

M M M M M M M M M M M M  
M M M M M M M M M M M M  
M M M M M M M M M M M M



Universitat Politècnica de Catalunya

Contribución a la Transmisión de Vídeo en Redes IP con  
Calidad de Servicio

Tesis Doctoral

*Juan José Alins Delgado*

Departament de Enginyeria Telemàtica

Universitat Politècnica de Catalunya

Director

Dr. Jorge Mata Díaz

Septiembre 2004

# CAPÍTULO 6

## Escalabilidad en la transmisión de Vídeo

En los últimos años, la rápida evolución de los pequeños terminales de 3ª generación, con conectividad a redes IP y demandas de servicios multimedia, junto con la proliferación de redes *wireless*, está llevando a que los servidores de *video streaming* deban tener en cuenta un amplio abanico de posibles clientes, cada uno de ellos con diferentes características en cuanto a la capacidad de cálculo computacional, resolución gráfica y capacidad de memoria, así como los distintos tipos de canales a través de los cuales deberá transportarse el vídeo. Todo ello lleva a diferentes arquitecturas cuyo elemento primordial es el uso de la codificación de vídeo escalable como piedra angular para enfrentarse a los problemas mencionados [WHZ<sup>+</sup>01b][WHZ01a].

Un esquema de codificación escalable de vídeo codifica y comprime el vídeo en varios flujos. Uno de esos flujos es el flujo base, el cual puede ser decodificado independientemente de los demás y proporciona una calidad visual mínima seleccionable. Los otros flujos se denominan flujos mejorados y deben ser decodificados conjuntamente con el flujo base dando lugar a una mayor calidad visual. Esta estrategia de transmisión permite adaptarse a las capacidades de los diferentes clientes, ya que cada cliente puede decodificar el número necesario de flujos mejorados en función de sus capacidades. Por otro lado, la transmisión de vídeo con escalabilidad permite diversificar el riesgo en la transmisión al poder asignar a cada uno de los flujos un nivel de prioridad o QoS diferente, en aquellas redes que lo permitan.

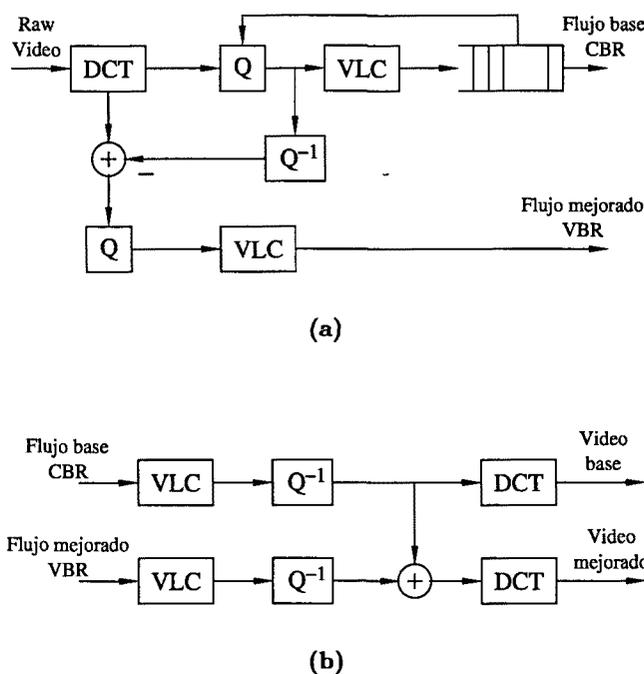
### 6.1. Introducción

La escalabilidad en la codificación de vídeo consiste, básicamente, en tres tipos:

1. Escalabilidad SNR
2. Escalabilidad espacial
3. Escalabilidad temporal

La escalabilidad SNR se define como la representación de la misma secuencia de vídeo con diferentes niveles de calidad de percepción o diferentes niveles SNR. Específicamente, la codificación de vídeo con escalabilidad SNR cuantifica los coeficientes de la DCT en diferentes niveles de precisión utilizando un factor de cuantificación diferente para cada nivel. Cuanto menor sea el factor de cuantificación, mayor será el nivel de calidad del flujo de vídeo. La figura 6.1 muestra un codificador y decodificador con escalabilidad SNR (por simplicidad sólo

se muestra el modo Intra de codificación). En el esquema mostrado, el flujo base se codifica CBR, sin embargo, en general, no hay ninguna restricción sobre la forma de codificar ninguno de los flujos.



**Figura 6.1:** (a) Codificador con escalabilidad SNR. (b) Decodificador con escalabilidad SNR

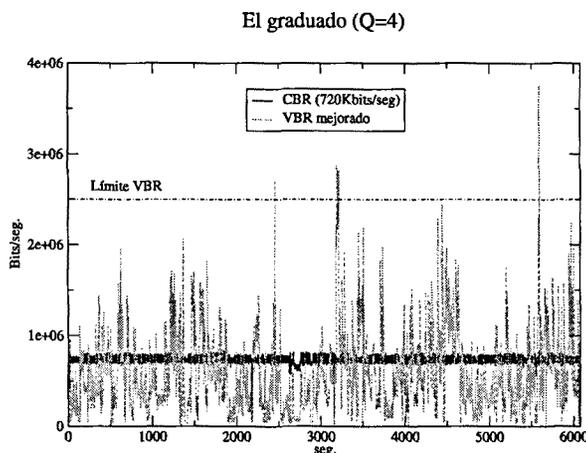
La escalabilidad espacial se define como la representación de la misma secuencia de vídeo con resoluciones espaciales (tamaños) diferentes. Este tipo de escalabilidad permite que los diferentes terminales puedan decodificar los flujos necesarios para obtener la resolución gráfica que mejor se adapte a sus características.

La escalabilidad temporal se define como la representación de la misma secuencia de vídeo con diferentes resoluciones temporales (diferentes tasas de imágenes por segundo).

En todos estos sistemas de codificación de vídeo con escalabilidad, el flujo base proporciona un nivel de calidad mínimo y los flujos mejorados refinan el nivel de calidad finalmente percibido. Como resultado de la escalabilidad SNR, espacial y temporal, también se consigue escalabilidad en el ancho de banda, ya que el mismo contenido de vídeo se puede transmitir a diferentes tasas.

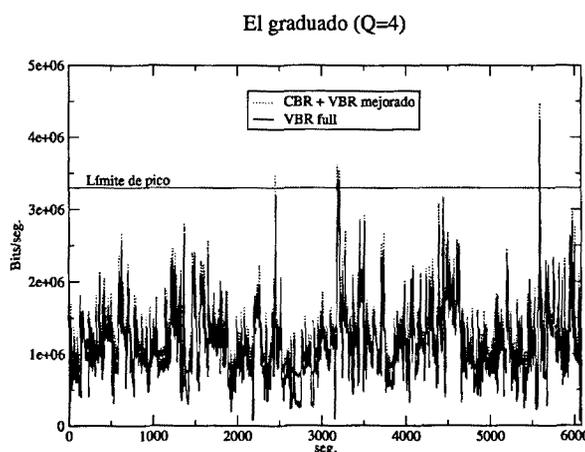
La posibilidad de utilizar arquitecturas de red que proporcionen QoS nos vuelve a llevar a la necesidad de buscar esquemas de renegociación del flujo de vídeo mejorado, que permitan maximizar la explotación de los recursos. El trabajo realizado se encuadra en redes IP con arquitectura IntServ con codificación con escalabilidad SNR. El flujo base se codifica CBR y el mejorado VBR según el esquema propuesto en [CR99]. A continuación se procederá a ajustar un modelo MMFP al tráfico VBR mejorado para varias secuencias de vídeo, y posteriormente se analizará el esquema de segmentación que proporciona el modelo con el objetivo de encontrar unos percentiles genéricos que proporcionen un algoritmo genérico de segmentación sin la necesidad de realizar el proceso de modelado de las secuencias.

El conjunto de secuencias de vídeo sobre las que se ha trabajado han sido codificadas en MPEG-2 con escalabilidad SNR. El flujo base se ha codificado CBR para obtener una tasa constante a la salida de  $720\text{ Kbits/s}$ . El flujo mejorado se ha codificado VBR con diferentes factores de cuantificación (4, 6 y 8). Para mostrar el proceso de codificación, en la figura 6.2 se puede observar la codificación CBR del flujo base y la codificación VBR del flujo mejorado para un factor de cuantificación  $Q=4$ . En la figura 6.3 se compara el resultado de la suma del

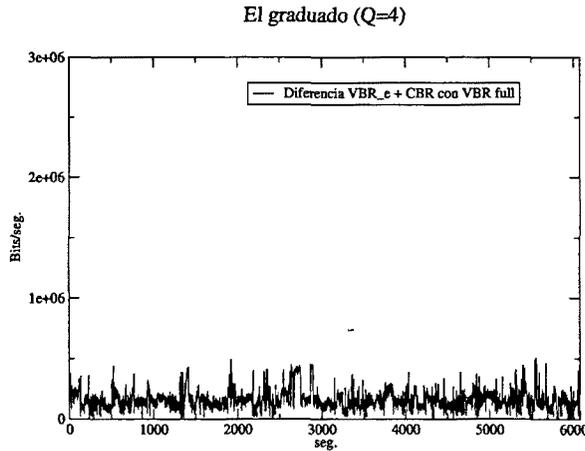


**Figura 6.2:** CBR y VBR mejorado ( $Q=4$ ) de la secuencia de *el graduado*

flujo CBR base y el flujo VBR mejorado con la codificación VBR sin escalabilidad de la misma secuencia para un factor de cuantificación  $Q=4$ , y como se puede observar, existe un pequeño error entre ambas gráficas debido, principalmente, a la sobrecarga del proceso de señalización. Finalmente, esta diferencia se muestra en la figura 6.4.



**Figura 6.3:** Comparación de la suma del flujo base y el mejorado con la codificación VBR sin escalabilidad de la misma secuencia



**Figura 6.4:** Diferencia entre la codificación con escalabilidad y sin escalabilidad

## 6.2. Modelo MMFP del vídeo escalado

El objetivo es ajustar un modelo MMFP bidimensional al flujo mejorado VBR, siguiendo el procedimiento mostrado en el capítulo 4. En primer lugar, se analizan los distintos parámetros estadísticos del flujo mejorado VBR. Una prospección visual de la función de autocorrelación, revela que existe una dependencia a corto plazo (SRD) y una dependencia a largo plazo (LRD), de forma semejante a lo acontecido con la codificación VBR sin escalabilidad. Este hecho lleva a pensar que pueda existir cierta similitud entre las funciones de autocorrelación del flujo mejorado VBR y de la codificación VBR sin escalabilidad de una misma secuencia. En la figura 6.5 se muestra la función de autocorrelación de una secuencia de vídeo codificada VBR y la función de autocorrelación del flujo mejorado VBR de la misma secuencia, utilizando codificación escalable SNR. Ambas funciones de autocorrelación son casi idénticas, de donde se deduce que el modelo MMFP bidimensional puede capturar de forma correcta este comportamiento tal y como se demostró en el capítulo 4. El análisis de la función de autocorrelación de varias secuencias y para diferentes factores de cuantificación, establece que dicha función se puede descomponer como suma de dos exponenciales y por lo tanto, el modelo MMFP bidimensional es un buen candidato para capturar este comportamiento.

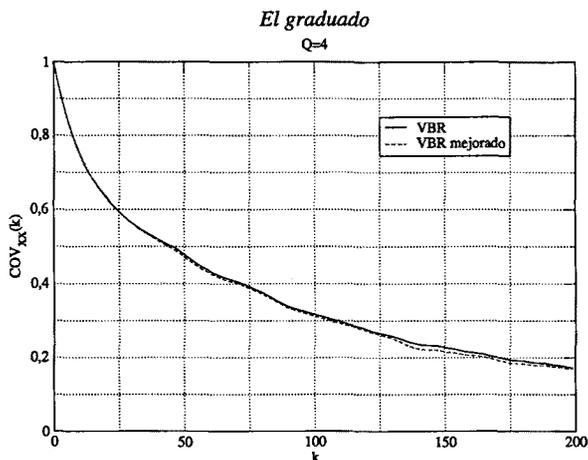
Para iniciar el proceso de ajuste del modelo MMFP bidimensional al conjunto de datos que representan la tasa de transmisión por GoP, se empieza por ajustar la función de autocovarianza a una curva matemática de la forma

$$\sigma_Y^2 e^{-\gamma_Y \tau} + \sigma_Z^2 e^{-\gamma_Z \tau} \quad (6.1)$$

donde se realiza la hipótesis de que  $\gamma_Y \gg \gamma_Z > 0$ . Bajo esta hipótesis, el primer sumando de (6.1) debe capturar la dependencia a corto plazo (SRD), mientras que el segundo sumando debe capturar la dependencia a largo plazo (LRD). El ajuste realizado para la secuencia de *el graduado* con  $Q = 4$  se muestra en la figura 6.6. Los valores obtenidos en este ajuste son:

$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,329157	-0,091526	0,670843	-0,007361

Se puede comprobar que se cumple la hipótesis sobre la relación entre  $\gamma_Y$  y  $\gamma_Z$ . A continuación, se debe determinar los parámetros  $p$ ,  $q$ ,  $A$ ,  $J$ ,  $S_1$  y  $S_2$  del modelo, resolviendo la



**Figura 6.5:** Comparación de las funciones de autocorrelación de una secuencia *el graduado* codificada con VBR y el flujo mejorado de la misma secuencia con codificación escalable

ecuación (4.15). La resolución de esta ecuación de rango indeterminado se realiza a través del algoritmo presentado en el capítulo 4 y que consta de los siguientes pasos:

1. Escoger los valores de  $S_1$  y  $S_2$
2. Resolver numéricamente la ecuación no lineal (4.15). Si el sistema no tiene solución, volver al paso 1.
3. Validar los resultados obtenidos del modelo respecto a los datos. Si el ajuste no es lo suficientemente exacto para nuestros propósitos, volver al paso 1.

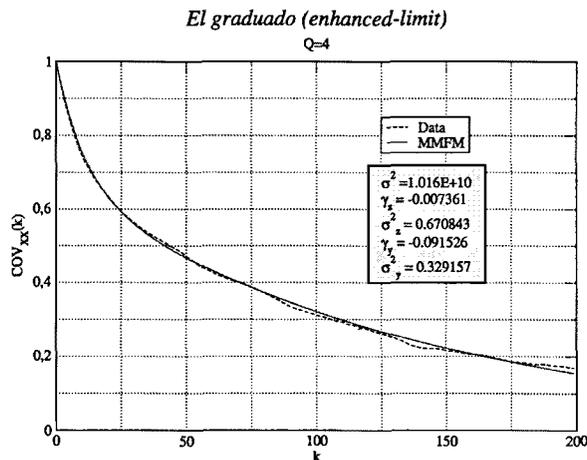
356407	417305	478204	539102	600000
181223	242121	303020	363918	424816
6039	66937	127835	188734	249632

**Tabla 6.1:** Tasas de cada estado del modelo de la secuencia *el graduado* del flujo mejorado

Se ha realizado un estudio del valor de  $S_2$  para el conjunto de secuencias, y se concluye que para valores de  $S_2$  mayores que 2, o bien la ecuación (4.15) no tiene solución, o bien las probabilidades de los estados superiores son muy pequeñas. Finalmente se elige el valor de  $S_2 = 2$ . El ajuste realizado para la secuencia de *el graduado* presenta los siguientes resultados:

$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,343393	0,127255	60898,23	175184,04	4	2

En la figura 6.7 se muestra la función de probabilidad acumulada de la secuencia de *el graduado* y la función de probabilidad acumulada que resulta del modelo ajustado. El modelo



**Figura 6.6:** Función de autocorrelación del flujo mejorado de la secuencia de *el graduado*

bidimensional MMFP ajustado nos indica que existen tres niveles de actividad, y de las tasas de cada uno de los estados mostradas en la tabla 6.1 se deducen los valores de los umbrales a partir de los cuales se produce un cambio de nivel. Los umbrales son los siguientes:

$$\frac{U_{10} \quad U_{01} \quad U_{21} \quad U_{12}}{181223 \quad 249632 \quad 356407 \quad 424816}$$

Utilizando los umbrales obtenidos, se puede realizar un análisis de los datos de la secuencia de forma que nos indique la bondad del ajuste realizado. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos a partir de el modelo y los obtenidos a través del análisis de los datos:

<i>El graduado- Flujo mejorado Q=4</i>	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	533,77	421,96
Tasa de generación Nivel 0	89687,12	98123,73
Probabilidad Nivel 0	0,7617	0,7997
Tiempo de permanencia Nivel 1	135,85	79,36
Tasa de generación Nivel 1	264871,16	261453,70
Probabilidad Nivel 1	0,2221	0,1755
Tiempo de permanencia Nivel 2	77,83	29,90
Tasa de generación Nivel 2	440055,20	400173,50
Probabilidad Nivel 2	0,0162	0,0248
Valor medio de $q$	0,1273	0,1201
Valor medio de $J$	175184,04	151024,88

Los tiempos de permanencia en cada uno de los niveles están expresados en tiempo de GoP ( $1T_{GoP} = 0,24 \text{ seg}$ ) y las unidades de las tasas de generación es de *bits/GoP*. En el apéndice C, se presentan los resultados de los ajustes obtenidos del flujo mejorado, para un conjunto de diversas secuencias y con diferentes factores de cuantificación.

