

7 Casos prácticos HSDPA

En este apartado se pretende dar a conocer experiencias en las diferentes pruebas en referencia a la tecnología HSDPA. Actualmente la todos de los Operadores Móviles han desplegado sus redes HSDPA y HSUPA.

Las pruebas referenciadas fueron llevadas a cabo durante la primera fase de los despliegues HSDPA por lo que la disponibilidad de terminales y tecnología estaba aún en su fase inicial, pero los resultados son significativos en el contexto de este proyecto.

La introducción de HSDPA lleva consigo una serie de efectos colaterales difíciles de cuantificar sobre el papel y que necesitan ser probados bien en laboratorios, bien en redes piloto. Pasemos a describir algunos de ellos.

7.1 Terminales HSDPA utilizados

Los Terminales usados en todas las pruebas que se muestran a continuación son todos de Categoría 12. Un Terminal con este categoría no soportar 16 QAM y sólo gestiona 5 códigos HS-PDSCH simultáneamente como máximo. La velocidad máxima alcanzable por un canal HS-PDSCH depende de las condiciones radio, que determinan la codificación (MCSx) que se utiliza. Los MCS con números más bajos se utilizan para peores condiciones radio. A partir de MCS5, es necesaria la modulación 16 QAM, que no es soportada por los móviles de estas pruebas. Las cifras de velocidad son las siguientes:

Codificación	MCS1	MCS2	MCS3	MCS4	MCS5	MCS6	MCS7
Modulación	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	16 QAM	16 QAM	16 QAM
Throughput/código	172	250	342	420	510	588	680

Figura 1 Modulaciones Radio AMC

Así pues, la capacidad máxima teórica de un canal (código) HS-PDSCH para un Terminal de Categoría 12 es 420 kbit/s. No obstante, en un entorno radio real y en baja carga la capacidad típica de un canal es de 320 kbit/s. Esto implica que la capacidad de tráfico de una celda con 5 códigos es de $5 * 320 = 1,6 \text{ Mbit/s}$.

7.2 Degradación de HSDPA en movimiento – cambios en el Active Set

Durante las pruebas que se han realizado en campo se ha observado que la tasa de transferencia en DL para un usuario HSDPA en movimiento tiene una media inferior a la esperada. Lógicamente, un usuario en estático con buena señal radio y servido por un solo enlace radio obtendrá una tasa más elevada que si está en movimiento, ya que normalmente no debe sufrir desvanecimientos de señal ni traspasos de celdas servidora.

Cuando se encuentra en movimiento el Terminal obtiene ganancia por macro-diversidad al ser servido por más de un enlace radio al mismo tiempo. Estos enlaces radio componen el *Active Set* y su número máximo es 3. La Red envía al Terminal la misma información a través de todos los enlaces radio. Como cada uno sufre un desvanecimiento distinto debido a caminos distintos, las señales que recibe son diferentes, de manera que al combinarlas obtiene una ganancia. Se dice que el Terminal está en *Soft Handover*. Debido a esa ganancia, las necesidades de potencia de transmisión por parte de la Red pueden ser menores. Esta función la lleva a cabo el Control de Potencia.

Un Terminal HSDPA es servido por una sólo celda dentro del *Active Set*. No puede recibir información por canales HS-DSCH de diferentes celdas, ya que el *scheduling* es gestionado a nivel de celda de forma autónoma, de modo que no podría combinar la información de cada HS-DSCH debido a que cada celda lo envía en momentos distintos. Por lo tanto, a nivel de HS-DSCH, el Terminal no puede estar en *soft handover*. Pero también sabemos que toda llamada HSDPA tiene un canal dedicado DCH asociado en todo momento. Este canal sí que puede estar en *soft handover* y sí sufre control de potencia, precisamente para ahorrar recursos gracias a la ganancia en recepción en la antena del Terminal. Así, si el Terminal está en *soft handover* y recibe el DCH asociado a la llamada HSDPA a través de 2 ó 3 enlaces radio simultáneamente, la Red podría disminuir la potencia del DCH asociado enviado por cada uno de los 2 ó 3 enlaces radio que componen el *Active Set*, incluido el de la celda servidora.

La potencia del canal HS-SCCH sufre indirectamente las fluctuaciones de potencia del canal DPCH asociado de la celda servidora, ya que su nivel de potencia es un *offset* sobre el DPCH, como ya se vio en capítulos anteriores. De modo que, en situación de *soft handover*, el canal HS-SCCH reduce su potencia.

Esto implica problemas de decodificación del canal HS-SCCH, lo que redundará en una tasa de transferencia binaria menor, ya que el Terminal deja de poder leer los canales HS-PDSCH debido a que no tiene la información de decodificación de los mismos (incluida en el HS-SCCH).

La Figura 120 representa la tasa obtenida según el número de celdas presentes en el *Active Set* con Terminal de Categoría 12.

Vemos que con 3 celdas en el AS se obtienen tasas de únicamente 300 kbps.

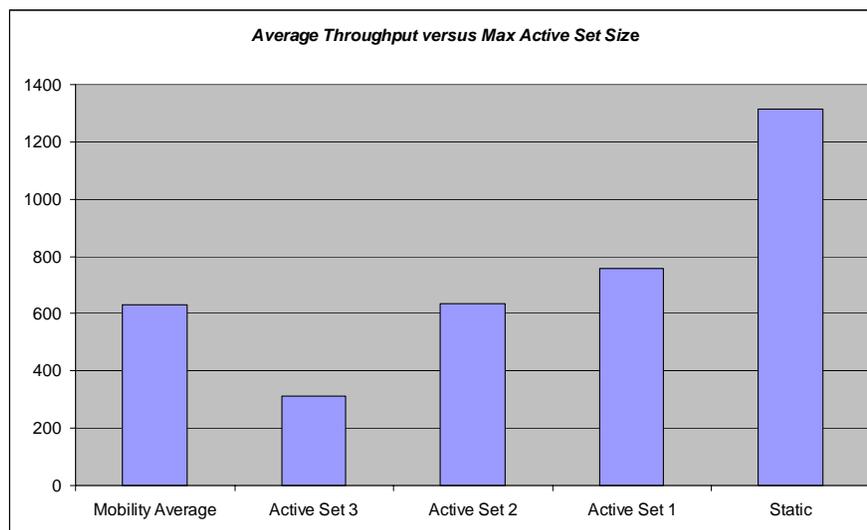


Figura 2 Tasa binaria en Active Set

La Figura 121 es más representativa y está recogida directamente de herramientas HSDPA utilizadas en pruebas de campo. La pantalla está compuesta por tres gráficas:

La primera nos da una idea de la tasa de transferencia obtenida por el Terminal, medida en kbps, ya que incluye la tasa requerida por el Terminal, la tasa proporcionada por el Nodo B, la tasa programada por el Nodo B, la tasa servida y la tasa a nivel de MAC-d.

