el sector.

En segundo lugar, hay que considerar el efecto de las telecomunicaciones en la evolución de una variable tan estratégica como es la productividad y el potencial de crecimiento de la economía española. En un reciente estudio, Hernando y Núñez (2002)<sup>4</sup> estiman que las Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones explican un 31% del crecimiento de la productividad del trabajo en el sector no financiero de la economía española en el período 1996-2000. La congelación en el desarrollo de infraestructura de telefonía móvil puede afectar negativamente de diferentes maneras a la productividad del tejido empresarial español:

- La posible saturación en el uso de la red disminuirá las ventajas a la empresa que proporciona el acceder de manera instantánea e independiente de la localización física del personal de la empresa a cualquier tipo de información disponible por teléfono.
- El peligro de un escenario de saturación de la red puede implicar una reducción en la aparición de nuevos productos o servicios o, como mínimo un retraso, en la disponibilidad de los mismos para su uso por las empresas. Estos servicios, al ser puestos a disposición de las empresas, tendrían una contribución cierta al crecimiento a medio plazo de la productividad que se podrá perder si el actual parón en el despliegue de la infraestructura continúa. Para verlo, simplemente hay que pensar en las oportunidades de ahorro de costes y optimización de recursos que pueden representar servicios tales como el uso del móvil para el pago de servicios y productos, los servicios de localización, la transferencia de imágenes, la conexión a Internet vía GRPS y los nuevos servicios de banda ancha que puedan aparecer en el futuro con la nueva red de tercera generación de telefonía móvil (UMTS).

Finalmente, cabe destacar que los efectos económicos negativos de la congelación de la infraestructura no se sentirán uniformemente a lo largo de nuestra geografía. Como es lógico, serán aquellas zonas donde las limitaciones al despliegue de antenas hayan sido mayores las que sufrirán en mayor medida las consecuencias, tanto en la calidad del servicio a los usuarios de la zona como, sobre todo, en la competitividad de las empresas locales. Por ello, es imprescindible que las administraciones a todos niveles -nacional, autonómico y local- colaboren para evitar que el actual estancamiento de la infraestructura de la red de telefonía móvil pueda limitar seriamente el crecimiento de la economía y el bienestar de nuestra sociedad.

---

<sup>4</sup> Hernando L. Y Núñez S. (2002). "The contribution of ICT to economic activity: a growth accounting exercise with spanish firm-level data". Documento de Trabajo nº 0203 del Banco de España. Hay que hacer notar que esta estimación de las TIC sobre la productividad del trabajo está infravalorada pues este estudio no recoge el efecto de las TIC sobre la Productividad Total de los Factores (PTF).

## ANEXO 1: DATOS BASICOS SOBRE LA TELEFONIA MOVIL EN ESPAÑA

	1998	1999	2000	2001	2002
FACTURACION (mill. euros)	3,895	5,918	8,223	10,028	12,339
NUMERO HABITANTES (mill.)	40	40	40	41	42
FACTURACION/HABITANTE	98	147	203	244	295
CLIENTES	6,905,365	15,104,096	24,328,140	29,699,461	33,568,813
FACTURACION/CLIENTE	564	392	338	338	368
INDICE DE PENETRACION	16%	38%	60%	72%	80%
MINUTOS DE TRAFICO (mill.)	5,216	10,427	17,026	22,942	29,258
PRECIO POR MINUTO	0.75	0.57	0.48	0.44	0.42
FACTURACION SECTOR TELEC.	17,664	21,046	24,783	28,217	31,584
% DE TEL. MOVIL SOBRE SECTOR	22%	28%	33%	36%	39%
EMPLEADOS	6,727	8,935	10,901	11,543	10,568
FACTURACION/EMPLEADO	578,946	662,312	754,315	868,746	1,167,590
PIB	527,957	565,483	608,787	650,193	693,925
%/PIB	0.74%	1.05%	1.35%	1.54%	1.78%
RESULTADOS DE EXPLOTACION		1,006	1,266	2,906	4,040
EXPL./EMPLEADO		112,602	116,117	251,774	382,243
INVERSION EN EL SECTOR	1,054	2,098	3,050	2,127	1,297
GASTO EN PUBLICIDAD	107	299	289	267	227
ANTENAS INSTALADAS (GSM/GPRS)	13,436	21,160	27,136	28,826	28,325

	TEL. MOVIL	TEL. FIJA
EBITDA	5,309	4,850
DEUDA	15,742	23,020
FREE CASH FLOW	2,729	1,518
EBITDA/INGRESOS	43%	36%
DEUDA/EBITDA	296%	475%

Fuente: CMT.