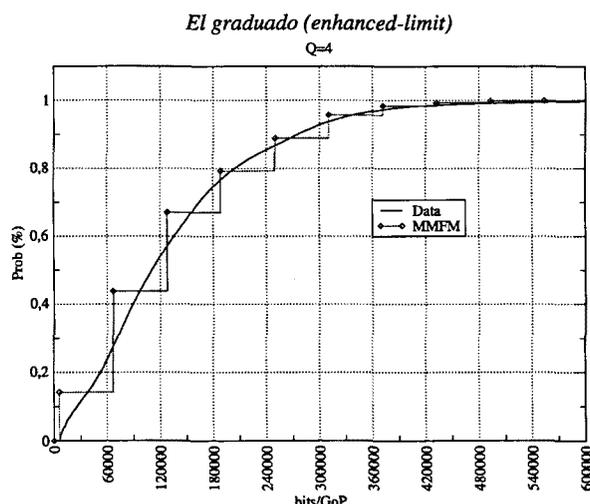


Figura 6.7: Función de probabilidad acumulada de la secuencia de *el graduado*

### 6.3. Segmentación del vídeo escalado

#### 6.3.1. Segmentación basada en técnicas *work-ahead*

La segmentación basada en técnicas *work-ahead* fueron introducidas en la sección 5.3 del capítulo 5. Estas técnicas aprovechan el conocimiento del vídeo a transmitir para calcular la manera óptima de entregar la secuencia a la red mediante tramos a tasa constante. Se aprovecha el buffer del cliente para almacenar datos enviados "por adelantado", es decir, que aún no se necesitan para decodificar el vídeo, pero que se van a necesitar al cabo de un cierto intervalo de tiempo. En [PAD1CM01] se presenta el estudio de la aplicación del algoritmo 2-RCBR al flujo mejorado de una codificación escalable de vídeo. El algoritmo 2-RCBR fue extensamente expuesto en la sección 5.3 del capítulo 5, por lo que ahora se presentarán los resultados de este estudio, sin necesidad de volver a exponer este algoritmo. La figura 6.8 muestra el esquema del codificador y conformador utilizado en la técnica 2-RCBR para vídeo escalado. El codificador MPEG-2 codifica el vídeo en un flujo base CBR y un flujo mejorado

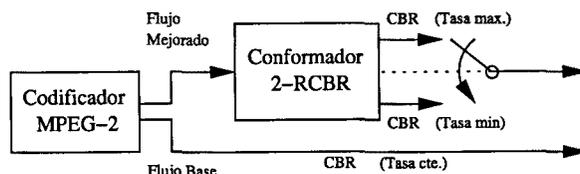


Figura 6.8: Esquema del codificador y conformador 2-RCBR para el flujo mejorado

VBR. El flujo mejorado se procesa mediante el algoritmo 2-RCBR dando lugar a dos flujos de tasa constante que se entregarán de forma intermitente a la red en función del propio algoritmo. El algoritmo se ha aplicado a la secuencia *Erin Brockovich* y se han obtenido los siguiente resultados:

<i>Erin Brockovich</i>	0,25 Std	0,5 Std	0,75 Std	Std
Nº de Renegociaciones	242	33	5	1
Tamaño de Buffer	13 MB	26 MB	110 MB	900 MB

Como se puede observar, mediante esta técnica, los tamaños de buffer necesarios en el cliente son extraordinariamente elevados, consiguiéndose una eficiencia del 100%. Esta técnica es apropiada en aquellos sistemas en los que los terminales disponen de suficientes recursos de almacenamiento primarios, por ejemplo set-top-box y estaciones de trabajo. Sin embargo, el desarrollo de una técnica generalista impide su aplicación a pesar de la eficiencia que aporta. Para ello resultan más convenientes las técnicas de renegociación basadas en los modelos MMFP bidimensionales desarrollados que definen el mismo número de renegociaciones y requieren de una capacidad de almacenamiento mucho más reducida en los terminales, aunque conllevan una disminución de la eficiencia. A continuación se realiza un estudio detallado de la aplicabilidad de estos esquemas de segmentación sobre la codificación escalable de vídeo.

### 6.3.2. Segmentación basada en el modelo MMFP bidimensional

El modelo MMFP bidimensional proporciona distintos niveles de actividad que se corresponden con su dimensión vertical. Los tasas de los estados limítrofes de la dimensión horizontal determinan los umbrales de cambio de los niveles de actividad y a través de ellos se puede establecer una clasificación de los segmentos que pertenecen a un mismo nivel de actividad. Esta técnica de segmentación está ampliamente desarrollada en la sección 5.4 del capítulo 5. El objetivo que se persigue es relacionar los umbrales de decisión de la codificación escalable de vídeo para obtener un conjunto de umbrales genéricos, tal y como se hizo para la codificación no escalable en el capítulo anterior. Para ello, y en primer lugar, se comparan los umbrales de decisión de una misma secuencia de vídeo codificada con diferentes factores de cuantificación. En la tabla 6.2 se muestran los umbrales de decisión para factores de cuantificación 4, 6 y 8 del flujo mejorado de la secuencia de *el graduado*. En la figura 6.9-a se muestran las funciones

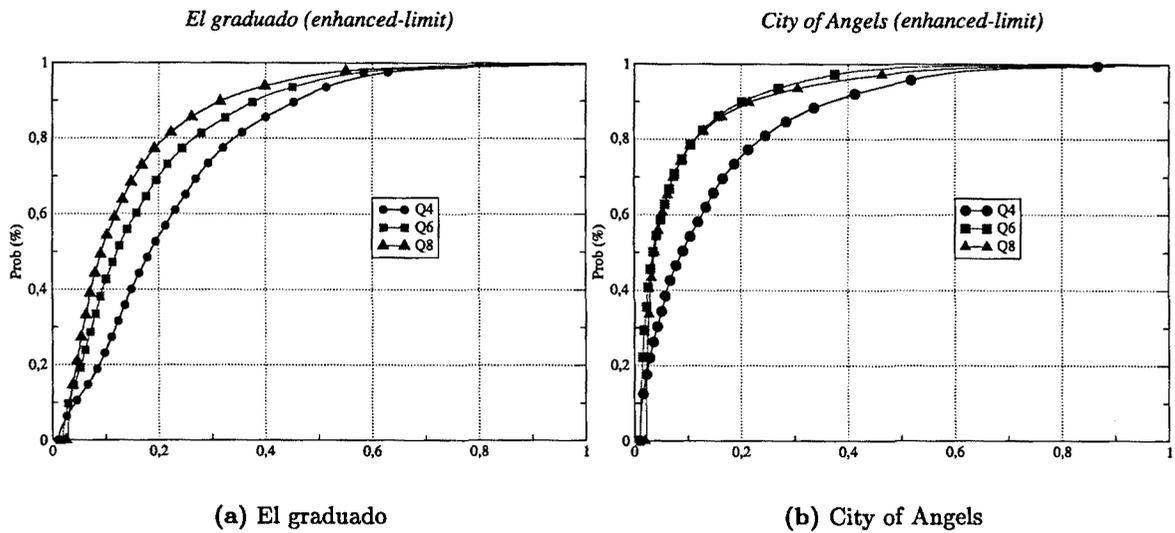
<i>El graduado</i>	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
Q4	0,3020383	0,4160533	0,5940117	0,7080267
Q6	0,3380639	0,3574222	0,6593528	0,6787111
Q8	0,3394583	0,3714083	0,6537542	0,6857042

**Tabla 6.2:** Percentiles normalizados de la secuencia *el graduado* para valores de cuantificación 4, 6 y 8

<i>City of Angels</i>	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
Q4	0,2884900	0,4431500	0,5669150	0,7215750
Q6	0,2866000	0,4469317	0,5631333	0,7234650
Q8	0,3186083	0,3658583	0,6593042	0,7065542

**Tabla 6.3:** Percentiles normalizados de la secuencia *City of Angels* para valores de cuantificación 4, 6 y 8

de probabilidad acumulada de las tres secuencias con el eje x normalizado a 1. La misma



**Figura 6.9:** Funciones de probabilidad acumulada del flujo mejorado para factores de cuantificación 4, 6 y 8

comparación se realiza para la secuencia *City of Angels* y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.3 y en la figura 6.9-b. Como se deduce de los datos obtenidos, la similitud de los percentiles para diferentes factores de cuantificación, si bien no son muy diferentes, no presentan el mismo nivel de parecido que para el caso de codificación sin escalabilidad. Por esta razón, se procederá a realizar el estudio sobre varias secuencias de vídeo con valores del factor de cuantificación de 4, 6 y 8, y se obtendrán un conjunto de umbrales genéricos para cada factor de cuantificación. En la tabla 6.4, se muestran los umbrales normalizados para un conjunto de secuencias, y en la última fila de la tabla se muestran el conjunto de umbrales genéricos obtenidos al realizar la media de los valores anteriores. En las tablas 6.5 y 6.6 se muestran los umbrales normalizados para diversas secuencias y factores de cuantificación 6 y 8, mostrando, además, los umbrales genéricos para los factores de cuantificación 6 y 8.

El error máximo entre los umbrales genéricos para cada uno de los factores de cuantificación se muestra en la tabla 6.7. Como se observa, los errores máximos no son excesivamente elevados.

Como el objetivo que se está buscando es obtener un conjunto de umbrales genéricos, un buen candidato será el valor medio de los umbrales obtenidos en las tablas 6.4, 6.5 y 6.6. Ese conjunto de valores es el mostrado en la tabla 6.8.

Este conjunto de valores, representa los umbrales genéricos obtenidos para la codificación de vídeo con escalabilidad SNR. Sin embargo, sería deseable utilizar el mismo conjunto de umbrales genéricos tanto para el flujo VBR mejorado de la codificación con escalabilidad, como para la codificación VBR con codificación sin escalabilidad. El conjunto de umbrales genéricos obtenido en el capítulo 5 para codificación VBR sin escalabilidad también se muestran en la misma tabla, a modo de comparación. Así mismo, en la tabla 6.9 se exponen los errores cometidos al aplicar los umbrales genéricos derivados en el capítulo anterior sobre las secuencias de vídeo escalado utilizadas para este estudio.

Q4	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
<i>El graduado</i>	0,3020383	0,4160533	0,5940117	0,7080267
<i>City of Angels</i>	0,2884900	0,4431500	0,5669150	0,7215750
<i>Flores de Otro Mundo</i>	0,2720117	0,4768000	0,5336117	0,7384000
<i>Empalme_B</i>	0,2691083	0,4659167	0,5361500	0,7329583
<i>La Boda</i>	0,2740600	0,4560133	0,5460533	0,7280067
Percentiles genéricos	0,2811417	0,4515867	0,5553483	0,7257933

**Tabla 6.4:** Comparación de percentiles para diversas secuencias con factor de cuantificación 4

Q6	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
<i>El graduado</i>	0,3380639	0,3574222	0,6593528	0,6787111
<i>City of Angels</i>	0,2866000	0,4469317	0,5631333	0,7234650
<i>Flores de Otro Mundo</i>	0,3157250	0,4191458	0,6061500	0,7095708
<i>La Boda</i>	0,3205729	0,3640229	0,6385604	0,6820104
Percentiles genéricos	0,3152405	0,396880	0,6167991	0,6984393

**Tabla 6.5:** Comparación de percentiles para diversas secuencias con factor de cuantificación 6

Q8	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
<i>El graduado</i>	0,3394583	0,3714083	0,6537542	0,6857042
<i>City of Angels</i>	0,3186083	0,3658583	0,6593042	0,7065542
<i>Flores de Otro Mundo</i>	0,3022708	0,4457792	0,5793833	0,7228917
<i>Empalme_B</i>	0,2785708	0,4531875	0,5519792	0,7265958
<i>La Boda</i>	0,2614208	0,4874917	0,5176750	0,7437458
Percentiles genéricos	0,3000658	0,424745	0,5924192	0,7170983

**Tabla 6.6:** Comparación de percentiles para diversas secuencias con factor de cuantificación 8

$\varepsilon(U_{10})$	$\varepsilon(U_{01})$	$\varepsilon(U_{21})$	$\varepsilon(U_{12})$
3,41 %	5,47 %	6,14 %	2,73 %

**Tabla 6.7:** Error máximo entre los umbrales genéricos de Q4, Q6 y Q8

	$U_{10}$	$U_{01}$	$U_{21}$	$U_{12}$
VBR mejorado	0,2987941	0,4244039	0,5881889	0,7137770
VBR full	0,2758651	0,4884617	0,5316341	0,7442307

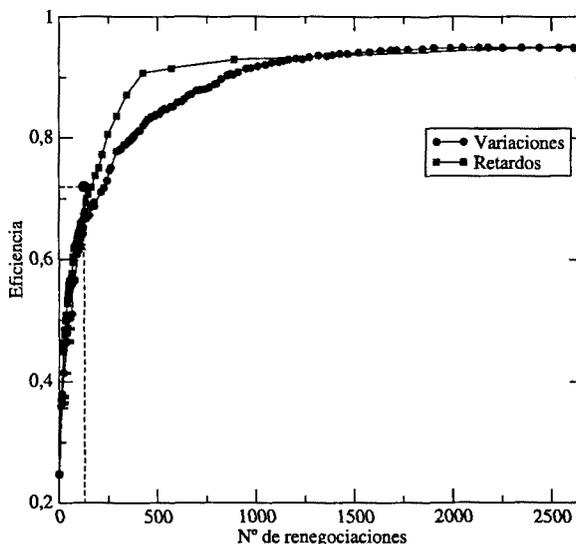
**Tabla 6.8:** Conjunto de umbrales genéricos específicos de la codificación con escalabilidad SNR y sin escalabilidad

Q4	$\epsilon(U_{10})$	$\epsilon(U_{01})$	$\epsilon(U_{21})$	$\epsilon(U_{12})$
<i>El graduado</i>	8,66 %	17,4 %	10,5 %	5,11 %
<i>City of Angels</i>	4,37 %	10,2 %	6,22 %	3,13 %
<i>La Boda</i>	0,65 %	7,11 %	2,64 %	2,22 %
<i>Empalme_B</i>	2,51 %	4,83 %	0,84 %	0,78 %
<i>Flores de Otro Mundo</i>	1,41 %	2,44 %	0,37 %	0,78 %

**Tabla 6.9:** Errores de los umbrales de segmentación al utilizar los percentiles genéricos obtenidos en el capítulo 5

Q4	Umbrales del modelo		Umbrales genéricos	
	Nº de renegociaciones	Eficiencia	Nº de renegociaciones	Eficiencia
<i>El graduado</i>	125	0,721531	125	0,695835
<i>City of Angels</i>	124	0,554984	112	0,542642
<i>La Boda</i>	143	0,700846	129	0,666973
<i>Empalme_B</i>	620	0,568394	589	0,547398
<i>Flores de Otro Mundo</i>	80	0,622297	83	0,621189

**Tabla 6.10:** Comparación de la segmentación utilizando los umbrales propios y los umbrales genéricos para diversas secuencias con factor de cuantificación 4



**Figura 6.10:** Comparación de los diferentes métodos de segmentación aplicados sobre la secuencia de *el graduado* codificada con escalabilidad y factor de cuantificación 4

Finalmente, deseamos ver cuál es la influencia de utilizar el conjunto de umbrales genérico obtenidos en el capítulo anterior sobre el proceso de segmentación. En la tabla 6.10 se presentan los resultados del proceso de segmentación utilizando los percentiles obtenidos mediante el modelado y caracterización de las secuencias y los percentiles genéricos derivados en el capítulo

anterior. Se observa que no existe una diferencia significativa entre ambos casos y, por tanto, la aplicabilidad del esquema propuesto facilita la automatización del proceso de segmentación. A su vez, la técnica generalista podría ser aplicada en secuencias capturadas en tiempo real, manteniendo únicamente actualizado el valor del máximo alcanzado durante el transcurso del proceso de codificación y con un almacenamiento mínimo que permita calcular los parámetros TSpec de reserva de recursos.

En la figura 6.10, se ilustra gráficamente la aplicación de los métodos de segmentación alternativos, presentados anteriormente, sobre la secuencia de *el graduado*. La adecuación del esquema de segmentación basado en el modelo MMFP bidimensional queda patente dada la ubicación del punto de trabajo representado en la misma figura. Es destacable la relación de eficiencia que se obtiene, en este caso, frente al número de renegociaciones. Siendo este número un valor bien ajustado para el diseño de redes con QoS renegociable.