La segunda muestra la tasa de éxito de decodificación del canal HS-SCCH y el BLER expresados en tanto por cien. Se advierte cómo el porcentaje de decodificación del canal HS-SCCH ronda el 100% (color morado) mientras que el BLER está alrededor de 0% (color azul claro).

Por último, la tercera gráfica muestra el CQI.

Las líneas naranjas verticales muestran adiciones de enlaces radio al *Active Set*. Las conclusiones a las que llegamos son las siguientes:

- ⇒ La tasa es menor en la medida en que el CQI reportado es más bajo.
- ⇒ Cuando el CQI baja por debajo de 15 en Terminales de categoría 12, la tasa servida es menor, ya que únicamente con valores de 15 o mayores el *Scheduler*

reserva los máximos recursos para transmitir los datos al Terminal (mirar Tabla 7 del TS25.214 en anexos 9.4 – 9.8).

- ⇒ Con CQI por debajo de 12 la tasa binaria de transferencia es muy baja.
- ⇒ La adición de enlaces radio afecta directamente al éxito de decodificación del canal HS-SCCH, lo que redundará en un decremento de la tasa binaria de transferencia (mirar adición del tercer enlace, donde la decodificación ya no es del 100%).
- ⇒ El CQI desciende conforme añadimos celdas al AS debido a que aumenta la interferencia inter-celda.
- ⇒ Es una característica del sistema HSDPA. No es un fallo de la implementación del sistema. Está directamente ligado al concepto de HSDPA.



Figura 3 Degradación HSDPA en Active Set

Soluciones

Para este escenario las variables con las que optimizar serían:

- ⇒ Para aumentar el CQI → aumentar el offset de potencia de HS-PDSCH
- ⇒ Para aumentar el % de decodificación del HS-SCCH → aumentar el offset de potencia de HS-SCCH o intentar modificar los parámetros relacionada con el control de potencia del DPCH asociado, aunque esto puede afectar al tráfico de R'99.

7.3 **BLER vs CQI**

Las primeras versiones comerciales de HSDPA necesitaban de bastante potencia de transmisión para poder ofrecer un servicio de acuerdo con sus intenciones, esto es, para que su tasa binaria de transferencia obtenida esté en concordancia con lo que pretende vender. Esa potencia necesaria de transmisión está directamente ligada al CQI reportado por el Terminal.

Hay que tener en cuenta que:

1. El CQI es gestionado de forma autónoma por el Terminal
2. La potencia utilizada por el Nodo B depende de la implementación del *Scheduler* y de la potencia disponible.
3. En los *Scheduler* sobre los que se ha trabajado, si la calidad del canal radio se reduce (CQI bajo) lo primero que hará el *Scheduler* es incrementar la potencia si no se ha alcanzado la potencia máxima permitida. Si el CQI es menor que 15 para Terminales de categoría 12, se reducirá el tamaño de bloque de transporte.

Análisis de la situación

Se ha detectado que la implementación de las Tablas del CQI de la especificación técnica TS25.214 del 3GPP en el *Scheduler* del Nodo B, sea éste del tipo y fabricantes que sea, no dan los resultados esperados y la tasa binaria de transferencia conseguida es baja en general.

Se ha detectado que algunos Terminales reportan valores de CQI 3 puntos arriba del valor que realmente tiene, simplemente para intentar engañar al Nodo B y que éste reserve más recursos radio a la hora de transmitir los datos. Observemos la Tabla de un Terminal de categoría 12 en el anexos 9.8:

- ⇒ Si un Terminal reporta un CQI de 10, el Nodo B envía los datos a través de 3 canales HS-PDSCH y con TBS de 1262 *bits*.

⇒ Si en su lugar reporta 13, el Nodo B envía los datos a través de 4 canales HS-PDSCH y con TBS de 2279 *bits*.

La potencia en este caso no se ve mermada, ya que el ajuste de potencia Δ siempre es cero por debajo de CQI iguales o menores que 15, es decir, no hay penalización porque el Nodo B entiende que las condiciones radio no son las idóneas.

Pero evidentemente las condiciones radio no son las adecuadas como para que el Terminal pueda decodificar 4 canales HS-PDSCH (en lugar de 3) y un TBS de 2279 (en lugar de 1262 *bits*). De modo que el Terminal empezará a tener problemas de decodificación de los canales HS-PDSCH y el BLER puede que supere la barrera del 10% (la máxima permitida para HSDPA).

Soluciones

La primera solución a imaginar ante esta situación es la basada en el siguiente planteamiento desde el punto de vista del NodoB:

"Detecto que las condiciones de CQI que me reportas no son las que realmente tienes, ya que observo que tu BLER es excesivamente elevado para las condiciones y recursos que se supone deberías disponer. De modo que, como sé que me estás engañando, voy a incrementar la potencia para que puedas decodificar mejor los canales HS-PDSCH".

Esta solución no es aceptable, ya que se observan limitaciones de potencia incluso en Redes UMTS donde la carga de tráfico de R'99 es aún muy baja. Si ya la potencia es un factor limitante en un sistema HSDPA, imaginemos qué ocurriría si el Nodo B necesita transmitir con más potencia de la que realmente se necesita para transmitir los canales HS-PDSCH.