## ANEXO 2: ESTIMACION DEL TRÁFICO PERDIDO

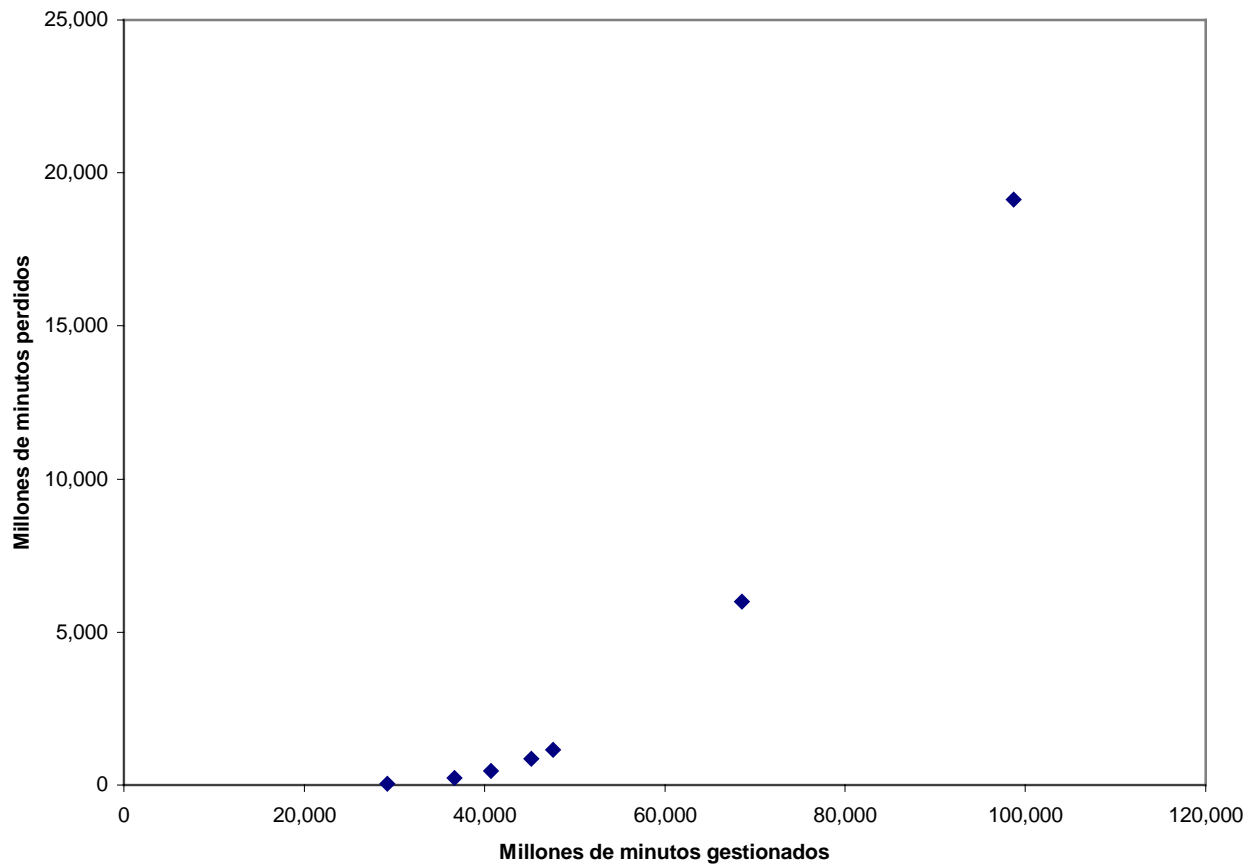
Escenarios	Demanda Satisfecha	Tráfico Perdido Estimado
	2002 (real)	29,258,000,000
2003 bajo	36,698,309,400	224,585,481
2003 alto	47,608,617,600	1,154,669,448
2004 bajo	40,735,123,434	456,349,282
2004 alto	68,556,409,344	5,992,551,953
2005 bajo	45,215,987,012	864,213,709
2005 alto	98,721,229,455	19,129,648,967