## 6.4. Conclusiones

La importancia de la transmisión de vídeo escalable se pone de manifiesto en las modernas redes de comunicaciones donde existen una variedad de terminales con distintas capacidades y una demanda de este tipo de servicios. En este capítulo se ha realizado un estudio del flujo vídeo escalable siguiendo el mismo esquema que el análisis llevado a cabo con el flujo de vídeo no escalable a lo largo de los capítulos 4 y 5. El objetivo que se ha fijado en este capítulo es el modelado y caracterización del flujo de vídeo escalable a través del modelo MMFP bidimensional que nos permita obtener un esquema de segmentación basado en un conjunto de umbrales genéricos. Para ello, se ha escogido un conjunto de secuencias de vídeo codificadas con diferentes factores de cuantificación que permitan realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos del ajuste del modelo MMFP bidimensional al flujo VBR mejorado presentan diferencias significativas respecto a los resultados obtenidos en el ajuste de los flujos sin escalabilidad. La primera característica que se constata en el modelado del flujo escalable, es que los modelos no aceptan valores grandes de  $S_1$ . Esta característica influye en varios factores. Por un lado, el número total de estados del modelo obtenido es mucho más reducido, resultando en una pérdida de resolución de las tasas generadas. Por otro lado, al no existir demasiadas posibilidades en la elección de  $S_1$  en el proceso iterativo de ajuste, el conjunto de valores de  $p$  y  $q$  obtenidos presentan una mayor variabilidad que en el caso anterior. El modelo MMFP bidimensional es capaz de capturar perfectamente la autocovarianza de las secuencias, sin embargo, debido al número reducido de estados, la aproximación de la función de probabilidad acumulada tiene poca resolución.

A continuación se ha procedido a realizar el estudio del proceso de segmentación aplicado al flujo mejorado siguiendo los mismos esquemas que se emplearon para el flujo sin escalabilidad en el capítulo 5. Se ha aplicado la técnica 2-RCBR sobre el flujo mejorado obteniéndose los resultados esperados. Esta técnica consigue una eficiencia de 100 % en el uso de los recursos reservados a expensas de utilizar grandes *buffers* en el cliente. Por esta razón, la técnica de segmentación 2-RCBR se puede aplicar en entornos de *video streaming* en el que los clientes tengan una capacidad de almacenamiento primario elevada, tales como estaciones de trabajo y set-top-box.

El siguiente punto ha sido analizar el proceso de segmentación basado en el modelo MMFP bidimensional. Esta técnica se ha aplicado sobre distintas secuencias y se ha hallado que los umbrales normalizados de cada una de las secuencias presentan valores sumamente próximos.

Este resultado ha permitido considerar la aplicación de un conjunto de umbrales genéricos, independientes de las secuencias y del valor de cuantificación. Este nuevo conjunto de umbrales presenta una fuerte similitud respecto a los hallados en el capítulo anterior, y se ha realizado un estudio del proceso de segmentación del flujo mejorado utilizando los valores previos derivados en aras de verificar la genericidad de su utilización. El resultado revela que no existe una diferencia significativa respecto a utilizar los umbrales propios de cada secuencia y, por tanto, valida la aplicabilidad del esquema de segmentación propuesto.

Los resultados obtenidos mediante el esquema de segmentación basado en los umbrales genéricos se ha comparado con el método del coeficiente de variación y con el método del retardo. Este análisis ha revelado que el esquema de segmentación propuesto presenta un buen compromiso entre la eficiencia conseguida y sobrecarga de señalización. Por otro lado, la nueva técnica de segmentación basada en la acotación del retardo ha demostrado un incremento de eficiencia generalizado frente a la técnica ampliamente difundida basada en el método del coeficiente de variación.

Finalmente, el esquema de segmentación basado en el modelo MMFP bidimensional aplicado al flujo mejorado de la codificación de vídeo con escalabilidad presenta las mismas características que el mismo esquema aplicado al flujo sin escalabilidad. Por lo tanto, se concluye que el método de los umbrales genéricos permite desarrollar una segmentación de una secuencia de vídeo de forma extraordinariamente simple con un elevado nivel de eficiencia, facilitando el desarrollo de técnicas específicas de control de admisión y de ubicación de recursos.



# CAPÍTULO 7

## Conclusiones y líneas futuras

Hoy en día, entre los servicios más solicitados por los usuarios en las redes de comunicaciones, se encuentran aquellos que incorporan información multimedia. En Internet, es habitual que un gran número de páginas web incorporen imágenes, información de audio y en algunos casos, información de vídeo. Sin embargo, debido a que Internet sólo ofrece un servicio de entrega *best-effort*, la información audiovisual recibe el mismo tratamiento que el dispensado a cualquier otro tipo de datos poco sensibles al retardo temporal. Con el fin de desarrollar nuevos marcos de operación que permitan la diferenciación en el tratamiento de los servicios sobre redes basadas en IP, el IETF ha propuesto dos arquitecturas de red con calidad de servicio: IntServ y DifServ. De esta forma se pretende soportar adecuadamente la transmisión de flujos inelásticos de tasa variable mediante la ubicación de recursos especialmente dedicados al transporte de servicios con restricciones temporales acotadas. Por otro lado, la información audiovisual debe ser comprimida antes de transmitirla por la red, presentándose el algoritmo MPEG como el más comunmente empleado y con mayor proyección futura para el desarrollo de esta función. La tasa binaria generada por este tipo de codificadores es por naturaleza variable. Si bien, la mayor parte de las transmisiones de vídeo se hacen a tasa constante, un gran número de trabajos ponen de manifiesto la idoneidad de la transmisión a tasa variable porque, por un lado, se puede mantener una calidad constante en la imagen y, por otro lado, la multiplexación estadística permite un uso más eficiente de los enlaces de comunicaciones. Así, este trabajo ha estado enfocado en la transmisión de tráfico de vídeo de tasa variable sobre redes IP con calidad de servicio. Se ha contemplado un marco de operación donde la red dispone de las facilidades necesarias para la asignación dinámica de recursos que permite la renegociación de los recursos requeridos durante la conexión. El protocolo de señalización considerado en este trabajo es el RSVP, dado que es el más ampliamente extendido y aceptado para redes IP con QoS extremo a extremo.

La primera tarea ha consistido en la presentación del escenario de trabajo. En este sentido se ha llevado a cabo una descripción de los algoritmos de codificación y compresión de vídeo MPEG y H.26x que fundamentan las técnicas de compresión empleadas en el desarrollo de este trabajo, haciendo un especial hincapié en MPEG-2 y MPEG-4 puesto que son las más ampliamente utilizadas en los sistemas de transmisión e incorporan diferentes mecanismos de escalabilidad. La escalabilidad facilita la adaptación de la comunicación cuando la distribución incluye canales variantes en el tiempo o diversidad de terminales. Estas técnicas, además, facilitan la reducción de la capacidad de almacenamiento primario que requieren los terminales cuando los servicios audiovisuales solicitados mantienen una calidad de imagen constante.

La transmisión escalada permite explotar la diferenciación de clases de servicio con lo que se obtiene una diversificación del riesgo en la transmisión. De esta manera, se puede garantizar una calidad mínima subjetiva ofrecida al usuario ubicando un flujo base sobre una clase de servicio con elevada QoS y uno o varios flujos de mejora sobre clases con inferior QoS. Estos flujos de mejora explotarán eficientemente los recursos de la red al ser multiplexados estadísticamente sobre los canales de comunicación. En la práctica, se recomienda que la degradación soportada en las conexiones multiplexadas esté gestionada por adecuados controles de admisión de reservas, garantizando estadísticamente una QoS, también denominada *soft* QoS. En cuanto al flujo base, se suele ubicar sobre recursos especialmente asignados para la conexión y no se obtienen beneficios de la multiplexación estadística. Esto conlleva clásicamente un codificación CBR del flujo de vídeo base al cual se adicionan las bandas de audio. En redes con diferenciación de servicios, el flujo base se envía sobre recursos definidos específicamente donde se aplican controles de admisión muy restrictivos que garantizan una *hard* QoS. Este tipo de controles de admisión son válidos cuando los canales de comunicación no presentan inherentemente fluctuaciones en su capacidad.

Un análisis detallado de las distintas alternativas para la transmisión de vídeo en redes IP se ha realizado en la presente Tesis Doctoral. En primera instancia se ha descrito la problemática del transporte de vídeo en redes de conmutación de paquetes sin garantías de servicio, discutiendo la necesidad de la aplicación de técnicas de control de tasa y suavizado de tráfico. Posteriormente se han introducido las nuevas arquitecturas IntServ y DiffServ especificadas para dar soporte a servicios con un nivel de calidad garantizado. Sobre estas arquitecturas se han discutido las posibles alternativas de transmisión de vídeo sobre redes IP con QoS y la adecuación de los esquemas de codificación de vídeo estandarizados que pueden ser aplicados sobre ellas. Como resultado del análisis se ha llegado a dos propuestas de transmisión de vídeo que consideran en cada caso la transmisión sin escalado y con escalado SNR. A partir de este estudio se ha puesto de relieve la necesidad de la caracterización del tráfico de vídeo ya que requiere de elevados anchos de banda que además fluctúan ampliamente a lo largo de la conexión. Esta caracterización facilitará el diseño de servicios audiovisuales donde se consideraran factores como la entrega de información a la red, las solicitudes de variación de recursos ubicados para la conexión y el dimensionado de servicios diferenciados.

La caracterización del tráfico se ha llevado a cabo a través del modelado MMFP bidimensional de los flujos de vídeo VBR. El estudio se ha realizado con un amplio conjunto de secuencias codificadas VBR con diferentes niveles de calidad y resolución espacial. Se ha considerado que el tráfico generado por el codificador será suavizado antes de su entrega a la red, ya que las características periódicas de la codificación MPEG VBR reducen las ventajas de la multiplexación estadística debido al elevado efecto de rafagueo de los modos de codificación de los cuadros. Se ha analizado el modelo MMFP bidimensional de tráfico para la tasa binaria generada en intervalos de duración de un GoP. Se ha elegido este tipo de modelo por su tratabilidad matemática en el análisis de las prestaciones de la multiplexación estadística y por los resultados que se habían obtenido en trabajos preliminares. En este trabajo ha quedado demostrada la aplicabilidad de este modelo de forma general sobre cualquier secuencia de vídeo con independencia de su resolución o nivel de degradación introducido en el proceso de codificación. El modelo presenta una estructura bidimensional formada por dos tipos de minifuentes diferentes. La síntesis del modelo parte del comportamiento presentado por la función de autocovarianza. Así, la estructura bidimensional de este modelo proporciona una función de autocovarianza expresada como suma de dos exponenciales, permitiendo ajustar perfectamente las autocovarianzas del tráfico real. Se ha demostrado que esta función se puede

descomponer en un término de decaimiento a corto plazo y otro a largo plazo, identificables con cada una de las dimensiones del modelo. El decaimiento a largo plazo muestra el efecto de semejanza de los valores generados durante un intervalo de tiempo prolongado. Este comportamiento refleja la composición escénica de las secuencias de vídeo, donde se presenta un elevado grado de invarianza en algunos parámetros del modelo. El decaimiento a corto plazo refleja la dependencia del tráfico generado dentro de una escena. Esta componente es de especial importancia en el diseño de controles de admisión de redes IP con facilidades de renegociación. Por lo tanto, una interpretación del modelo en función de las componentes identificadas permite caracterizar el comportamiento estadístico de las alternancias y duración de los niveles de actividad en los que se puede encontrar un flujo de vídeo así como el comportamiento estadístico de la generación de tráfico dentro de un nivel de actividad. Los resultados obtenidos determinan que sólo es necesario considerar tres niveles de actividad o, equivalentemente, las escenas de una secuencia de vídeo admiten una adecuada caracterización cuando se agrupan en tres clases distintas. Además, es destacable que el modelo de cada tipo de escena es el mismo a diferencia de una constante. Esta consideración facilita un tratamiento uniformizado de todo tipo de escena que permite desarrollar la gestión específica de servicios de *video streaming* en redes IP con QoS.

Una de las principales contribuciones al modelado de estos servicios ha sido el desarrollo de una metodología de ajuste de los parámetros del modelo MMFP bidimensional que permite una automatización del proceso de caracterización del tráfico de vídeo. Para ello, se ha desarrollado un algoritmo de ajuste de las funciones de autocovarianza que permite identificar las dependencias a corto y largo plazo. A partir de esta información, se desarrolla un proceso iterativo que facilita el ajuste de los parámetros restantes del modelo. En primer lugar se determina el número de minifuentes de cada dimensión. Se verifica que para la caracterización escénica es suficiente con dos minifuentes e insuficiente con una minifuerza. En cuanto a la caracterización intra escena, se procede sistemáticamente contrastando los parámetros obtenidos con los resultantes del tratamiento de la información real. Se reitera el proceso hasta que dicha validación muestra la mayor proximidad entre valores. Esta metodología de ajuste ha sido aplicada sobre un conjunto extenso de secuencias de vídeo verificando que la estructura bidimensional de modelo MMFP se adapta adecuadamente en todos los casos. Asimismo, se ha observado una independencia del factor de cuantificación utilizado para la codificación y de la resolución empleada en la imagen. Este resultado era predecible dado que las variaciones de la complejidad de la secuencia de vídeo dependen del contenido, o nivel de entropía de la imagen, y no de la resolución o calidad fijadas en la codificación.

Una vez se ha alcanzado un conocimiento de comportamiento del tráfico de vídeo de calidad de imagen constante, se ha abordado su transmisión sobre redes IP con QoS. El marco de trabajo contempla la aplicación de mecanismos de renegociación y de asignación dinámica de recursos. La posibilidad de llevar a cabo renegociaciones con la red permite un uso más eficiente de los recursos. El tráfico de vídeo de tasa variable es un ejemplo claro en el que un sistema de renegociaciones maximiza la eficiencia de los recursos de red, como se ha demostrado en este trabajo sobre el escenario RSVP e IntServ. La gran variabilidad de tasa binaria exhibida por este tipo de tráfico y su grado de persistencia hacen apropiada la aplicación de técnicas de segmentación sobre las secuencias de vídeo. La segmentación permite definir un tratamiento homogéneo a conjuntos de imágenes consecutivas que muestran características similares. En este trabajo se han analizado diferentes esquemas de renegociación y se ha estudiado su aplicabilidad en el contexto de redes IP con QoS y facilidades de renegociación de recursos por conexión.

Se han analizado las técnicas *work-ahead buffering* donde se explota intensivamente el buffer del cliente para almacenar datos enviados "por adelantado". El estudio ha permitido derivar una nueva propuesta denominada 2-RCBR. Este esquema se basa en la segmentación de la secuencia y la identificación de dos tasas constantes para su transmisión. La principal ventaja ofrecida por esta técnica estriba en su simplicidad y en la eficiencia alcanzada en el uso de los recursos que, por construcción, es del 100%. Los valores de tasa de transmisión elegidos intentan ajustarse a los requeridos por el perfil de tráfico transmitido, estableciéndose un compromiso entre el número de renegociaciones (o segmentos) y el tamaño de buffer en el cliente. Este mecanismo es especialmente adecuado para sistemas con gran capacidad de almacenamiento primario, como estaciones de trabajo y set-top-box, y además presenta un nivel de explotación máximo de los recursos reservados.

Complementariamente, se ha derivado una nueva técnica de segmentación basada en el modelo MMFP bidimensional analizado. Esta técnica emplea los valores limítrofes de cada uno de los niveles de actividad, identificados en la estructura bidimensional, para definir un conjunto de umbrales de decisión. Estos umbrales permiten determinar los diferentes segmentos en función de la tasa de los GoPs que los foman. Esta técnica se ha aplicado sobre distintas secuencias y se ha hallado que los umbrales normalizados de cada una de las secuencias presentan una fuerte similitud que nos lleva a definir un conjunto de umbrales invariantes para todas ellas. La independencia de los umbrales se constata tanto con el valor de resolución espacial como con el nivel de calidad de imagen utilizado en la codificación. Asimismo, este estudio se realiza sobre diferentes secuencias en las cuales no existe semejanza en la forma de las funciones de probabilidad acumulada. Sin embargo, los umbrales normalizados de decisión hallados en cada una de ellas siguen estando sumamente próximos, constatando nuevamente su independencia de la secuencia utilizada. Los resultados obtenidos se han contrastado con los derivados del trabajo de O. ROSE, cuya propuesta de segmentación ha sido ampliamente referenciada en los trabajos relacionados. Este análisis ha revelado que el esquema de segmentación propuesto presenta un buen compromiso entre la eficiencia conseguida y la sobrecarga de señalización. Además, su aplicabilidad es elevada al requerir unos tamaños de memoria de almacenamiento reducidos en los terminales.