Otra solución más aceptable es la siguiente:

"Detecto que las condiciones de CQI reportado no son las que realmente tienes, ya que observo que el BLER es excesivamente elevado para las condiciones y recursos que se supone deberías disponer. Como asumo que me estás *engañando*, voy a promediar tu éxito de decodificación de tramas antes de darte los recursos."

Esta solución es la que se introdujo en el capítulo *Tipos de Scheduler* cuando se hablaba de las variantes del *Proportional Fair*.

7.4 Incremento de potencia en sistema HSDPA

Ante una situación como la comentada en el punto anterior, donde se hablaba de incrementar la potencia de transmisión en DL en Terminales que reportaban CQI mayores de los reales, se ha de evaluar el impacto que supone esta medida.

Es evidente que no podemos solucionar todos los problemas con potencia por una razón muy simple: no disponemos de toda la potencia del Nodo B. Y aún disponiéndola también tendremos situaciones en las que la capacidad de la celda se verá mermada por limitaciones de potencia. Además, el incremento de la potencia HSDPA supone una degradación de E_c/N_0 mayor en la celda, aspecto del que hablaremos en el siguiente punto.

A continuación se muestran el resultado de unas pruebas realizadas en un laboratorio con el fin de mejorar el porcentaje de BLER del Terminal a través del uso de dos Nodos B con implementaciones distintas. Uno de ellos (NB70) con un incremento de potencia de 3 dB como medida para paliar los efectos de “engaños” por parte del Terminal respecto al reporte de CQI. El otro Nodo B (NB73) no tiene el citado incremento de potencia.

También se han modificado los *offset* de potencia de los canales HS-PDSCH y HS-SCCH, parámetros configurables en Base de Datos del RNC.

La Figura 122 muestra las diferentes configuraciones que se han probado con respecto a los *offsets* configurables en Base de Datos del RNC contra la tasa binaria de transferencia obtenida en Kbps.

El NB73 es el representado por el color morado, mientras que el NB70 por el color azul.

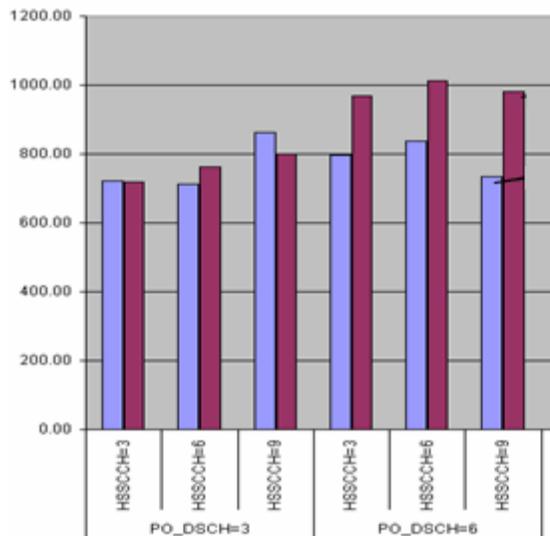


Figura 4 Limitación del aumento de offsets de Potencia HSDPA

Se observa que, en general, con un *offset* de 6 dB sobre la potencia del piloto para los canales HS-PDSCH se obtienen tasas mayores (tres últimas barras) ya que un aumento de la potencia de referencia afecta directamente al CQI reportado. Mejora el CQI.

Manteniendo esa configuración beneficiosa, si aumentamos el *offset* de los canales HS-SCCH de 3 dB a 6 dB también observamos una mejora, ya que aumentamos la tasa de éxito de decodificación del canal HS-SCCH, el cual se necesita para decodificar el HS-PDSCH.

Si doblamos otra vez la potencia del HS-SCCH aumentando su *offset* 3 dB más (*HSSCCH_Offset* igual a 9 dB) tenemos problemas de abastecimiento de potencia para los canales HS-PDSCH, resultando en una reducción del tamaño de bloque de transporte, con lo que la tasa se reduce. Ver Figura 123, donde comparamos el TBS frente al % de éxito de decodificación del HS-SCCH con *offsets* distintos. Con *HSSCCH_Offset* = 6 dBs se obtienen TBS mayores para el mismo % de éxito de decodificación HS-SCCH.

Como vemos este efecto es mucho más acusado para el NB70, el cual ya transmite el doble de potencia que el NB73 debido a que está implementado con un *offset* de exceso de potencia HSDPA de 3 dB. La falta de potencia en el primero se evidencia de una forma más acusada, repercutiendo en su tasa final.

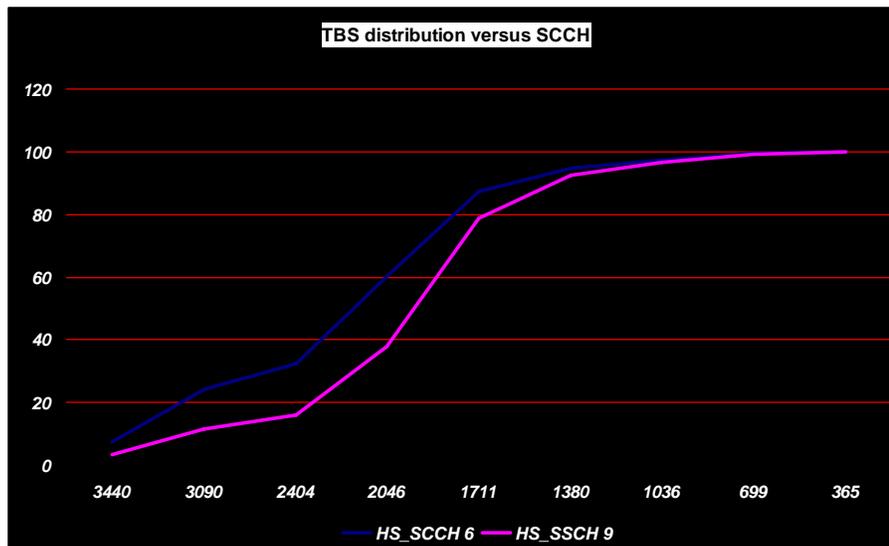


Figura 5 Distribución TBS vs éxito decodificación HS-SCCH

7.5 Degradación de E_c/N_0

El SRNC determina las celdas que compondrán el *Active Set* del Terminal para la transmisión de los canales dedicados. Típicamente basa su decisión en peticiones recibidas desde el Terminal cuando se dan las condiciones de disparo de los distintos eventos (1A, 1B, 1C). A través de los mensajes RRC *Measurement Control*, El SRNC indica al Terminal la lista de celdas que debe medir y reportar, las condiciones de disparo de los eventos y el parámetro o medida a medir. A través de los mensajes RRC *Measurement Report*, el Terminal reporta la calidad del enlace y la activación de algún evento si se cumple la condición de disparo previamente establecida por el SRNC.