Total estimaciones minutos perdidos en los próximos tres años 2003-2005 en millones de minutos

- Escenario bajo: 1,545  
- Escenario alto: 26,276

Total de minutos perdidos bajo diferentes escenarios de crecimiento de la demanda basados en la varianza ajustada.

**Tráfico perdido sobre demanda satisfecha**



## APÉNDICE METODOLÓGICO I

### PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS MINUTOS PERDIDOS PARA UN VOLUMEN DETERMINADO DE DEMANDA NACIONAL AGREGADA

En este apéndice describimos el proceso de estimación del número total de minutos perdidos para un nivel determinado de demanda agregado a nivel nacional. Los supuestos más relevantes que empleamos en nuestro análisis son los siguientes:

- El número de antenas en España está fijo y se mantendrá constante en los próximos años.
- La distribución estadística del tráfico dada una franja horaria, zona geográfica y tipo de día sigue una distribución Normal<sup>5</sup>.

Bajo estos supuestos, el procedimiento que hemos seguido consta de los siguientes tres pasos:

1. Cálculo de la capacidad en minutos de por antena (media estimada de las antenas instaladas en España).
2. Cálculo de la distribución estadística del tráfico en minutos soportado por la antena media por franja horaria (de 0.00 a 23.00 horas), zona geográfica (playa, urbana y rural), y tipo de día (día entre semana, fin de semana, día entre semana de agosto y fin de semana de agosto).
3. Usando la información de los dos puntos anteriores, se puede estimar los minutos perdidos en la antena media por franja horaria, zona geográfica, y tipo de día.

#### 1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN MINUTOS DE LA ANTENA MEDIA

Dado la gran variabilidad de la capacidad de las antenas instaladas por zona geográfica, nuestro análisis se basa en la capacidad de una “antena media” representativa de las actualmente instaladas en España. A partir de conversaciones mantenidas con representantes de las operadoras telefónicas, una antena por término medio de las casi 30,000 antenas instaladas puede mantener aproximadamente unas 20 conversaciones simultáneas en un momento dado. Esto significa que durante una hora la antena media puede gestionar hasta un máximo de 1200 minutos de tráfico.

Cabe destacar que, si el uso del móvil se distribuyera uniformemente entre todas las antenas y a lo largo de las 24 horas del día, la capacidad actualmente instalada podría gestionar casi 300.000 millones de minutos al año ( $1200 \text{ minutos/hora} * 24 \text{ horas/día} * 365 \text{ días/año} * 28.325 \text{ antenas}$ ), es decir, diez veces más que la demanda actual (casi 30.000 millones de minutos de tráfico en 2002). Sin embargo, existe una gran variabilidad por antena (respecto a la media de uso de una antena determinada), por franja horaria (existen altos picos de uso durante horas punta y horas sin apenas uso durante la noche), por día de la semana (diferencias sustanciales entre días laborales y fines de semana), mes del año (con la influencia de la concentración del uso durante el verano, por ejemplo, en las zonas de playa, aumentadas por la enorme confluencia de turistas extranjeros) y zona geográfica (rural, playa o urbana) de la antena. Esto hace que la capacidad instalada haya de ser analizada en base a las antenas situadas en distintos tipos de zona geográfica y durante distintas franjas horarias para estimar las puntas de uso en las que capacidad está saturada. Por ello, el cálculo de la varianza del uso de teléfono es esencial y nos permitirá estimar cuándo se puede llegar al límite de la capacidad instalada, como se explica a continuación.

---

<sup>5</sup> Hemos repetido parte de nuestro análisis utilizando una distribución de Poisson, habitualmente utilizada en los estudios sobre telecomunicaciones, encontrando resultados muy similares.