Considerando la dinámica de los recursos requeridos a lo largo de la transmisión y teniendo en cuenta que se desea fijar una cota máxima del retardo extremo a extremo durante el servicio de *video streaming*, se ha propuesto una nueva técnica de segmentación basada en el retardo máximo aceptado. Esta técnica desarrolla un esquema de segmentación el cual identifica los grupos de GoPs consecutivos que requieren de un determinado TSpec. De esta forma se garantiza para cada segmento transmitido un retardo máximo dentro de la red IP. Un análisis comparativo de esta técnica frente al algoritmo del coeficiente de variación revela un incremento de eficiencia notable para el mismo número de renegociaciones. Esta técnica de segmentación permite observar que el punto de trabajo definido por el método de los umbrales normalizados es un valor adecuado para la operatividad del sistema con un elevado nivel de eficiencia.

La última parte del trabajo ha desarrollado la arquitectura de transmisión escalada sobre redes IP. A raíz de los excelentes resultados obtenidos hasta el momento, se ha procedido a aplicar la misma metodología para la codificación escalable. Para mantener un cierto paralelismo con el trabajo previo realizado, se empieza aplicando la técnica 2-RCBR al flujo escalado. Los resultados obtenidos en este caso muestran, de nuevo, que a pesar de que la eficiencia obtenida es máxima, el tamaño de los *buffers* en los clientes son ciertamente elevados. A continuación se caracteriza el tráfico escalable mediante el modelo MMFP bidimensional. Para

este tipo de tráfico, los parámetros determinados en el proceso de ajuste de un conjunto de secuencias muestran una mayor variabilidad que en el caso anterior, aunque no distan sustancialmente. Los umbrales de decisión obtenidos presentan cierta similitud con el conjunto resultante del análisis aplicado a la codificación sin escalabilidad, permitiendo generalizar el uso de un único conjunto de umbrales de segmentación para ambos tipos de tráfico, lo cual facilita la integración de ambas técnicas de transmisión en la misma clase de servicio.

Finalmente, de lo expuesto anteriormente, se puede concluir que el método de los umbrales genéricos permite desarrollar una segmentación de una secuencia de vídeo de forma extraordinariamente simple con un elevado nivel de eficiencia. El empleo de esta técnica de segmentación define un perfil de tráfico bien caracterizado y modelado. Por consiguiente, la gestión y dimensionado de los servicios de *video streaming* queda facilitada cuando se aplican las técnicas de segmentación y transmisión desarrolladas en este trabajo. A partir de estos resultados, se propone su aplicación con los siguientes objetivos:

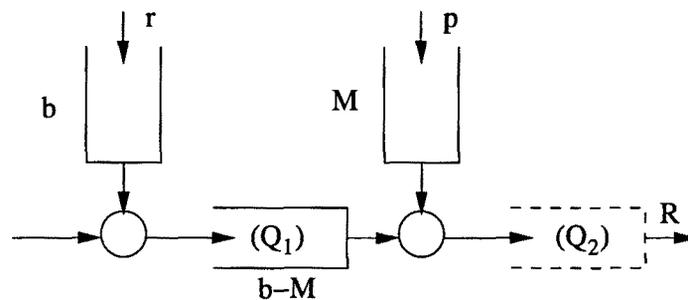
- El desarrollo de técnicas específicas de control de admisión para el tráfico de vídeo, tanto a nivel de sesión como a nivel escénico.
- La definición de SLA dinámicos donde se contemplen especificaciones estadísticas de nivel de servicio desde el punto de vista de *network performance* y desde el punto de vista de calidad percibida por el usuario [MAAM04a][MAAM04c].
- La caracterización de sesiones de *video streaming* adaptativas donde se consideren las variaciones de la tasa binaria debidas al estado de congestión de la red en la escala temporal de las escenas [MAAM04d][MAA<sup>+</sup>03].
- El dimensionado de servicios de *video streaming* basados en modelos de interacción entre sesiones concurrentes adaptativas que explotan los beneficios de la multiplexación estadística en enlaces compartidos [MAAM04b].
- El diseño de mecanismos de gestión de recursos de red para sesiones adaptativas de vídeo multiplexadas con diferentes clases de clientes como los especificados en los servicios *Olympic*.
- La distribución del ancho de banda en redes con QoS para clases diferenciadas de servicio con especial aplicabilidad en redes inalámbrica.



# APÉNDICE A

## Cálculo del retardo extremo a extremo en *Guaranteed Service*

Para obtener el retardo máximo extremo a extremo en un servicio garantizado utilizaremos el siguiente modelo representado en la figura A.1. En esta figura se ha añadido un buffer de



**Figura A.1:** Modelo para el cálculo del retardo

salida  $Q_2$  con capacidad ilimitada que facilita el análisis del sistema. En este análisis se supone que las relaciones entre las tasas es la siguiente:

$$p > R \geq r$$

Las condiciones iniciales en los buffers y los buckets son las siguientes:

- El *bucket*  $b$ , esta inicialmente lleno (contiene  $b$  *tokens*)
- El *bucket*  $M$ , está inicialmente lleno (contiene  $M$  *tokens*)
- El buffer  $Q_1$  está vacío
- El buffer  $Q_2$  está vacío

1. Los primeros  $M$  bytes en llegar, pasan directamente a la cola de salida  $Q_2$  y serán extraídos a un ritmo de  $R$  bytes/seg. por lo que el retardo que van a experimentar es

$$t_1 = M/R$$

El estado de los buckets y los buffers es el siguiente:

- El nivel del primer bucket es ahora de  $b - M$
  - El buffer  $Q_1$  continúa vacío
  - El nivel del segundo bucket es 0 (se han consumido los  $M$  tokens)
2. Los siguientes  $b - M$  bytes que lleguen entrarán directamente al buffer  $Q_1$  y de nuevo el estado de los buckets y los buffers será:
- El nivel del primer bucket es ahora de 0
  - El buffer  $Q_1$  contiene  $b - M$  bytes
  - El nivel del segundo bucket es 0
3. Con estas condiciones se procede a calcular el tiempo necesario ( $t'$ ) para que el buffer  $Q_1$  se vacíe. Durante este intervalo de tiempo ( $t'$ ) se ha ido recargando el buffer  $Q_2$  y solo restará calcular el tiempo de vaciado de  $Q_2$ .
- a) El tiempo  $t'$  se calcula teniendo en cuenta que  $Q_1$  tiene  $b - M$  bytes, un caudal de entrada de  $r$  bytes por segundo y un caudal de salida de  $p$  bytes por segundo:

$$(r - p) \cdot t' + (b - M) = 0$$

de donde  $t' = (b - M)/(p - r)$ .

- b) Durante el intervalo de tiempo  $t'$ , el buffer  $Q_2$  se ha ido cargando con un ritmo total de  $(p - R)$  alcanzando un nivel de

$$(p - R) \cdot t' = (p - R) \frac{(b - M)}{(p - r)} \text{ bytes}$$

- c) El tiempo necesario para vaciar el buffer  $Q_2$  lleno con  $(p - R) \cdot t'$  bytes a un ritmo  $R$  será

$$t_2 = \frac{(p - R) \cdot t'}{R} = \frac{(p - R) \cdot (b - M)}{(p - r) \cdot R}$$

4. Finalmente el retardo total es la suma de  $t_1$  y  $t_2$ :

$$Q_d = \frac{M}{R} + \frac{(p - R) \cdot (b - M)}{(p - r) \cdot R} \quad p > R \geq r$$

El caso en el que la relación de tasas es  $R \geq p \geq r$  es más sencillo ya que al ser  $R \geq p$ , no existe un almacenamiento previo a la salida y no existe  $t_2$ . En este caso el retardo es

$$Q_d = \frac{M}{R} \quad R \geq p \geq r$$

# APÉNDICE B

## Ajustes VBR

### B.1. floresdeotromundo

#### B.1.1. floresdeotromundo Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	$Q$
816368	20581	236960,42	$8,970 \cdot 10^9$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,500188	0,061177	42442,74	206901,18	9	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,5152328	0,9432723	0,9609672	0,9973177
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
227482	402566	434383	609467

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,451830	-0,098162	0,548170	-0,003985

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2050,94	495,10
Tasa de generación Nivel 0	211645,15	206455,29
Probabilidad Nivel 0	0,8814	0,7928
Tiempo de permanencia Nivel 1	250,94	110,49
Tasa de generación Nivel 1	418546,33	344860,88
Probabilidad Nivel 1	0,1149	0,1990
Tiempo de permanencia Nivel 2	133,65	25,38
Tasa de generación Nivel 2	625447,51	570175,44
Probabilidad Nivel 2	0,0037	0,0081
Valor medio de $q$	0,0612	0,1039
Valor medio de $J$	206901,18	181860,08

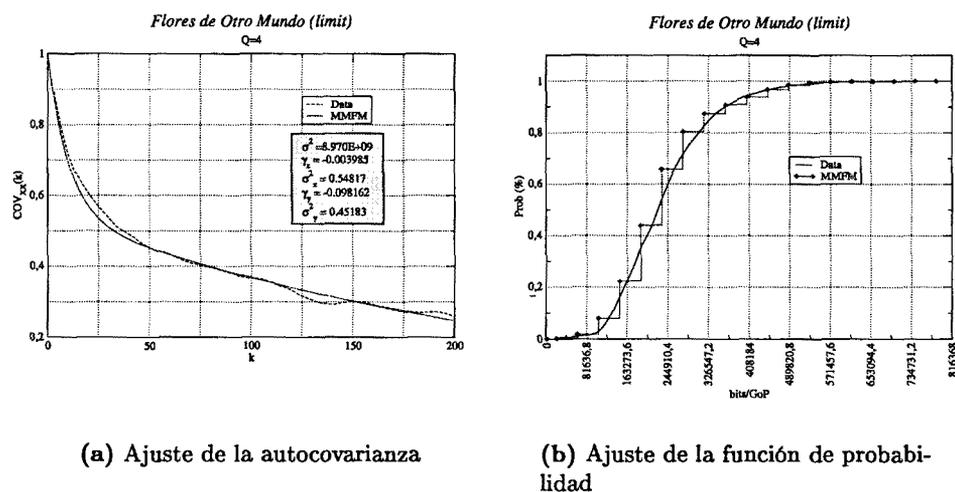


Figura B.1: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

### B.1.2. floresdeotromundo Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
578671	19928	160036,46	$4,079 \cdot 10^9$	6

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,417800	0,066172	26664,36	132717,51	11	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,4221866	0,9805437	0,9308692	0,9994622
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
152646	313236	285363	445953

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,466356	-0,118873	0,533644	-0,004118

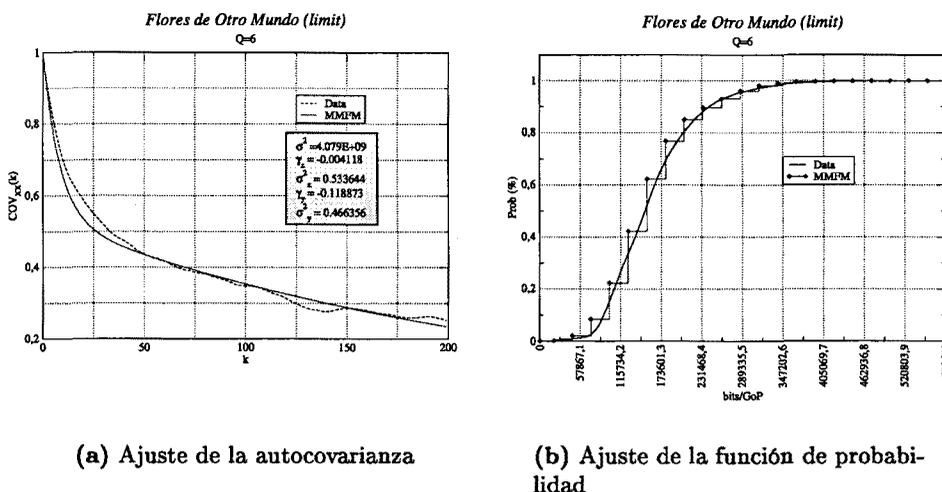


Figura B.2: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1834,88	683,87
Tasa de generación Nivel 0	142472,01	144446,51
Probabilidad Nivel 0	0,8720	0,8487
Tiempo de permanencia Nivel 1	242,84	113,97
Tasa de generación Nivel 1	275189,52	242273,73
Probabilidad Nivel 1	0,1236	0,1460
Tiempo de permanencia Nivel 2	130,02	22,00
Tasa de generación Nivel 2	407907,03	391761,68
Probabilidad Nivel 2	0,0044	0,0053
Valor medio de $q$	0,0662	0,0769
Valor medio de $J$	132717,51	123657,59

B.1.3. floresdeotromundo Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
432468	19928	119751,98	$2,174 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,433187	0,056095	20335,28	104593,61	10	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,6890884	0,9490015	0,9728276	0,9985779
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
124522	223281	229115	327874

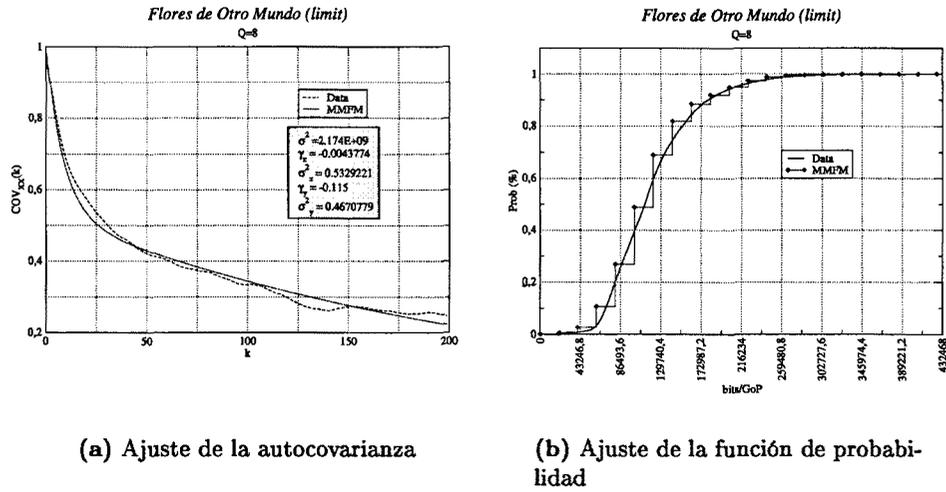


Figura B.3: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,4670779	-0,115	0,5329221	-0,0043774

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2036,26	543,62
Tasa de generación Nivel 0	108017,71	109092,36
Probabilidad Nivel 0	0,8910	0,8705
Tiempo de permanencia Nivel 1	228,45	76,78
Tasa de generación Nivel 1	212611,32	187788,73
Probabilidad Nivel 1	0,1059	0,1260
Tiempo de permanencia Nivel 2	121,01	12,29
Tasa de generación Nivel 2	317204,93	324562,40
Probabilidad Nivel 2	0,0031	0,0034
Valor medio de $q$	0,0561	0,0644
Valor medio de $J$	104593,61	107735,02

## B.2. elgraduado

### B.2.1. elgraduado Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
960000	19928	269070,25	$1,283 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,471516	0,077468	37287,47	246311,19	12	2

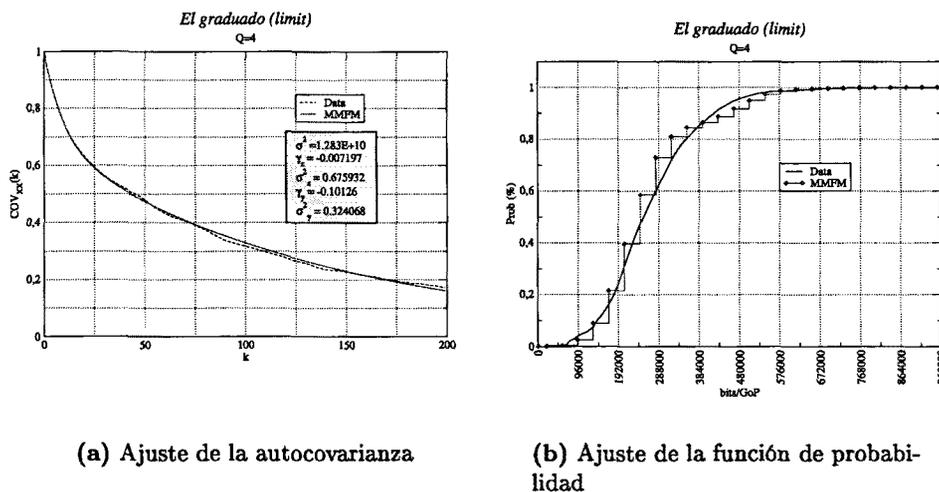


Figura B.4: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

Percentiles			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,5526731	0,9480376	0,9716102	0,9963674
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
266239	467378	512550	713689

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,324068	-0,101260	0,675932	-0,007197