El Terminal básicamente trabaja con dos medidas para reportar a la Red la calidad de señal (los Terminales HSDPA también reportan el valor de CQI). La primera es el **Received Signal Code Power** (RSCP), que es el nivel de potencia recibida en el código después del de-ensanchamiento, medido sobre CPICH, con valores típicos que van desde -105 hasta -50 dBm. El segundo es el **Ec/No**, que es el RSCP dividido por la potencia total de la señal de 5 MHz recibida (esto es, potencia en toda la banda de UMTS). Valores típicos de -3 a -25 dB. Como ambas están referenciadas al piloto de la celda, existe un RSCP y un **Ec/No** por celda.

Es una característica de cualquier sistema WCDMA que el **Ec/No** empeore conforme el número de usuarios conectados en la celda aumente. El dividendo del **Ec/No** es la potencia total recibida por el Terminal en toda la banda de UMTS, los 5 MHz. Los códigos de canalización que transmite el Nodo B no son perfectamente ortogonales y si lo fuesen, los distintos caminos de propagación harían que perdiesen su ortogonalidad. De modo que el Terminal recibe un ruido extra por cada código que está transmitiendo el Nodo B.

Normalmente los umbrales de los eventos radio están basados en **Ec/No**, no en RSCP. El Terminal reporta un evento a la Red cuando su **Ec/No** está por debajo de cierto umbral. Un **Ec/No** de -3 dB se dice que es alto, que es bueno. Conforme aumentamos el número de usuarios en la celda el **Ec/No** va reduciéndose hasta obtener valores de -25 dB e inferiores. Imaginemos que el umbral a partir del cual el Terminal entra en modo comprimido para medir otra frecuencia (como GSM) y realizar la reselección de celda de 3G a 2G está en -16 dB. Aquellos usuarios que estén lejos del Nodo B tendrán dificultades de seguir en 3G si el número de usuarios en la celda va aumentando, ya que llegará un momento que, a igual nivel RSCP, el **No** aumentará tanto que el valor de **Ec/No** decrecerá hasta valores por debajo de -16 dB, momento en el cual entra en modo comprimido para medir GSM y hacer la reselección. Es como si la celda se hiciera más pequeña. El radio de una celda 3G va reduciéndose conforme aumentan los usuarios conectados. Se dice que WCDMA es un sistema limitado por interferencia.

En HSDPA la situación es aún más preocupante. Supongamos una situación en la que el **Ec/No** que mide un Terminal HSDPA de Categoría 12 en *idle* está en torno a -3 dB (valor máximo que indica buenas condiciones radio). En esta situación el Terminal realiza una llamada de datos y las condiciones radio son lo suficientemente buenas como para que el

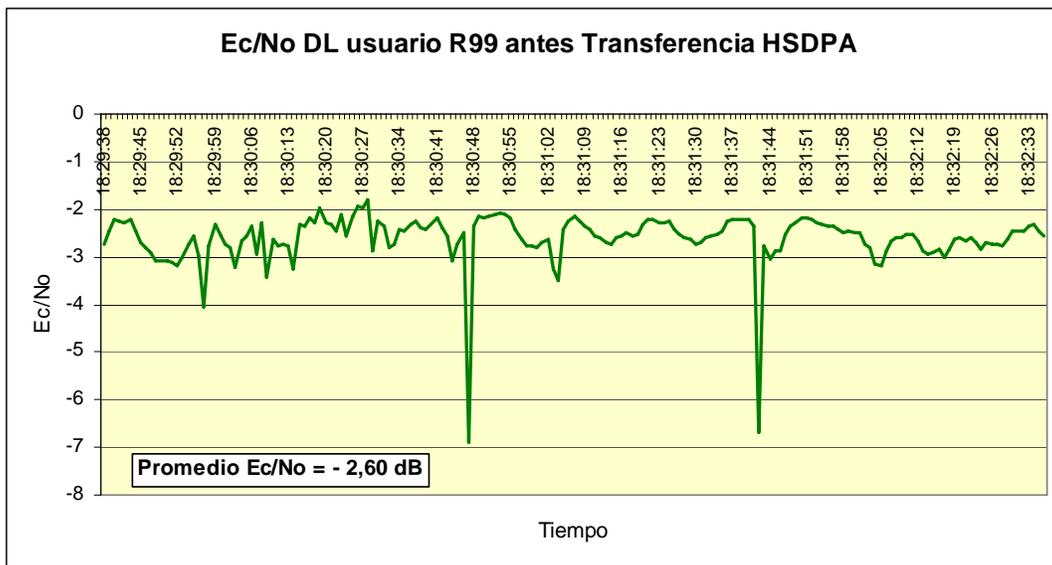
Scheduler instalado en el Nodo B le asigne 5 códigos simultáneamente. En estas condiciones, el E_c/N_o del piloto o CPICH de la celda va a empeorar de una forma más drástica que si fuese un usuario de R'99, pues estamos hablando de 5 códigos simultáneos. Recordemos que los códigos HS-PDSCH tiene un Factor de Ensanchamiento de 16, un factor relativamente bajo, lo que implica que las necesidades de transmisión del Nodo B sean mayores que con factores mayores.