## 2. CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DEL TRÁFICO EN MINUTOS GESTIONADO POR ANTENA, POR FRANJA HORARIA, ZONA GEOGRÁFICA Y TIPO DE DÍA

La demanda de telefonía móvil dista mucho de poseer una distribución uniforme. Al contrario, se caracteriza por tener un altísimo grado de variación según la franja horaria, zona geográfica y tipo de día del que se trate. Para tener en cuenta esta variación en nuestros cálculos, desagregamos el total de minutos nacionales facturados en diferentes subconjuntos según las características mencionadas. Es decir, a partir del dato de tráfico total en minutos a nivel nacional necesitamos estimar cuál es la media de tráfico soportado por la antena media según la franja horaria, la zona geográfica y el tipo de día. Una vez halladas estas medias por antena, y con los pertinentes supuestos obtenemos la distribución estadística del tráfico por antena según las diferentes características. A continuación detallamos el proceso de desagregación que hemos empleado.

### 2.1 Tráfico medio por zona geográfica: urbano, playa y rural

Hemos utilizado los porcentajes siguientes: urbano 74%, rural 12% y playa 14%. Estos porcentajes consideran como tráfico rural el de las poblaciones de menos de 50.000 habitantes, que realizando mayor consumo que las poblaciones rurales y sobre las que se aplica conjuntamente el uso anual que se produce en zonas turísticas de playa. De esta manera, aplicando estos porcentajes para los 29.258 millones de minutos del año 2002 obtenemos 21.650 millones de minutos para urbano, 3.510 millones de minutos en rural y 4.091 millones de minutos para playa.

### 2.2 Tráfico medio por tipo de día

Consideramos cuatro “tipos” de día: de lunes a viernes, fin de semana, de lunes a viernes de agosto y fines de semana de agosto. A partir de datos antenas individuales representativas de cada zona proporcionados por las operadoras, obtenemos la tabla A.1. que detalla el volumen de tráfico diario por tipo de día tomando como unidad el tráfico diario de un día entre semana.

**Tabla A.1.** Tráfico por tipo de día según zona geográfica

	Lunes-Viernes	Fin de semana	Lunes-Viernes de agosto	Fin de semana de agosto
Urbano	$X^u$	$X^u/2$	$X^u/2$	$X^u/2$
Playa	$X^p$	$0,09*X^p$	$3*X^p$	$3*X^p$
Rural	$X^r$	$1,5*X^r$	$1,73*X^r$	$1,86*X^r$

Con los datos de la tabla A1 y teniendo en cuenta que hay 239 días de entre semana no agosto, 95 días fin de semana no agosto, 23 días entre semana de agosto y 8 días fin de semana de agosto sabemos que la siguiente ecuación ha de ser cierta:

$$239*X^u + 95*X^u/2 + 23*X^u/2 + 8*X^u/2 = \text{Total tráfico urbano}$$

De esta manera obtenemos la media de tráfico diario urbano,  $X^u$  y de manera inmediata le media de tráfico diario por los tipos de día restantes. Seguimos exactamente el mismo procedimiento para hallar el tráfico en playa y rural.

### 2.3 Tráfico medio por antena

Dado que nuestra unidad de análisis es la antena representativa media instalada en España, necesitamos dividir el tráfico hallado en los puntos anteriores por el número de antenas establecido en cada zona geográfica. Por el informe de la CMT sabemos que en el año 2002 en España había instaladas 28.325 antenas. Suponemos que el número de antenas instaladas en cada zona geográfica depende del volumen de tráfico de la zona, además la variabilidad de ese tráfico. Utilizando datos proporcionados por las operadoras, estimamos que en las zonas urbanas la desviación estándar del tráfico es un 43% de la media. Para zonas rurales es un 32% y para la playa es un 82%. Con estos datos, suponemos que el número de antenas en cada zona es proporcional a la suma de la media de tráfico, más dos veces la desviación estándar. De esta manera asignamos un 71.5% de las antenas a zonas urbanas, un 12% a rural y un 16.5% a playa, porcentajes muy similares al tráfico medio por zona, pero corrige dicha estimación por la varianza en torno a la media y, así por ejemplo, aumenta el número de antenas instaladas en zonas de playa por tener que hacer frente a una

mayor variabilidad del uso anual (cuya demanda aumenta en el verano de forma sustancial). Una vez que tenemos el número de antenas por zona es inmediato obtener el tráfico por antena que empleamos en nuestras estimaciones