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	896,80	558,58
Tasa de generación Nivel 0	230907,76	231681,16
Probabilidad Nivel 0	0,8511	0,7940
Tiempo de permanencia Nivel 1	138,95	132,84
Tasa de generación Nivel 1	477218,94	402653,08
Probabilidad Nivel 1	0,1429	0,1993
Tiempo de permanencia Nivel 2	75,31	24,14
Tasa de generación Nivel 2	723530,13	727833,51
Probabilidad Nivel 2	0,0060	0,0067
Valor medio de <i>q</i>	0,0775	0,1010
Valor medio de <i>J</i>	246311,19	248076,17

B.2.2. elgraduado Q 6

Parámetros de la secuencia				
<i>A</i> <sub>max</sub>	<i>A</i> <sub>min</sub>	<i>mean</i>	$\sigma^2$	<i>Q</i>
720000	19928	185460,32	$6,096 \cdot 10^9$	6

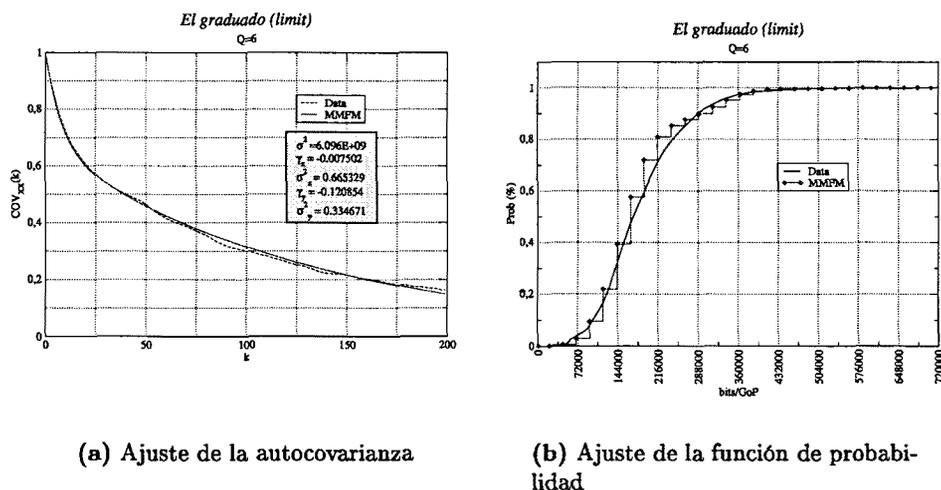


Figura B.5: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

<i>Parámetros del modelo</i>					
<i>p</i>	<i>q</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0,410800	0,068487	24536,10	178283,32	14	2

<i>Percentiles</i>			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,6292743	0,9746506	0,9799416	0,9984601
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
198211	363433	376495	541717

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,334671	-0,120854	0,665329	-0,007502

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	973,16	615,08
Tasa de generación Nivel 0	161040,01	167716,61
Probabilidad Nivel 0	0,8677	0,8743
Tiempo de permanencia Nivel 1	133,30	84,53
Tasa de generación Nivel 1	339323,33	300342,96
Probabilidad Nivel 1	0,1276	0,1202
Tiempo de permanencia Nivel 2	71,55	35,00
Tasa de generación Nivel 2	517606,66	494824,65
Probabilidad Nivel 2	0,0047	0,0055
Valor medio de <i>q</i>	0,0685	0,0678
Valor medio de <i>J</i>	178283,32	163554,02

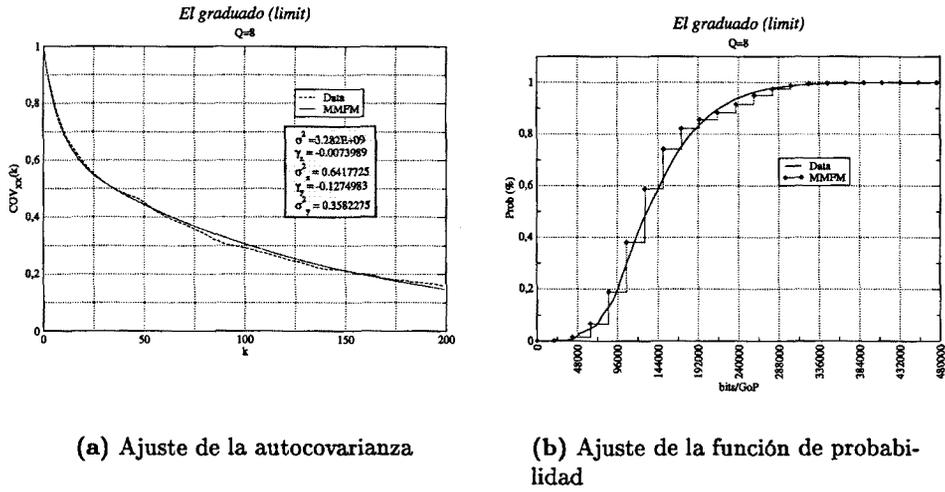


Figura B.6: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

B.2.3. elgraduado Q 8

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	$Q$
480000	19928	141200,57	$3,282 \cdot 10^9$	8

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,471777	0,077410	21720,47	121433,67	10	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,5877711	0,9151714	0,9497759	0,9966925
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
141362	237133	262795	358566

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,3582275	-0,1274983	0,6417725	-0,0073989

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	872,99	403,67
Tasa de generación Nivel 0	122400,26	120309,05
Probabilidad Nivel 0	0,8512	0,7651
Tiempo de permanencia Nivel 1	135,16	106,15
Tasa de generación Nivel 1	243833,93	204147,83
Probabilidad Nivel 1	0,1428	0,2263
Tiempo de permanencia Nivel 2	73,25	19,82
Tasa de generación Nivel 2	365267,60	342945,70
Probabilidad Nivel 2	0,0060	0,0086
Valor medio de $q$	0,0774	0,1161
Valor medio de $J$	121433,67	111318,33

### B.3. cityofangels

#### B.3.1. cityofangels Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
960000	19080	221476,17	$1,535 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,364590	0,077870	64336,38	245282,68	7	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7343521	0,9503144	0,9681559	0,9956859
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
264363	469435	509645	714717

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,437208	-0,093756	0,562792	-0,004865

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1319,82	649,57
Tasa de generación Nivel 0	183274,93	191158,27
Probabilidad Nivel 0	0,8503	0,8772
Tiempo de permanencia Nivel 1	205,55	87,69
Tasa de generación Nivel 1	428557,62	418956,00
Probabilidad Nivel 1	0,1436	0,1120
Tiempo de permanencia Nivel 2	111,45	32,89
Tasa de generación Nivel 2	673840,30	635648,51
Probabilidad Nivel 2	0,0061	0,0108
Valor medio de $q$	0,0779	0,0756
Valor medio de $J$	245282,68	222245,12

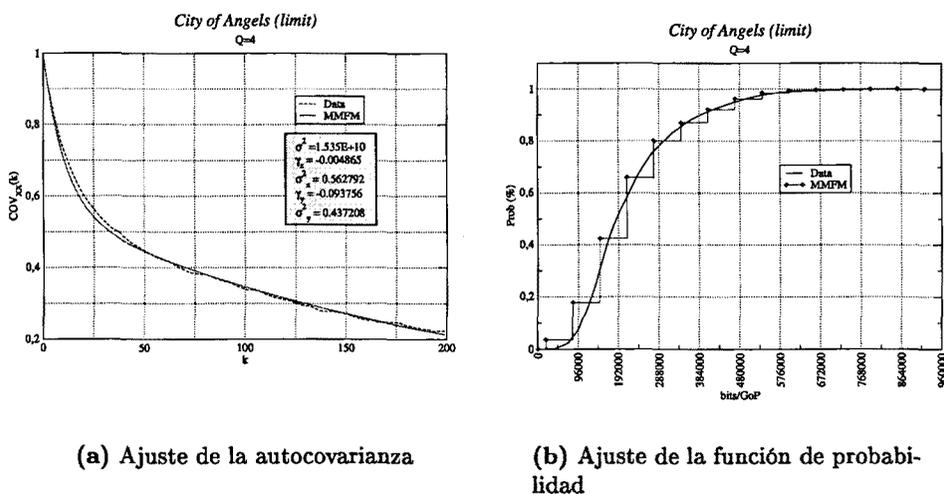


Figura B.7: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

B.3.2. cityofangels Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
720000	19080	154898,81	$7,521 \cdot 10^9$	6

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,396438	0,052128	48058,12	206285,64	6	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8678912	0,9220664	0,9935263	0,9979319
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
225366	307429	431651	513714

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,440869	-0,106843	0,559131	-0,004747

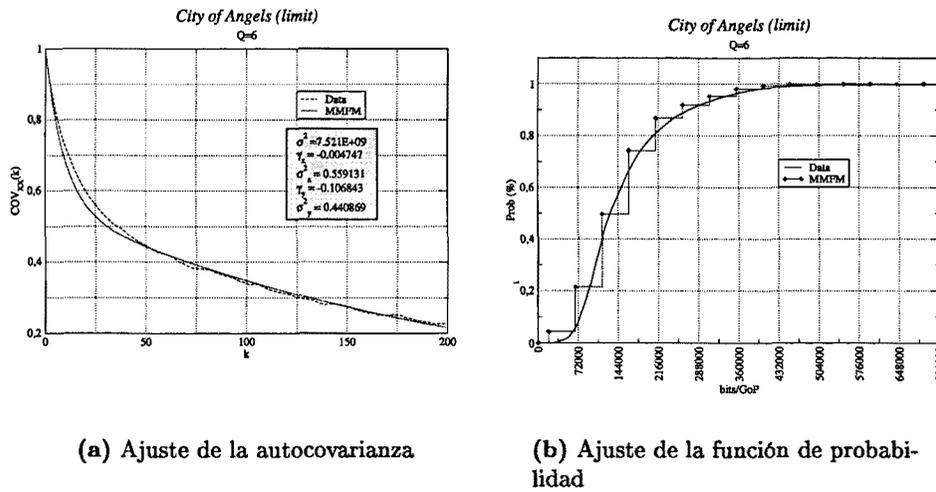


Figura B.8: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2020,61	673,28
Tasa de generación Nivel 0	133392,43	134066,24
Probabilidad Nivel 0	0,8985	0,8846
Tiempo de permanencia Nivel 1	210,66	90,06
Tasa de generación Nivel 1	339678,07	299067,40
Probabilidad Nivel 1	0,0988	0,1085
Tiempo de permanencia Nivel 2	111,12	23,62
Tasa de generación Nivel 2	545963,71	559505,38
Probabilidad Nivel 2	0,0027	0,0069
Valor medio de $q$	0,0521	0,0667
Valor medio de $J$	206285,64	212719,57

B.3.3. cityofangels Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
480000	19080	119427,13	$4,177 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,372185	0,085702	35397,95	124266,16	6	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7259933	0,9302582	0,9706940	0,9970755
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
143346	231468	267612	355734

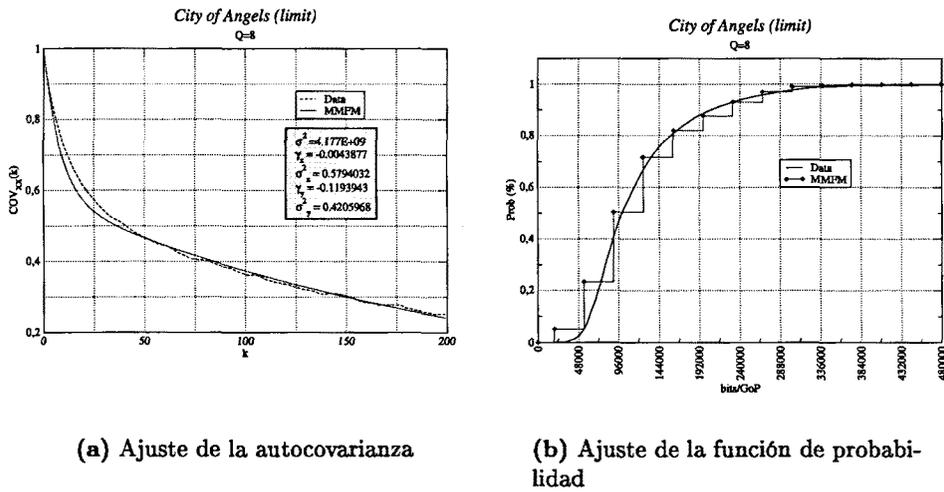


Figura B.9: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,4205968	-0,1193943	0,5794032	-0,0043877

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1329,67	599,74
Tasa de generación Nivel 0	98127,49	101099,68
Probabilidad Nivel 0	0,8359	0,8537
Tiempo de permanencia Nivel 1	227,91	83,80
Tasa de generación Nivel 1	222393,65	214484,28
Probabilidad Nivel 1	0,1567	0,1254
Tiempo de permanencia Nivel 2	124,64	35,81
Tasa de generación Nivel 2	346659,81	297547,06
Probabilidad Nivel 2	0,0073	0,0209
Valor medio de $q$	0,0857	0,0960
Valor medio de $J$	124266,16	98223,69

## B.4. hartswar

### B.4.1. hartswar Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
960000	19080	162880,77	$9,842 \cdot 10^9$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,260450	0,048355	51498,20	238718,10	9	2

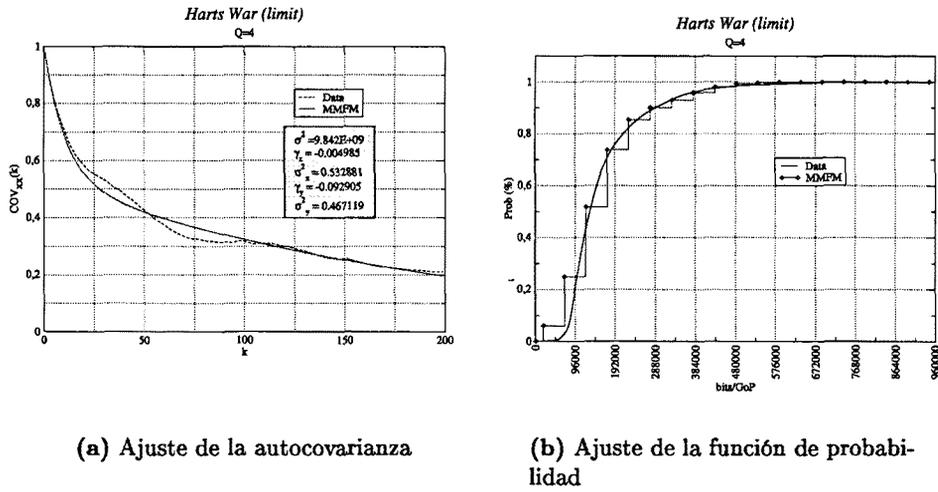


Figura B.10: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia hartswar

Percentiles			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,8694812	0,9845492	0,9861756	0,9974926
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
257798	482564	496516	721282

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,467119	-0,092905	0,532881	-0,004985

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2074,24	1498,53
Tasa de generación Nivel 0	139794,13	151903,62
Probabilidad Nivel 0	0,9056	0,9647
Tiempo de permanencia Nivel 1	200,60	50,50
Tasa de generación Nivel 1	378512,23	428645,23
Probabilidad Nivel 1	0,0920	0,0308
Tiempo de permanencia Nivel 2	105,40	33,00
Tasa de generación Nivel 2	617230,33	700468,49
Probabilidad Nivel 2	0,0023	0,0045
Valor medio de <i>q</i>	0,0484	0,0334
Valor medio de <i>J</i>	238718,10	274282,44

#### B.4.2. hartswar Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	<i>Q</i>
720000	19080	114427,58	$4,297 \cdot 10^9$	6

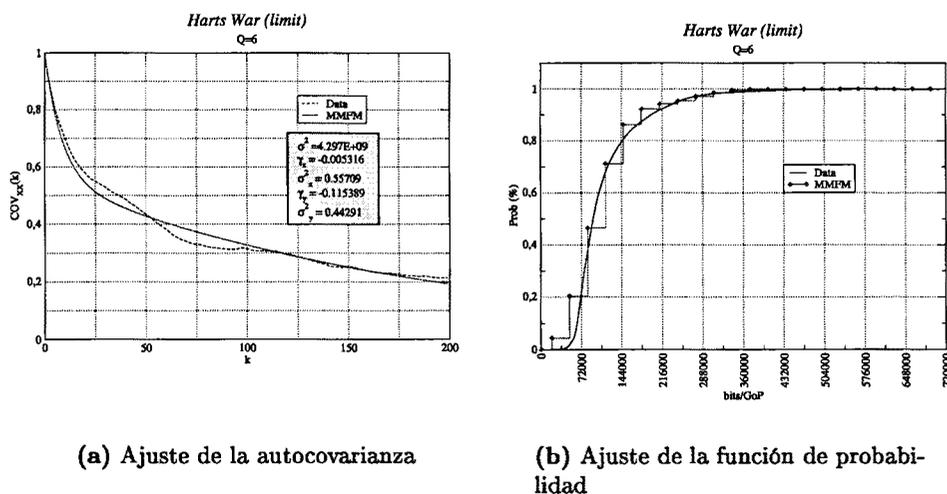


Figura B.11: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia hartswar

<i>Parámetros del modelo</i>					
<i>p</i>	<i>q</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0,288705	0,029035	32090,47	206052,89	9	2