7.5.1 Un usuario HSDPA en el borde de la celda y un usuario R'99 cerca de la antena

Estas pruebas tienen como objeto estudiar el efecto que tiene en E_c/N_o medida por el Terminal la realización de una llamada HSDPA transmitiendo los canales HS-PDSCH a más o menos potencia, modificando su *offset*. Se hicieron varios tipos de pruebas, para cada valor de *HS-DSCH Power Offset* (0 dB, 3 dB).

El propósito es obligar al Nodo B a transmitir con alta potencia los canales HS-PDSCH para ver la degradación del E_c/N_o en el peor caso. El usuario R'99 realiza transferencias en UL, midiendo el E_c/N_o que recibe en el DL. Se toma esta medida durante un cierto tiempo como valor de referencia. Cuando el usuario HSDPA en el borde de la celda comienza la transferencia se comprueba cómo el valor de E_c/N_o disminuye, recuperándose al acabar la transmisión. Se analizó la tasa de transferencia de la conexión HSDPA, para estudiar el efecto del cambio en el parámetro de *offset* de potencia. En las gráficas siguientes se representan los resultados.

HS-DSCH Power Offset = 0 dB



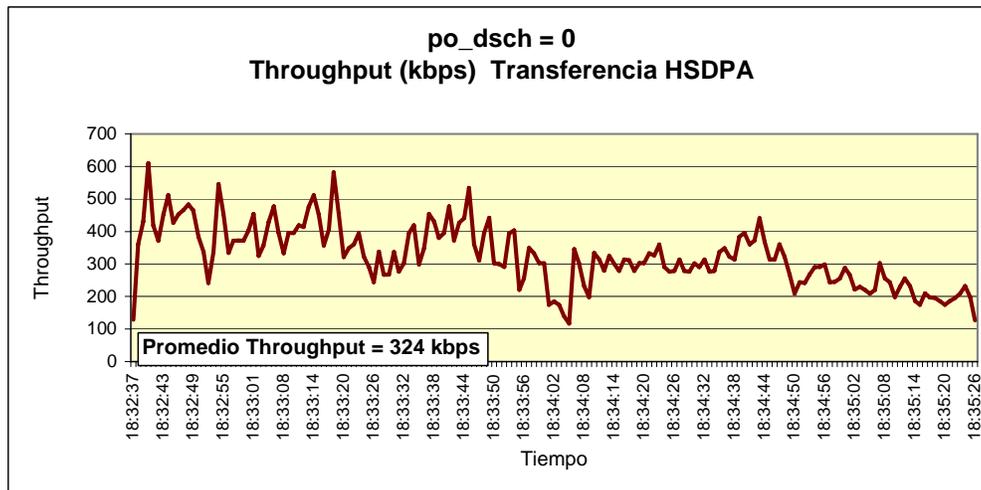
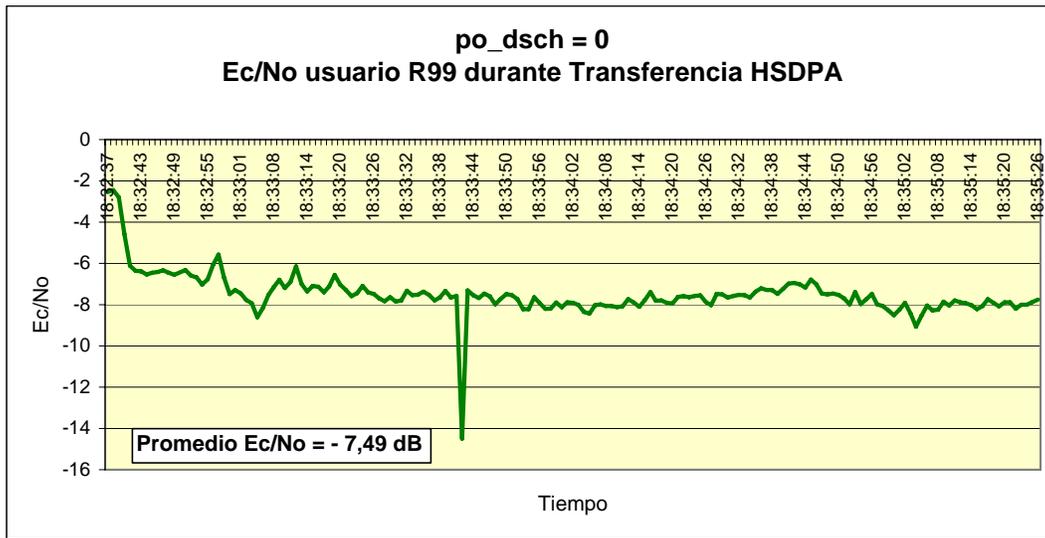


Figura 6 Degradación Ec/No con HS-PDSCH Power Offset = 0 dB

La prueba indica una bajada promedio en el Ec/No que percibía el Terminal R'99 de **4,89 dB** y una velocidad media de bajada de datos en el usuario HSDPA de **324 kbps**.

Todas estas pruebas se han realizado con usuarios realizando transferencias FTP DL. Hay que tener en cuenta que en la práctica muchos usuarios utilizarán el servicio HSDPA para navegar por Internet, por ello se analizó también el efecto en el Ec/No cuando un usuario HSDPA en el borde se conecta a Internet.