## 2.4 Tráfico medio por franja horaria

Una vez obtenida una estimación de la media de tráfico diario por zona geográfica y tipo de día aplicamos a estas medias los porcentajes de la Tabla A.2 para encontrar una estimación de la media del tráfico por franja horaria, zona geográfica para concluir el proceso de desagregación. Los porcentajes de la Tabla A.2 han sido proporcionados por las operadoras telefónicas.

Tabla A.2 Distribución por franja horaria

HORA	Urbana	Playa	Rural
0:00	0,29%	1,08%	2,73%
1:00	0,10%	0,67%	0,12%
2:00	0,04%	0,74%	0,00%
3:00	0,07%	0,00%	0,00%
4:00	0,00%	0,04%	0,00%
5:00	0,04%	0,04%	0,03%
6:00	0,09%	0,07%	0,03%
7:00	0,19%	0,22%	0,43%
8:00	0,82%	3,09%	1,65%
9:00	3,09%	5,69%	4,93%
10:00	5,26%	8,96%	5,15%
11:00	7,22%	7,47%	9,22%
12:00	8,69%	5,43%	7,39%
13:00	8,65%	4,13%	7,23%
14:00	6,74%	5,36%	6,93%
15:00	5,21%	3,42%	4,26%
16:00	6,43%	3,50%	4,08%
17:00	7,96%	4,80%	4,35%
18:00	9,70%	5,43%	3,86%
19:00	9,90%	6,73%	7,75%
20:00	8,93%	13,24%	9,47%
21:00	5,23%	9,37%	7,26%
22:00	2,79%	6,28%	5,73%
23:00	2,56%	4,24%	7,39%

## 2.5. Varianza del tráfico

A partir de datos individuales de antenas proporcionados por las operadoras hemos estimado la relación entre media de tráfico diario y desviación estándar que detalla la tabla A.3. Aplicamos esos porcentajes a las medias obtenidas siguiendo el proceso descrito en los pasos anteriores para obtener la desviación estándar del tráfico por franja horaria, zona geográfica y tipo de día<sup>6</sup>.

Tabla A.3: Relación entre desviación estándar ( $\sigma$ ) y media ( $\mu$ ) según zona geográfica y tipo de día

	Lunes-Viernes	Fin de semana	Lunes-Viernes de agosto	Fin de semana de agosto
Urbano	$\sigma = 0,5*\mu$	$\sigma = 0,28*\mu$	$\sigma = 0,2*\mu$	$\sigma = 0,11*\mu$
Playa	$\sigma = 0,71*\mu$	$\sigma = 0,74*\mu$	$\sigma = 0,11*\mu$	$\sigma = 0,2*\mu$
Rural	$\sigma = 0,24*\mu$	$\sigma = 0,24*\mu$	$\sigma = 0,16*\mu$	$\sigma = 0,14*\mu$

<sup>6</sup> Somos conscientes de que en nuestro procedimiento estamos subestimando la varianza real al no considerar ningún tipo de varianza intra-horaria, es decir, al calcular una varianza a partir de medias diarias de uso y no de los valores reales por hora. Para corregir este problema procedemos a un ajuste de la varianza, doblando su valor obtenido. De esta forma, el valor de la varianza se acerca más al de la media (como ocurre en una distribución de Poisson). En los cálculos utilizamos la varianza ajustada (es decir, el doble de la estimada) por ser con seguridad una mejor estimación de la que pueda existir, computable si se utilizaran datos no agregados por hora. No obstante, para estudiar la sensibilidad de los resultados a la estimación de la varianza, hemos repetido el análisis con la varianza estimada (sin ajustar), tal como se reporta en el Apéndice Metodológico III. Los resultados con la varianza estimada sin ajustar ofrecen unos resultados muy similares en cuanto a la forma de la curva en el Anexo 2.