<i>Percentiles</i>			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,9422260	0,9705857	0,9990062	0,9995726
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
225133	307894	431186	513947

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,442910	-0,115389	0,557090	-0,005316

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	3239,42	1781,25
Tasa de generación Nivel 0	102462,18	107223,81
Probabilidad Nivel 0	0,9428	0,9657
Tiempo de permanencia Nivel 1	188,11	57,88
Tasa de generación Nivel 1	308515,07	296404,78
Probabilidad Nivel 1	0,0564	0,0314
Tiempo de permanencia Nivel 2	96,87	21,75
Tasa de generación Nivel 2	514567,95	537378,97
Probabilidad Nivel 2	0,0008	0,0029
Valor medio de <i>q</i>	0,0290	0,0292
Valor medio de <i>J</i>	206052,89	215077,58

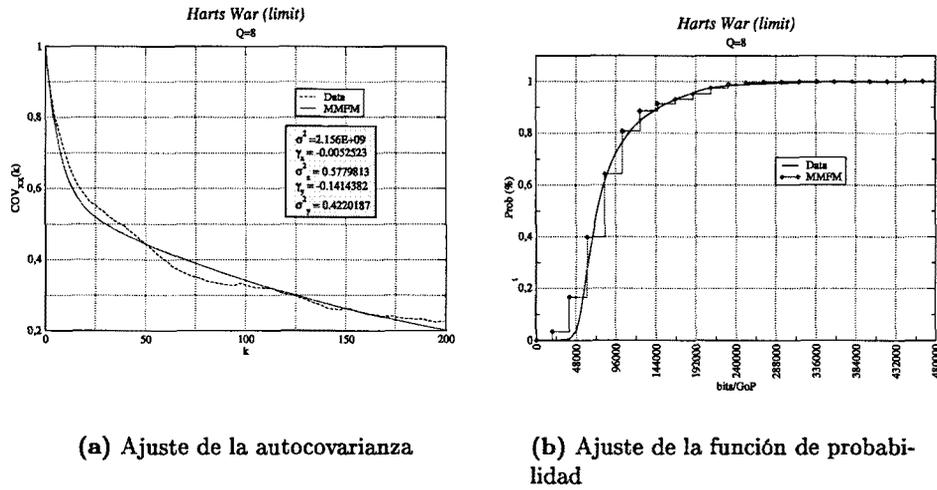


Figura B.12: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia hartswar

B.4.3. hartswar Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	Q
480000	19080	89181,17	$2,156 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
p	q	A	J	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
0,281111	0,042040	21217,17	124374,16	10	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,8886744	0,9885844	0,9954909	0,9997883
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
143454	231252	267828	355626

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,4220187	-0,1414382	0,5779813	-0,0052523

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2264,44	1778,00
Tasa de generación Nivel 0	78723,88	84079,25
Probabilidad Nivel 0	0,9177	0,9639
Tiempo de permanencia Nivel 1	190,39	58,75
Tasa de generación Nivel 1	203098,04	210264,51
Probabilidad Nivel 1	0,0805	0,0319
Tiempo de permanencia Nivel 2	99,37	31,25
Tasa de generación Nivel 2	327472,20	339749,28
Probabilidad Nivel 2	0,0018	0,0042
Valor medio de $q$	0,0420	0,0332
Valor medio de $J$	124374,16	127835,01

## B.5. laboda

### B.5.1. laboda Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
960000	19080	258503,84	$1,050 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,487555	0,035370	56985,30	242518,78	8	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,6171397	0,9570713	0,9674457	0,9974958
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
261599	474962	504118	717481

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,617914	-0,074292	0,382086	-0,005175

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2731,63	514,95
Tasa de generación Nivel 0	241347,93	235169,40
Probabilidad Nivel 0	0,9305	0,8802
Tiempo de permanencia Nivel 1	193,24	69,95
Tasa de generación Nivel 1	483866,72	420898,49
Probabilidad Nivel 1	0,0682	0,1168
Tiempo de permanencia Nivel 2	100,16	19,25
Tasa de generación Nivel 2	726385,50	772517,31
Probabilidad Nivel 2	0,0013	0,0031
Valor medio de $q$	0,0354	0,0598
Valor medio de $J$	242518,78	268673,96

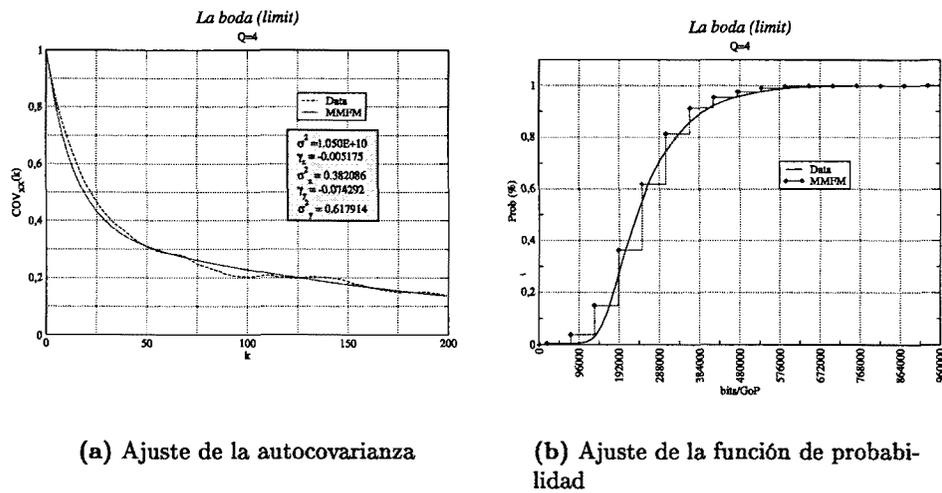


Figura B.13: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

### B.5.2. laboda Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
720000	19080	173176,27	$4,904 \cdot 10^9$	6

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,469022	0,026130	38322,42	197170,33	8	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8467069	0,9580429	0,9938460	0,9994462
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
216250	325659	413421	522830

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,596584	-0,095161	0,403416	-0,005087

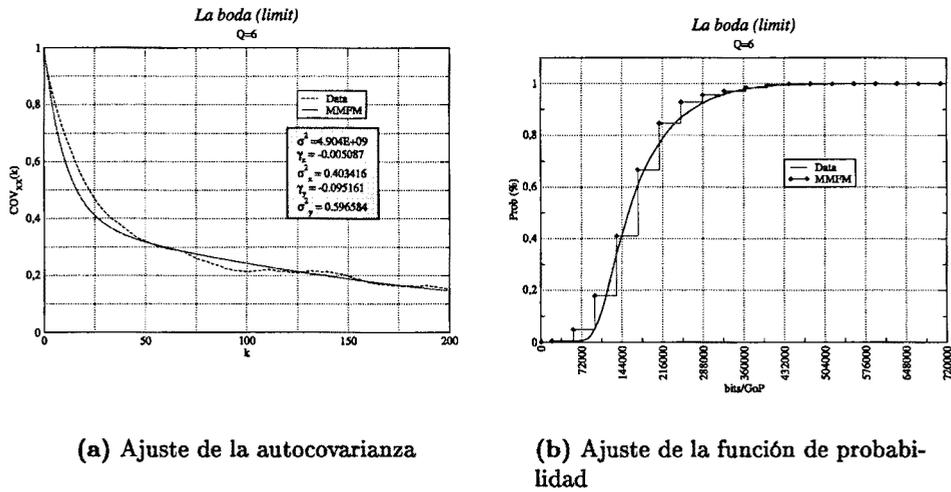


Figura B.14: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	3761,62	554,83
Tasa de generación Nivel 0	162872,30	158424,86
Probabilidad Nivel 0	0,9484	0,9042
Tiempo de permanencia Nivel 1	196,58	58,48
Tasa de generación Nivel 1	360042,63	305762,43
Probabilidad Nivel 1	0,0509	0,0930
Tiempo de permanencia Nivel 2	100,93	17,75
Tasa de generación Nivel 2	557212,96	531570,25
Probabilidad Nivel 2	0,0007	0,0028
Valor medio de $q$	0,0261	0,0504
Valor medio de $J$	197170,33	186572,70

B.5.3. laboda Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
480000	19080	129362,97	$2,649 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,461552	0,041607	27118,28	121986,86	8	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,6592534	0,9544131	0,9757211	0,9990477
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
141067	236026	263054	358013

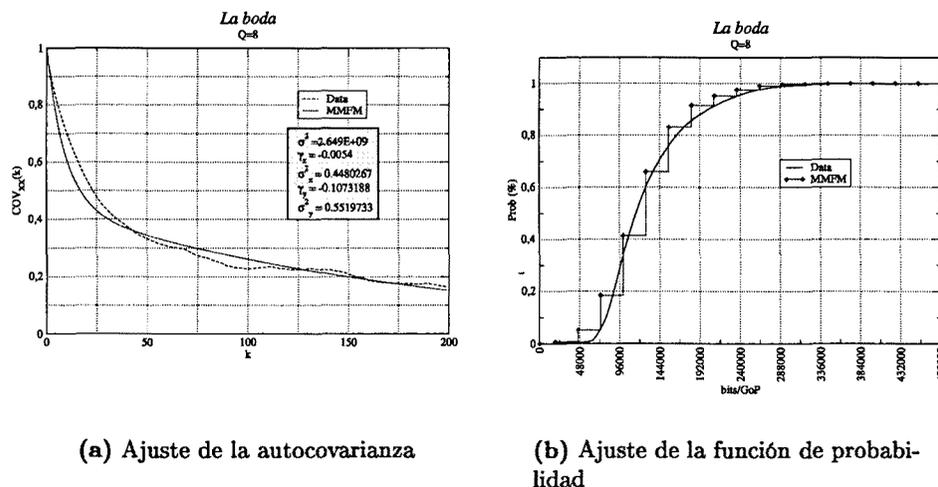


Figura B.15: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,5519733	-0,1073188	0,4480267	-0,0054

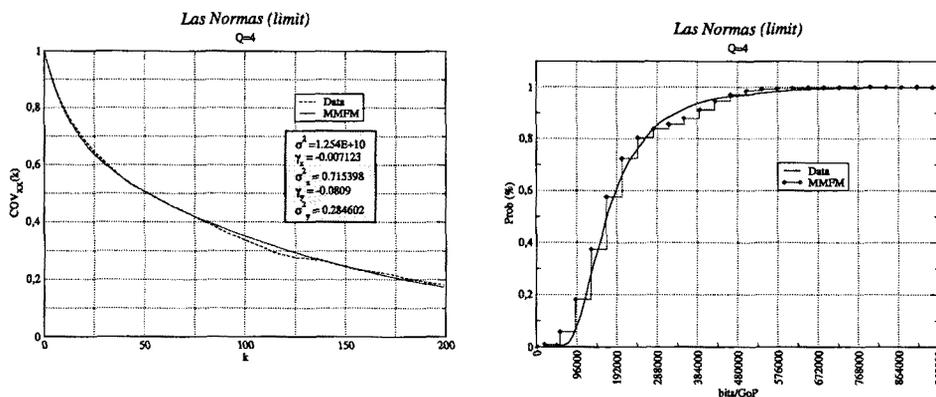
	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2225,42	448,98
Tasa de generación Nivel 0	119212,00	116541,72
Probabilidad Nivel 0	0,9185	0,8745
Tiempo de permanencia Nivel 1	185,19	65,45
Tasa de generación Nivel 1	241198,86	214761,83
Probabilidad Nivel 1	0,0798	0,1223
Tiempo de permanencia Nivel 2	96,61	20,50
Tasa de generación Nivel 2	363185,72	365712,52
Probabilidad Nivel 2	0,0017	0,0033
Valor medio de $q$	0,0416	0,0625
Valor medio de $J$	121986,86	124585,40

## B.6. lasnormas

### B.6.1. lasnormas Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	Q
960000	19080	199332,02	$1,254 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	A	J	$S_1$	$S_2$
0,316893	0,079193	37069,81	248041,13	12	2



(a) Ajuste de la autocovarianza

(b) Ajuste de la función de probabilidad

Figura B.16: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia lasnormas

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8155566	0,9636702	0,9728858	0,9948433
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
267121	463918	515162	711959

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,284602	-0,080900	0,715398	-0,007123

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	886,38	1077,88
Tasa de generación Nivel 0	160045,78	178825,47
Probabilidad Nivel 0	0,8479	0,9324
Tiempo de permanencia Nivel 1	140,39	58,36
Tasa de generación Nivel 1	408086,91	434071,54
Probabilidad Nivel 1	0,1458	0,0544
Tiempo de permanencia Nivel 2	76,23	66,50
Tasa de generación Nivel 2	656128,04	678358,98
Probabilidad Nivel 2	0,0063	0,0133
Valor medio de $q$	0,0792	0,0592
Valor medio de $J$	248041,13	249766,76

B.6.2. lasnormas Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
695585	19080	136945,15	$5,573 \cdot 10^9$	6

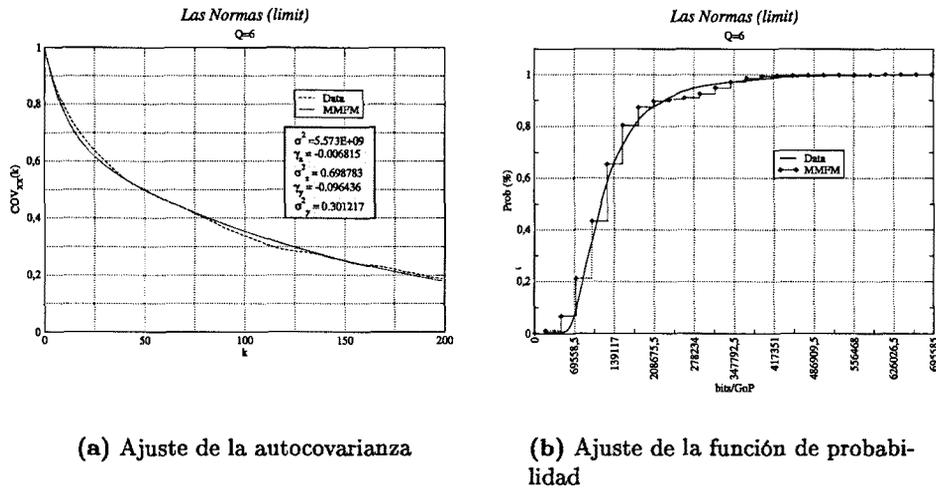


Figura B.17: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia lasnormas

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,362626	0,049470	26950,87	203498,14	10	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8989488	0,9256251	0,9969969	0,9981282
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
222578	288589	426076	492087

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,301217	-0,096436	0,698783	-0,006815

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1483,06	928,10
Tasa de generación Nivel 0	116810,88	122212,85
Probabilidad Nivel 0	0,9035	0,9263
Tiempo de permanencia Nivel 1	146,74	61,94
Tasa de generación Nivel 1	320309,02	304849,64
Probabilidad Nivel 1	0,0940	0,0680
Tiempo de permanencia Nivel 2	77,19	28,50
Tasa de generación Nivel 2	523807,16	528726,63
Probabilidad Nivel 2	0,0024	0,0057
Valor medio de $q$	0,0495	0,0494
Valor medio de $J$	203498,14	203256,89

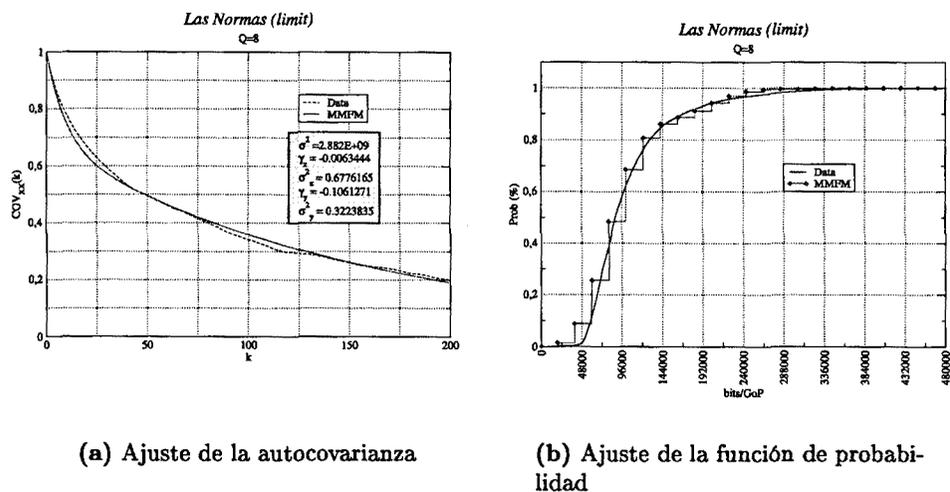


Figura B.18: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia lasnormas

B.6.3. lasnormas Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	Q
480000	19080	103904,33	$2,882 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
p	q	A	J	$S_1$	$S_2$
0,336226	0,063164	20402,29	128448,57	10	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,8614871	0,9429151	0,9936304	0,9982098
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
147529	223103	275977	351551