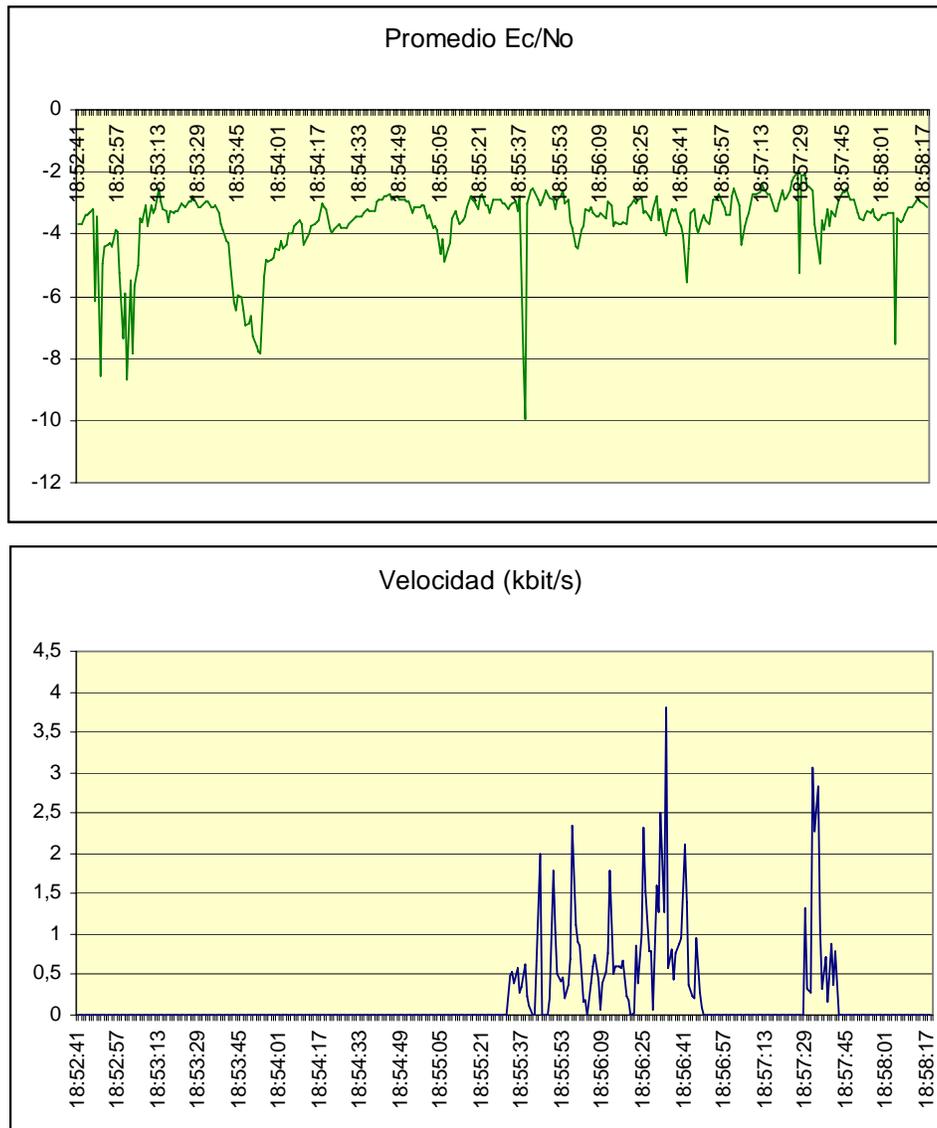
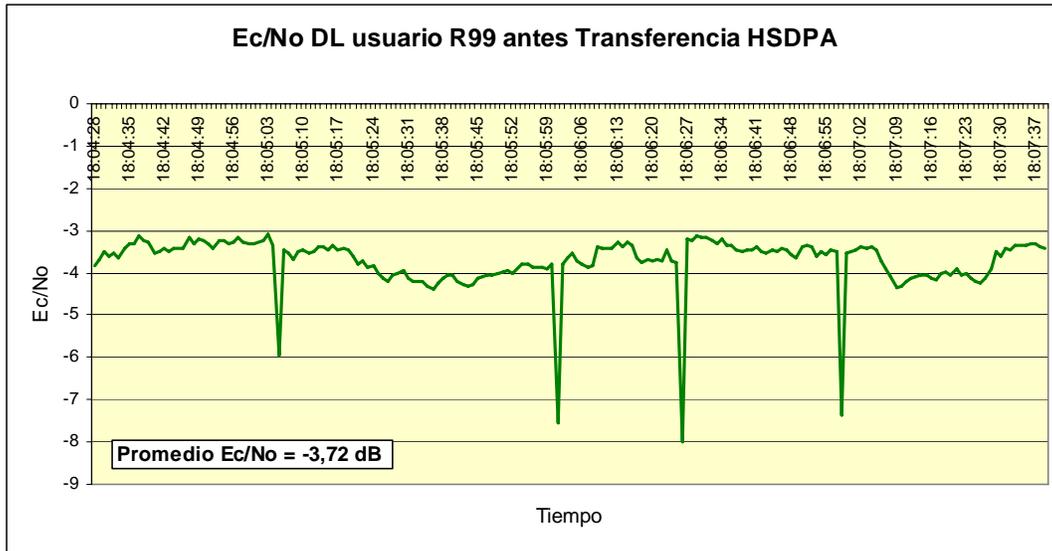


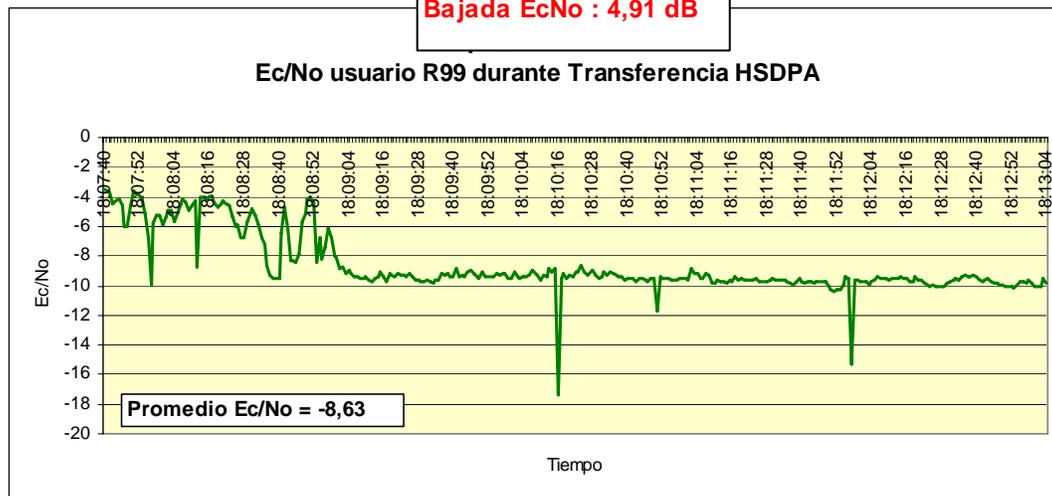
Figura 7 Degradación Ec/No navegando por Internet

Como se indica, el valor de Ec/No **no sufre cambios** al entrar en Internet el usuario HSDPA.