### 3. ESTIMACIÓN DE LOS MINUTOS PERDIDOS

En el punto anterior hemos obtenido media y varianza de la distribución estadística del tráfico en minutos por zona geográfica, franja horaria y tipo de día. Para calcular los minutos perdidos sabemos que si el tráfico en una hora determinada supera la capacidad de la antena media, 1200 minutos, todos los minutos que superen los 1200 citados se pierden. Suponemos que la distribución del tráfico sigue una distribución Normal y estimamos cuál es la probabilidad de que el tráfico supere la capacidad de la antena media, 1200 minutos, y la media de minutos perdidos en ese caso para hallar el total de minutos perdidos por una antena individual. El total de minutos perdidos se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Minutos perdidos} = d \cdot P(x > a) \cdot E[x/x > 1200] \quad (1)$$

Donde  $d$  = número de días<sup>7</sup>

$P(x > a)$  = probabilidad de que el tráfico supere el límite impuesto por la capacidad

$X$  = Tráfico en minutos

De esta manera obtenemos el total de minutos perdidos por antena al año según la zona geográfica, franja horaria y tipo de día. Después agregamos estos resultados para hallar el total de minutos perdidos a nivel nacional.

Sin embargo, el procedimiento anterior necesita corregirse para tener en cuenta que ya en el año 2002 podrían estar ya perdiéndose minutos, que no están medidos en las cifras de minutos gestionados. En este caso, la demanda real hubiera sido mayor de no existir el límite de capacidad. Esto es especialmente importante en las zonas costeras donde según el cálculo anterior la media y la varianza del tráfico en horas punta hace que sea probable alcanzar el tope de capacidad. Para estos puntos determinados necesitamos hallar la media y varianza que se hubiera verdaderamente observado de no existir límite de capacidad para así hallar los minutos que efectivamente se están perdiendo. En términos estadísticos tenemos una distribución truncada por arriba y queremos recuperar la verdadera media y varianza de la distribución subyacente. La relación entre ambas distribuciones bajo el supuesto de normalidad viene dada por la siguiente fórmula:

$$E[x/x > a] = \mu + \sigma \lambda(\alpha)$$

$$\text{Var}[x/x > a] = \sigma^2 \delta(\alpha)$$

Donde  $\mu$  y  $\sigma$  son la media y la desviación estándar de la función de probabilidad subyacente  $\lambda(\cdot)$  es un ratio con la función de densidad normal en el numerador y 1 menos la función normal acumulada en el denominador,

$$\alpha = (a - \mu) / \sigma; \text{ y } \delta(\alpha) = \lambda(\alpha) (1 - \alpha)$$

Resolviendo el sistema con dos ecuaciones y dos incógnitas recuperamos la verdadera media y varianza de aquellas franjas horarias en las que ya se podría estar sobrepasando en momentos puntuales el límite impuesto de capacidad. Una vez que obtenemos la media y varianza de la distribución efectivamente truncada utilizamos (1) para hallar el total de minutos perdidos. La estimación final por tramos horarios se muestra en el Apéndice Metodológico II, en base a distintos supuestos de crecimiento (alto y bajo) y a la varianza ajustada.

---

<sup>7</sup> Número de días al año depende del tipo de día que estemos considerando: fin de semana, agosto, etc.

## APÉNDICE METODOLÓGICO II

### ESTIMACION DE MINUTOS PERDIDOS EN BASE A LA FRANJA HORARIA Y EL DIA DE LA SEMANA CORRESPONDIENTE

Año 2002: Pérdidas totales de minutos por franja horaria.