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,3223835	-0,1061271	0,6776165	-0,0063444

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1247,70	1029,85
Tasa de generación Nivel 0	87677,74	93053,48
Probabilidad Nivel 0	0,8777	0,9251
Tiempo de permanencia Nivel 1	157,62	60,94
Tasa de generación Nivel 1	216126,31	222046,04
Probabilidad Nivel 1	0,1183	0,0649
Tiempo de permanencia Nivel 2	84,12	27,45
Tasa de generación Nivel 2	344574,87	340137,47
Probabilidad Nivel 2	0,0040	0,0100
Valor medio de $q$	0,0632	0,0573
Valor medio de $J$	128448,57	123541,99

## B.7. empalme\_A

Esta secuencia corresponde al empalme de las secuencias floresdeotromundo, hartswar, laboda, lasnormas, elgraduado y cityofangels

### B.7.1. empalme\_A Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
960000	19080	222268,84	$1,302 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,377592	0,068804	49818,15	246278,34	9	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7223286	0,9623045	0,9759224	0,9965340
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
265358	467443	511637	713722

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,403126	-0,084645	0,596874	-0,004096

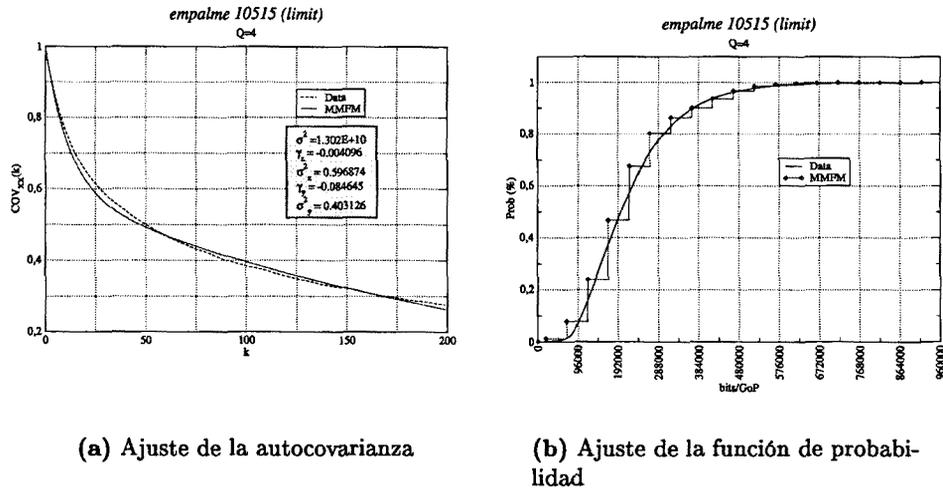


Figura B.19: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia empalme\_A

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1774,18	765,12
Tasa de generación Nivel 0	188378,19	197655,51
Probabilidad Nivel 0	0,8671	0,8950
Tiempo de permanencia Nivel 1	244,14	81,65
Tasa de generación Nivel 1	434656,53	414537,78
Probabilidad Nivel 1	0,1281	0,0980
Tiempo de permanencia Nivel 2	131,09	34,52
Tasa de generación Nivel 2	680934,87	675985,73
Probabilidad Nivel 2	0,0047	0,0070
Valor medio de $q$	0,0688	0,0631
Valor medio de $J$	246278,34	239165,11

B.7.2. empalme\_A Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
480000	19080	116042,85	$3,174 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,357133	0,072631	24794,08	118886,63	9	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,7043124	0,9699403	0,9700392	0,9990296
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
137967	242227	256853	361113

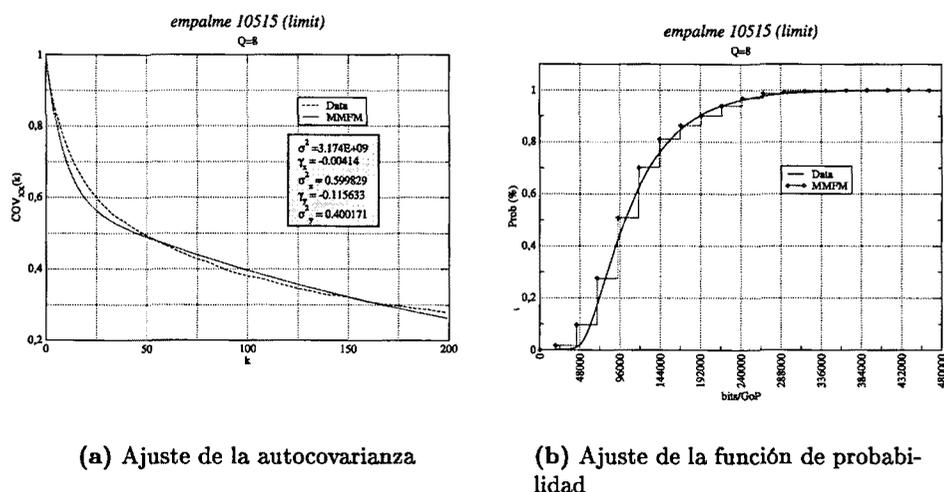


Figura B.20: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia empalme\_A

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,400171	-0,115633	0,599829	-0,004140

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1662,82	742,47
Tasa de generación Nivel 0	98773,10	103423,05
Probabilidad Nivel 0	0,8600	0,8913
Tiempo de permanencia Nivel 1	241,55	78,83
Tasa de generación Nivel 1	217659,72	211275,41
Probabilidad Nivel 1	0,1347	0,1009
Tiempo de permanencia Nivel 2	130,23	26,12
Tasa de generación Nivel 2	336546,35	327838,87
Probabilidad Nivel 2	0,0053	0,0077
Valor medio de $q$	0,0726	0,0657
Valor medio de $J$	118886,63	112207,91

## B.8. embrujo

### B.8.1. embrujo Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
960000	19928	276852,57	$1,541 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,465574	0,073642	68414,22	230586,25	7	2

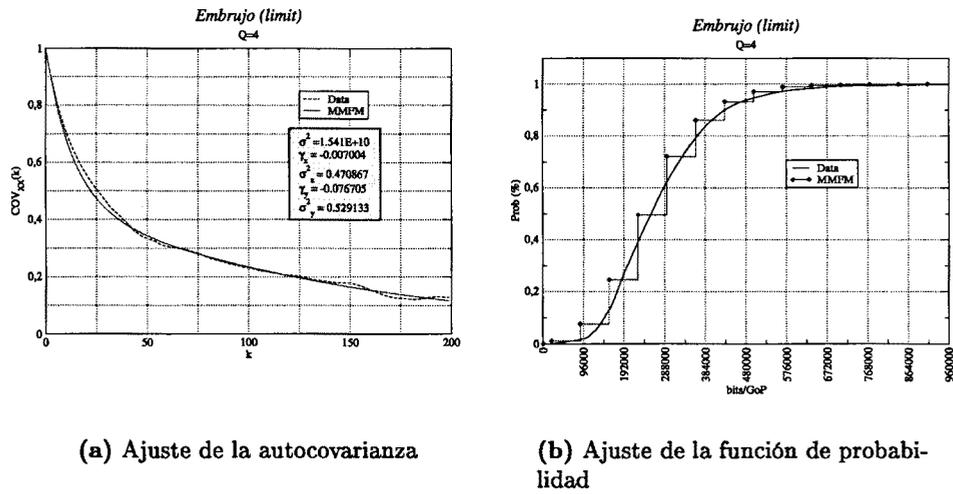


Figura B.21: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia embrujo

<i>Percentiles</i>			
<i>perc<sub>1</sub></i>	<i>perc<sub>2</sub></i>	<i>perc<sub>3</sub></i>	<i>perc<sub>4</sub></i>
0,4813975	0,9469298	0,9387008	0,9934098
<i>thr<sub>1</sub></i>	<i>thr<sub>2</sub></i>	<i>thr<sub>3</sub></i>	<i>thr<sub>4</sub></i>
250514	498828	481100	729414

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,529133	-0,076705	0,470867	-0,007004

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	969,39	399,82
Tasa de generación Nivel 0	242890,96	245132,85
Probabilidad Nivel 0	0,8581	0,8504
Tiempo de permanencia Nivel 1	142,78	61,44
Tasa de generación Nivel 1	473477,21	434806,30
Probabilidad Nivel 1	0,1364	0,1371
Tiempo de permanencia Nivel 2	77,06	27,54
Tasa de generación Nivel 2	704063,46	702936,56
Probabilidad Nivel 2	0,0054	0,0125
Valor medio de $q$	0,0736	0,0879
Valor medio de $J$	230586,25	228901,85

B.8.2. embrujo Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	$Q$
720000	19928	188893,31	$7,206 \cdot 10^9$	6

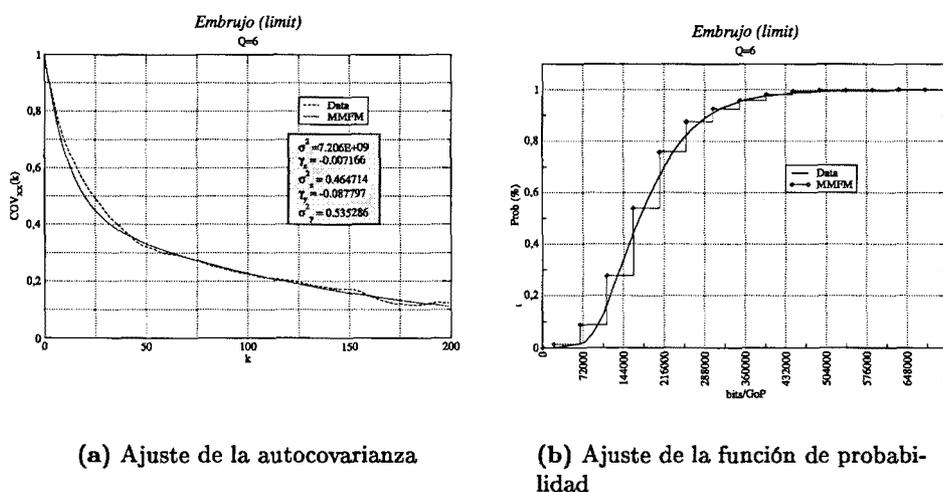


Figura B.22: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia embrujo

<i>Parámetros del modelo</i>					
<i>p</i>	<i>q</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0,454141	0,051572	47147,54	185019,60	7	2

<i>Percentiles</i>			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,5406505	0,9581588	0,9581972	0,9989348
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
204948	349961	389967	534980

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,535286	-0,087797	0,464714	-0,007166

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1352,93	525,47
Tasa de generación Nivel 0	169809,49	171316,61
Probabilidad Nivel 0	0,8995	0,8978
Tiempo de permanencia Nivel 1	139,55	56,35
Tasa de generación Nivel 1	354829,10	326783,71
Probabilidad Nivel 1	0,0978	0,0943
Tiempo de permanencia Nivel 2	73,57	22,60
Tasa de generación Nivel 2	539848,70	540978,93
Probabilidad Nivel 2	0,0027	0,0079
Valor medio de <i>q</i>	0,0516	0,0636
Valor medio de <i>J</i>	185019,60	184831,16

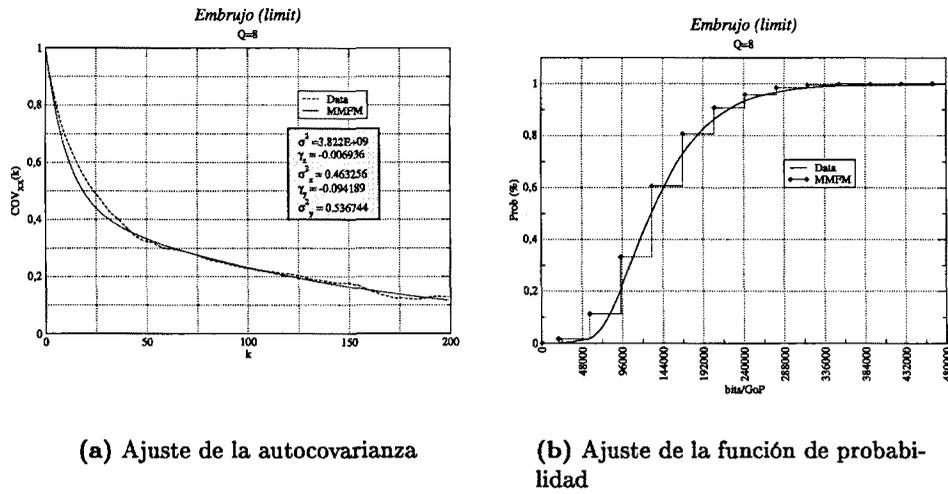


Figura B.23: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia embrujo

B.8.3. embrujo Q 8

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
480000	19928	142419,11	$3,822 \cdot 10^9$	8

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,479825	0,066985	37009,12	119008,64	6	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,6059832	0,9183023	0,9572622	0,9972282
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
138937	241983	257945	360991

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,536744	-0,094189	0,463256	-0,006936

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1076,17	328,67
Tasa de generación Nivel 0	126475,45	124735,43
Probabilidad Nivel 0	0,8705	0,8366
Tiempo de permanencia Nivel 1	144,18	56,18
Tasa de generación Nivel 1	245484,09	220788,99
Probabilidad Nivel 1	0,1250	0,1489
Tiempo de permanencia Nivel 2	77,26	27,73
Tasa de generación Nivel 2	364492,74	357912,04
Probabilidad Nivel 2	0,0045	0,0145
Valor medio de $q$	0,0670	0,0956
Valor medio de $J$	119008,64	116588,30

## B.9. grease

### B.9.1. grease Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
1300000	15805	433242,46	$5,240 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,502184	0,175667	117511,04	348319,91	5	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,4629385	0,7978326	0,8829815	0,9661670
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
364125	603360	712445	951680

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,329410	-0,093370	0,670590	-0,001927

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1477,06	285,58
Tasa de generación Nivel 0	310865,86	306489,27
Probabilidad Nivel 0	0,6795	0,6362
Tiempo de permanencia Nivel 1	518,94	95,17
Tasa de generación Nivel 1	659185,77	596718,23
Probabilidad Nivel 1	0,2896	0,3091
Tiempo de permanencia Nivel 2	314,76	42,62
Tasa de generación Nivel 2	1007505,68	983701,65
Probabilidad Nivel 2	0,0309	0,0547
Valor medio de $q$	0,1757	0,2091
Valor medio de $J$	348319,91	338606,19

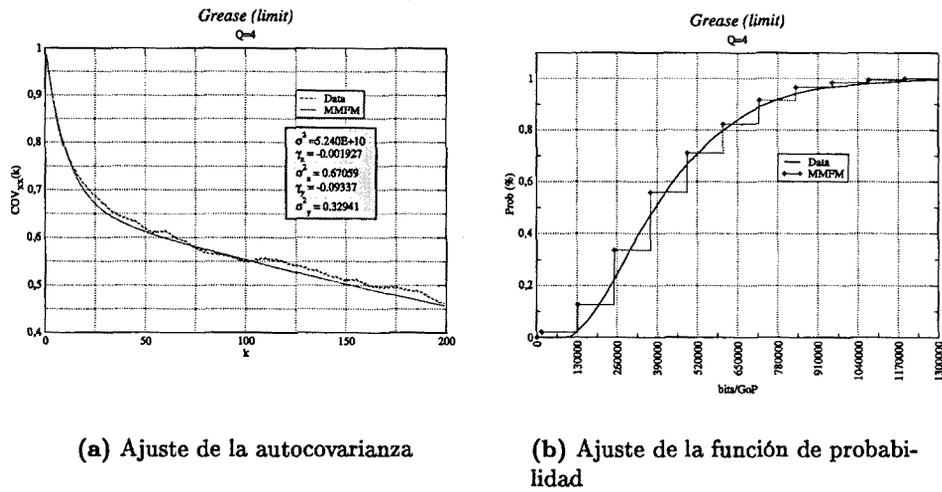


Figura B.24: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia grease

B.9.2. grease Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
975000	15482	278650,89	$2,343 \cdot 10^{10}$	6

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,511137	0,110032	78578,62	283312,44	5	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,6377321	0,8260994	0,9487221	0,9899982
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
298794	408375	582107	691688

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,329191	-0,093546	0,670809	-0,001844