HS-DSCH Power Offset = 3 dB



Bajada EcNo : 4,91 dB



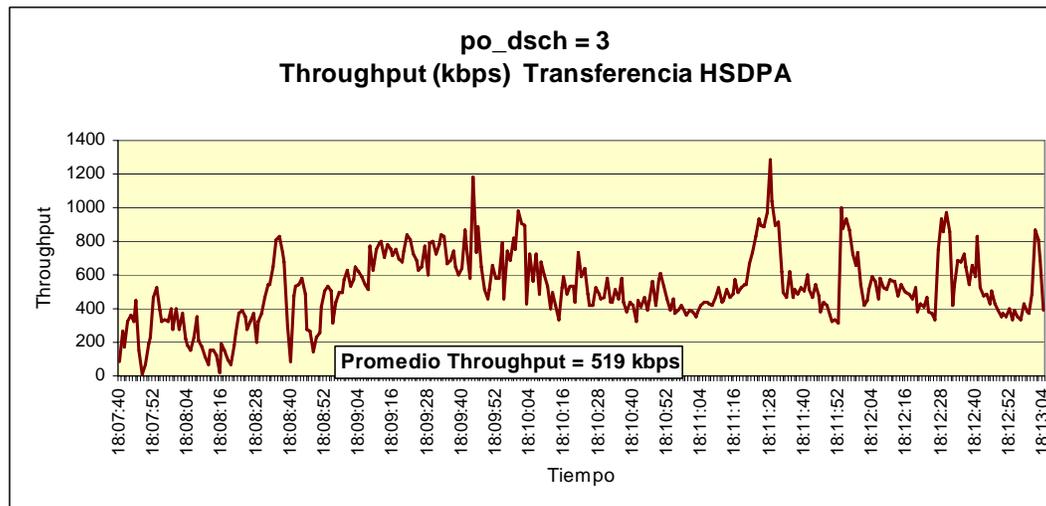


Figura 8 Degradación Ec/No con -PDSCH Power Offset = 3 dB

Se realizó esta prueba dos veces consiguiéndose una bajada promedio en el Ec/No de **5,37 dB** en el Terminal R'99 y una velocidad media en la transferencia de datos en el Terminal HSDPA de **531 kbps**.

Se aprecia que la subida en el parámetro *HS-DSCH Power Offset* no repercute apreciablemente en el Ec/No, pero sí en la velocidad de datos, ya que aumenta al doble con *offset* de 3 dB.

En el usuario HSDPA también se puede estudiar como le repercute el cambio en el valor de potencia máxima, en los valores de CQI y de Ec/No que reporta. Se aprecia en las figuras que no hay diferencia en el Ec/No reportado, pero el valor de CQI mejora en 3 al subir el *offset* de potencia.