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00		0	0	0
10:00	15,507	22	6	16,513
11:00	32,231	0	0	392
12:00	789,753	0	0	0
13:00	967,614	0	0	0
14:00	6,942	0	0	0
15:00	2	0	0	0
16:00	2,180	0	0	0
17:00	845,397	0	0	0
18:00	3,359,914	0	0	0
19:00	7,281,838	0	0	20
20:00	5,728,048	535,151	1,813,040	16,978,401
21:00	202,040	97	42	3,394,246
22:00	2	0	0	2
23:00	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	41,969,399			
<b>TRAFICO</b>	29,258,000,000			
<b>%</b>	0%			

Año 2003: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% y del tráfico por usuario del 11%

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00		90	0	115
10:00	449,121	10,846	15,967	322,967
11:00	1,442,295	99	43	33,771
12:00	11,618,292	0	0	29
13:00	13,607,748	0	0	0
14:00	523,375	0	0	19
15:00	3,224	0	0	0
16:00	247,917	0	0	0
17:00	14,507,780	0	0	0
18:00	30,662,839	0	0	29
19:00	53,002,300	2	0	5,686
20:00	39,829,403	5,670,491	12,136,456	29,851,153
21:00	3,118,391	26,605	45,875	7,450,051
22:00	1,123	0	0	1,380
23:00	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	224,585,481			
<b>TRAFICO</b>	36,698,309,400			
<b>%</b>	1%			

Año 2003: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% y del tráfico por usuario del 44%

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00	27,429	66	25	27,857
10:00	6,211,888	729,267	1,673,331	2,528,692
11:00	24,011,371	49,988	94,573	675,435
12:00	88,760,789	13	3	12,952
13:00	100,263,487	0	0	19
14:00	12,317,564	8	1	10,175
15:00	541,122	0	0	0
16:00	7,725,822	0	0	0
17:00	118,226,606	0	0	1,107
18:00	168,277,441	13	3	12,952
19:00	247,725,724	6,167	8,101	246,118
20:00	202,974,712	30,636,680	44,851,071	52,024,678
21:00	24,704,669	1,223,632	2,790,824	15,054,403
22:00	129,088	1,182	1,051	111,270
23:00	34	0	0	43
<b>TOTAL TRAFICO</b>	1,154,669,448			
<b>%</b>	47,608,617,600	2%		

Año 2004: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% en el 2003 y del tráfico por usuario del 11% anual

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00	1,257	0	0	1,539
10:00	1,444,619	77,831	155,618	837,336
11:00	5,203,965	1,845	1,836	137,776
12:00	29,187,235	0	0	518
13:00	33,636,973	0	0	0
14:00	2,224,193	0	0	367
15:00	34,411	0	0	0
16:00	1,201,792	0	0	0
17:00	37,781,081	0	0	16
18:00	66,016,507	0	0	518
19:00	105,917,776	97	42	33,543
20:00	81,827,312	12,314,069	22,173,551	37,605,946
21:00	7,933,631	159,460	342,318	10,073,389
22:00	9,952	9	2	10,952
23:00	0	0	0	0
<b>TOTAL TRAFICO</b>	456,349,282			
<b>%</b>	40,735,123,434	1%		

Año 2004: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% en el 2003 y del tráfico por usuario del 44% anual

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		130	0	166
9:00	2,668,122	220,281	484,415	1,392,367
10:00	84,562,310	16,951,903	29,457,231	14,517,065
11:00	258,283,663	4,666,826	9,741,055	6,757,614
12:00	528,621,769	108,444	221,798	978,375
13:00	576,594,292	1,402	147	53,179
14:00	169,638,690	85,458	172,687	876,285
15:00	31,175,080	0	0	1,994
16:00	129,848,821	1	0	3,128
17:00	706,600,195	10,916	15,943	322,775
18:00	781,300,475	128,287	221,803	978,375
19:00	1,019,887,525	1,787,903	3,950,037	3,976,712
20:00	961,461,701	125,668,005	135,886,623	101,784,541
21:00	176,119,019	21,918,901	36,359,599	34,512,474
22:00	6,028,272	819,854	1,881,143	2,683,517
23:00	84,791	904	394	76,576
<b>TOTAL TRAFICO</b>	5,992,551,953			
<b>%</b>	68,556,409,344	9%		

Año 2005: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% en el 2003 y del tráfico por usuario del 11% anual