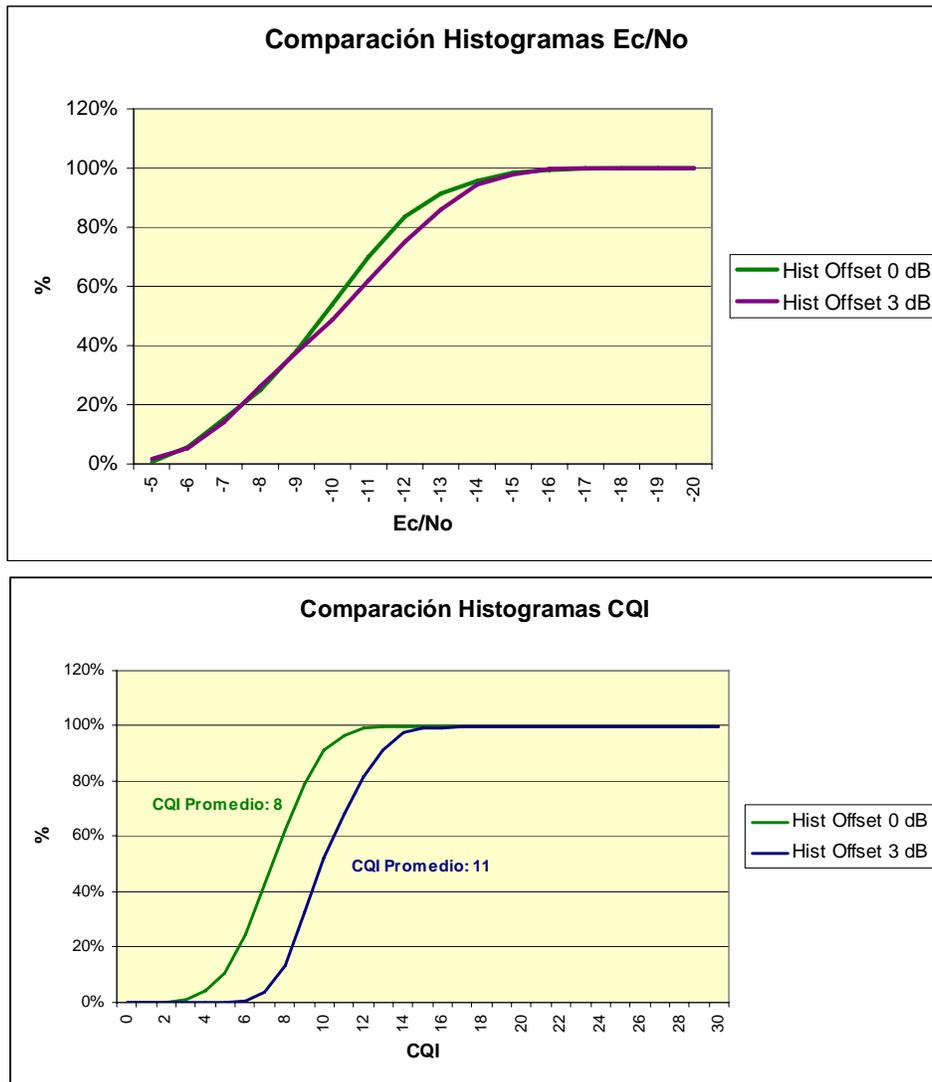


Figura 9 Degradación Ec/No frente a CQI

7.6 Pruebas de Carga en Scheduler Proportional Fair

Para evaluar el comportamiento de HSDPA en situaciones de carga se han efectuado pruebas en un entorno controlado, en las que sucesivamente se han ido introduciendo usuarios HSDPA para recibir datos simultáneamente, todos situados cerca de la antena. Se ha utilizado una configuración de 5 códigos, con el piloto a 30 dBm y un *HS-PDSCH Power Offset* de 3 dB. Los usuarios efectuaban transferencias FTP en DL.

En esta prueba se ha conseguido introducir un **máximo de 7 usuarios simultáneos**. Sin embargo, a partir del sexto usuario se observan frecuentemente interrupciones de

transferencia con el consiguiente *timeout* del servidor FTP. Se efectuaron dos pruebas de carga en días diferentes y la tasa binaria media por usuario es la mostrada en la Figura 128, similar en ambos casos.

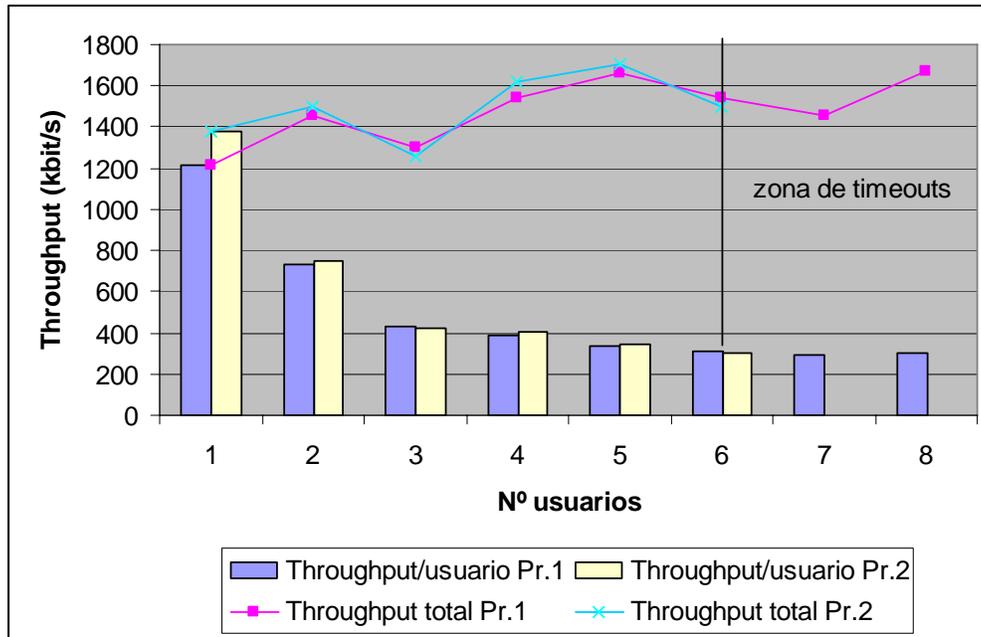


Figura 10 Prueba de Carga de celda HSDPA

Puede observarse que la tasa binaria de transferencia media es inversamente proporcional al número de usuarios y que la máxima tasa binaria de celda está en torno a 1,6 Mbps.

Para comparar el efecto de la potencia reservada para HSDPA en la compartición de recursos entre usuarios concurrentes se efectuaron pruebas de carga (hasta 6 usuarios simultáneos) con las dos configuraciones de *HS-PDSCH Power Offset* (0 y 3 dB). Los resultados se reflejan en la gráfica siguiente

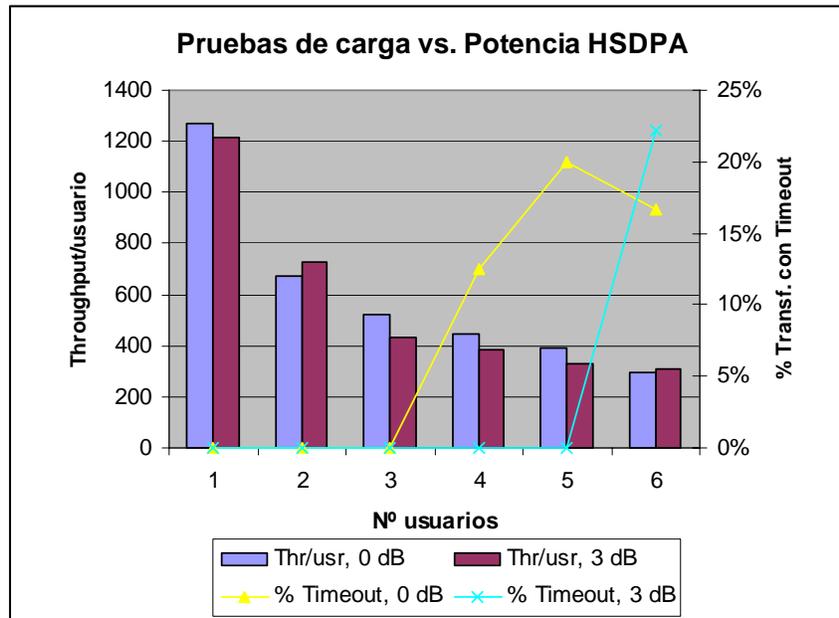


Figura 11 Prueba de Carga de celda según Offset Potencia

Se observa que en cuanto a la tasa binaria de transferencia media no se observan diferencias apreciables, pero con el *offset* de 0 dB se empiezan a observar *timeouts* en las transferencias FTP con un número menor de usuarios que con un *offset* de 3 dB.