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00		0	0	0
9:00	10,914	11	2	11,933
10:00	3,953,964	376,735	852,364	1,815,587
11:00	15,137,475	18,944	30,874	422,561
12:00	63,326,918	2	0	5,051
13:00	71,974,825	0	0	3
14:00	7,361,522	1	0	3,852
15:00	237,790	0	0	0
16:00	4,419,084	0	0	0
17:00	83,779,016	0	0	318
18:00	126,496,457	2	0	5,051
19:00	191,032,626	1,824	1,811	137,038
20:00	153,332,748	23,298,155	36,291,982	46,845,117
21:00	17,457,525	670,027	1,536,690	13,250,176
22:00	59,890	287	172	56,373
23:00	7	0	0	8
<b>TOTAL</b>	864,213,709			
<b>TRAFICO</b>	45,215,987,012			
<b>%</b>	2%			

Año 2005: Pérdidas totales en minutos por franja horaria. Escenario con incremento del número de usuarios del 13% en el 2003 y del tráfico por usuario del 44% anual

HORA	L-V	S-D	L-V Agosto	S-D Agosto
0:00		0	0	0
1:00		0	0	0
2:00		0	0	0
3:00		0	0	0
4:00		0	0	0
5:00		0	0	0
6:00		0	0	0
7:00		0	0	0
8:00	166,563	1,879	1,879	139,011
9:00	39,942,961	9,461,381	18,060,726	10,163,643
10:00	523,522,004	87,452,685	109,386,982	44,003,956
11:00	1,086,091,222	43,534,193	62,957,594	26,899,355
12:00	1,658,201,586	8,473,377	13,418,963	8,301,493
13:00	1,757,362,699	2,087,370	932,504	1,884,623
14:00	802,574,568	6,036,867	12,200,080	7,803,188
15:00	285,372,471	18,703	30,397	419,865
16:00	664,865,879	35,371	49,494	513,850
17:00	2,152,342,777	2,778,778	5,058,072	4,567,813
18:00	2,162,466,820	13,318,916	13,522,571	8,301,493
19:00	2,664,814,984	34,419,388	42,279,249	19,222,949
20:00	2,753,399,877	308,339,155	282,800,379	178,024,402
21:00	766,931,312	101,236,343	122,797,418	71,210,510
22:00	55,713,121	17,961,320	30,894,282	15,055,401
23:00	5,511,953	724,845	1,334,555	2,250,903
<b>TOTAL TRAFICO</b>	19,129,648,967			
<b>%</b>	98,721,229,455	19%		



## APÉNDICE METODOLÓGICO III

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA ESTIMACION DE LA VARIANZA

Los cálculos que se reportan en el Apéndice II anterior y que se resumen en el Anexo 2 se repitieron utilizando distintos supuestos. En particular, ya que la varianza es el parámetro fundamental en las estimaciones, utilizamos también la varianza estimada sin proceder a su ajuste para corregir su infravaloración, tal como se explica en el Apéndice I (nota 7 a pié de página) y se muestra más abajo. Este análisis de sensibilidad a la influencia de la varianza sirve para medir el efecto que tiene en los resultados los posibles errores de medición de la varianza en el uso del teléfono móvil. Como la varianza y la media en el uso del servicio de telefonía determinan la cantidad de minutos que se pueden perder por estar la infraestructura limitada al número actual de antenas, el análisis de sensibilidad de la varianza resulta esencial para ver la solidez (statistical robustness) de las conclusiones. Por otro lado, el análisis también muestra cómo varía el número de minutos perdidos sobre el número de minutos gestionados por la red existente de telefonía, los cuales, al ser imposibles de prever en el futuro, se muestran en el eje de las X como variable clave que determina (junto a la varianza) la demanda no satisfecha de minutos.

Estos resultados muestran que, aunque las pérdidas de la calidad del servicio serían menores en el caso de utilizar la varianza estimada (no ajustada), el perfil de la curva es muy parecido al de la varianza ajustada presentado en el Anexo 2. En conclusión, sin un aumento sustancial en la infraestructura de la red, un incremento del 50% en la demanda (de 29,000 millones de minutos a 47,000 millones aproximadamente) resultaría en un número de minutos perdidos muy elevado que no podrían ser gestionados por la red, incluso en el caso más optimista que infravalora la varianza y supone menos picos en el uso del teléfono.

**Sensibilidad de la estimación del tráfico perdido en base a distintas varianzas**