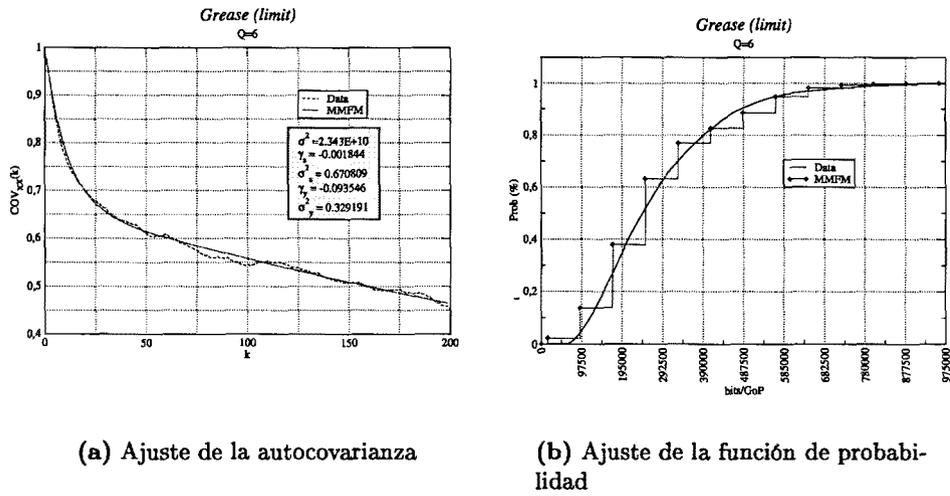


Figura B.25: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia grease

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2464,28	367,76
Tasa de generación Nivel 0	216304,09	204375,63
Probabilidad Nivel 0	0,7920	0,6943
Tiempo de permanencia Nivel 1	542,30	111,32
Tasa de generación Nivel 1	499616,54	417710,35
Probabilidad Nivel 1	0,1958	0,2648
Tiempo de permanencia Nivel 2	304,67	56,95
Tasa de generación Nivel 2	782928,98	639602,34
Probabilidad Nivel 2	0,0121	0,0409
Valor medio de $q$	0,1100	0,1753
Valor medio de $J$	283312,44	217613,36

B.9.3. grease Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
650000	15242	208297,81	$1,264 \cdot 10^{10}$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,470656	0,168889	56899,62	175129,96	5	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,5967503	0,7542831	0,9297187	0,9779321
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
190372	299740	365502	474870

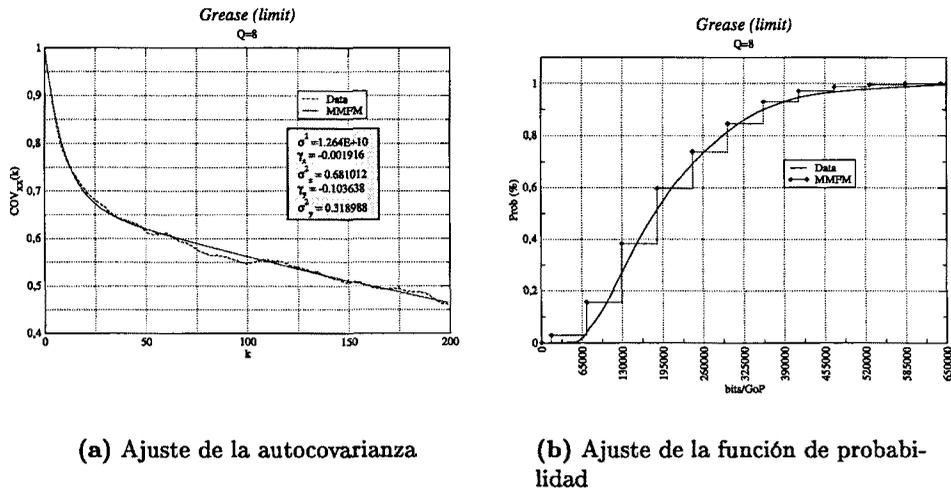


Figura B.26: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia grease

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,318988	-0,103638	0,681012	-0,001916

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1545,16	344,14
Tasa de generación Nivel 0	149142,85	149613,26
Probabilidad Nivel 0	0,6907	0,6627
Tiempo de permanencia Nivel 1	521,92	103,08
Tasa de generación Nivel 1	324272,80	295844,38
Probabilidad Nivel 1	0,2807	0,2880
Tiempo de permanencia Nivel 2	313,99	40,75
Tasa de generación Nivel 2	499402,76	486033,47
Probabilidad Nivel 2	0,0285	0,0492
Valor medio de $q$	0,1689	0,1941
Valor medio de $J$	175129,96	168210,11

## B.10. medianoche

### B.10.1. medianoche Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
960000	19080	286365,23	$1,657 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,467067	0,109593	45924,18	240839,12	10	2

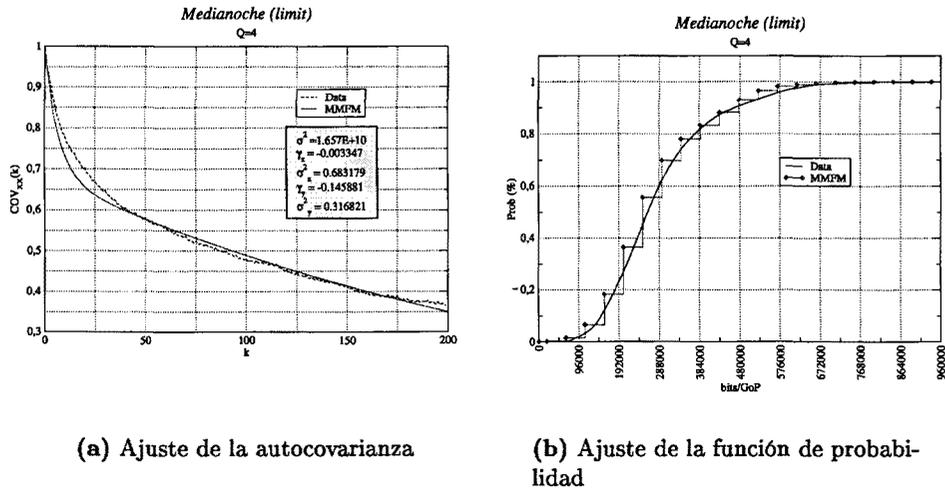


Figura B.27: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia medianoche

Percentiles			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,4980776	0,9062458	0,9193934	0,9947302
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
259919	478322	500758	719161

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,316821	-0,145881	0,683179	-0,003347

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1363,11	449,52
Tasa de generación Nivel 0	233576,61	238869,48
Probabilidad Nivel 0	0,7928	0,7856
Tiempo de permanencia Nivel 1	298,78	86,11
Tasa de generación Nivel 1	474415,74	438610,76
Probabilidad Nivel 1	0,1952	0,1922
Tiempo de permanencia Nivel 2	167,77	41,35
Tasa de generación Nivel 2	715254,86	648734,90
Probabilidad Nivel 2	0,0120	0,0222
Valor medio de <i>q</i>	0,1096	0,1235
Valor medio de <i>J</i>	240839,12	204932,71

B.10.2. medianoche Q 8

Parámetros de la secuencia				
<i>A</i> <sub>max</sub>	<i>A</i> <sub>min</sub>	<i>mean</i>	$\sigma^2$	<i>Q</i>
480000	19080	138013,99	$3,915 \cdot 10^9$	8

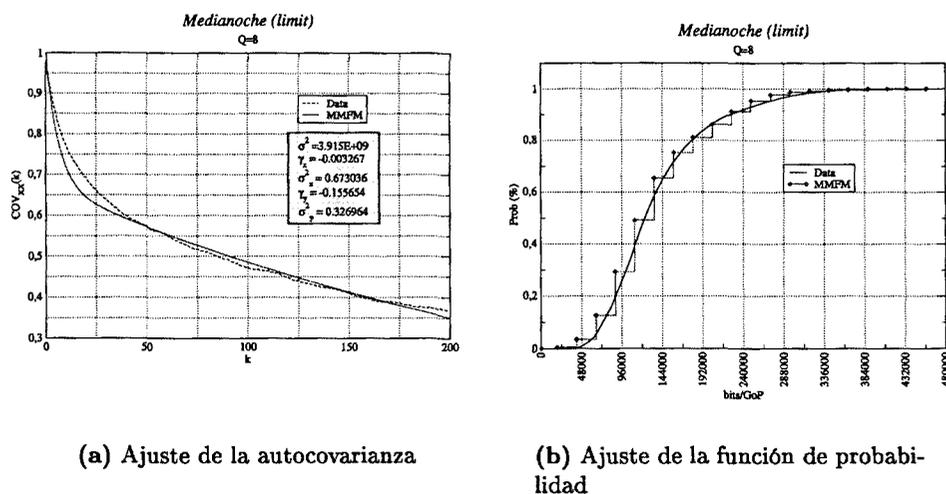


Figura B.28: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia medianoche

<i>Parámetros del modelo</i>					
<i>p</i>	<i>q</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0,404139	0,111809	23055,81	115180,94	10	2

<i>Percentiles</i>			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,4923487	0,9531606	0,9125375	0,9978342
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
134261	249638	249442	364819

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,326964	-0,155654	0,673036	-0,003267

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1368,81	615,88
Tasa de generación Nivel 0	112257,43	118058,72
Probabilidad Nivel 0	0,7889	0,8280
Tiempo de permanencia Nivel 1	306,09	91,82
Tasa de generación Nivel 1	227438,36	219213,34
Probabilidad Nivel 1	0,1986	0,1481
Tiempo de permanencia Nivel 2	172,31	68,46
Tasa de generación Nivel 2	342619,30	325851,36
Probabilidad Nivel 2	0,0125	0,0239
Valor medio de <i>q</i>	0,1118	0,1084
Valor medio de <i>J</i>	115180,94	103896,32

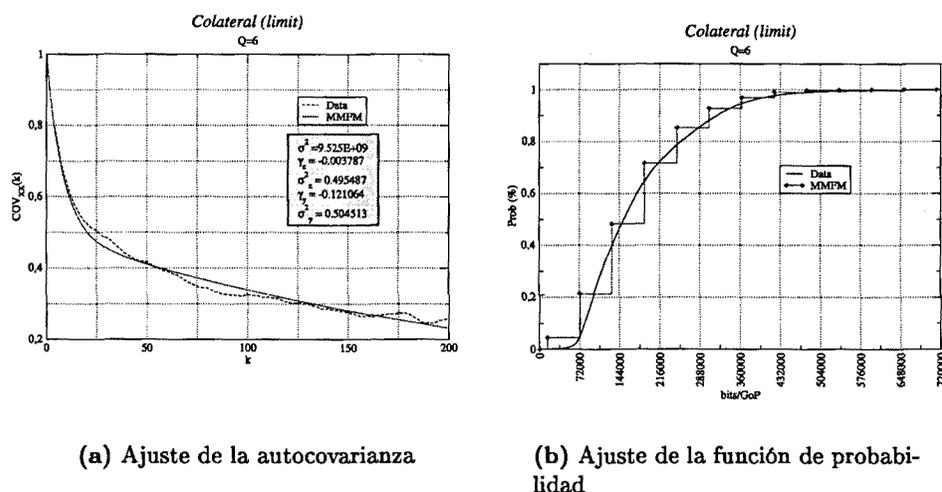


Figura B.29: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia colateral

## B.11. colateral

### B.11.1. colateral Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	Q
720000	14488	178214,97	$9,525 \cdot 10^9$	6

Parámetros del modelo					
p	q	A	J	$S_1$	$S_2$
0,387142	0,080600	58101,22	178452,34	6	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,7162924	0,9299182	0,9698526	0,9972129
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
192940	363095	371393	541548

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,504513	-0,121064	0,495487	-0,003787

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1638,11	450,50
Tasa de generación Nivel 0	149448,60	149229,73
Probabilidad Nivel 0	0,8453	0,8290
Tiempo de permanencia Nivel 1	264,06	84,22
Tasa de generación Nivel 1	327900,94	308654,62
Probabilidad Nivel 1	0,1482	0,1614
Tiempo de permanencia Nivel 2	143,61	19,08
Tasa de generación Nivel 2	506353,28	490696,41
Probabilidad Nivel 2	0,0065	0,0095
Valor medio de $q$	0,0806	0,0919
Valor medio de $J$	178452,34	170733,34

## B.12. la

## B.12.1. la Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
712549	17224	139995,03	$4,820 \cdot 10^9$	6

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,301923	0,047144	29434,22	171057,19	12	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7993500	0,9942203	0,9869428	0,9999113
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
188281	370435	359338	541492

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,454602	-0,122768	0,545398	-0,005391

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1967,31	1385,43
Tasa de generación Nivel 0	123866,34	133352,54
Probabilidad Nivel 0	0,9079	0,9635
Tiempo de permanencia Nivel 1	185,49	45,88
Tasa de generación Nivel 1	294923,53	299958,75
Probabilidad Nivel 1	0,0898	0,0333
Tiempo de permanencia Nivel 2	97,34	17,83
Tasa de generación Nivel 2	465980,72	472172,75
Probabilidad Nivel 2	0,0022	0,0032
Valor medio de $q$	0,0471	0,0307
Valor medio de $J$	171057,19	169410,10

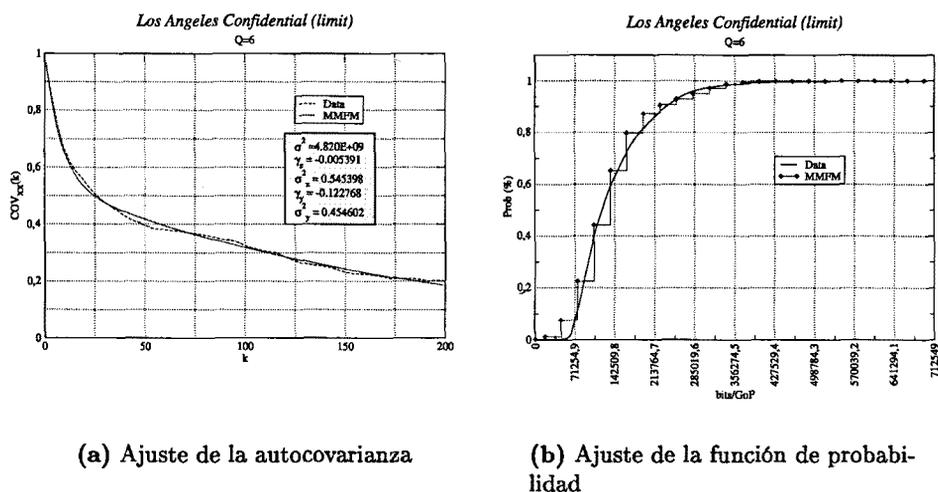


Figura B.30: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia la

B.13. la\_720x320

B.13.1. la\_720x320 Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	$Q$
960000	34552	253492,74	$1,434 \cdot 10^{10}$	6

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,383531	0,082300	59243,93	225748,30	8	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,5354230	0,9708265	0,9373896	0,9989894
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
260300	508503	486049	734252

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,463062	-0,130105	0,536938	-0,005595

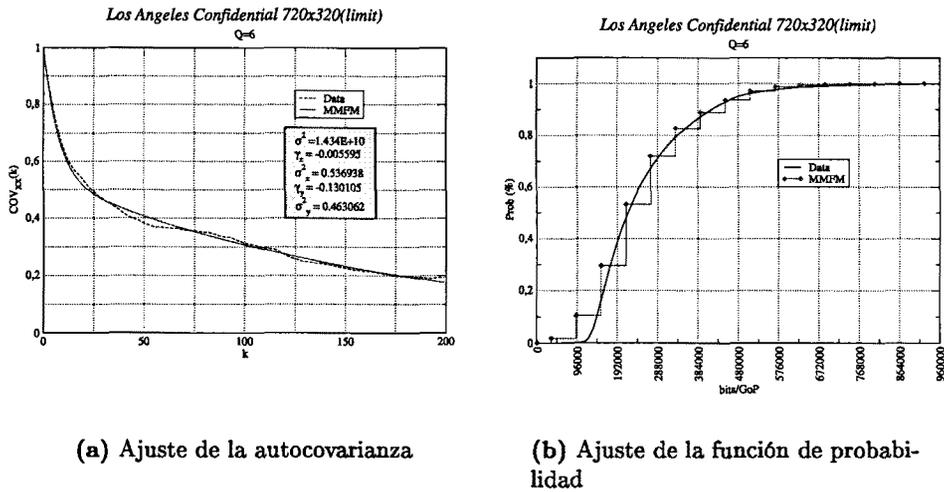


Figura B.31: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia la\_720x320

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1085,85	530,17
Tasa de generación Nivel 0	216327,05	223765,01
Probabilidad Nivel 0	0,8422	0,8656
Tiempo de permanencia Nivel 1	178,73	69,21
Tasa de generación Nivel 1	442075,34	417038,06
Probabilidad Nivel 1	0,1511	0,1172
Tiempo de permanencia Nivel 2	97,38	25,82
Tasa de generación Nivel 2	667823,64	635840,27
Probabilidad Nivel 2	0,0068	0,0172
Valor medio de $q$	0,0823	0,0877
Valor medio de $J$	225748,30	206037,63

B.14. la\_640x288

B.14.1. la\_640x288 Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
720000	28424	208729,76	$1,026 \cdot 10^{10}$	6

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,377689	0,125458	52979,87	160358,45	7	2

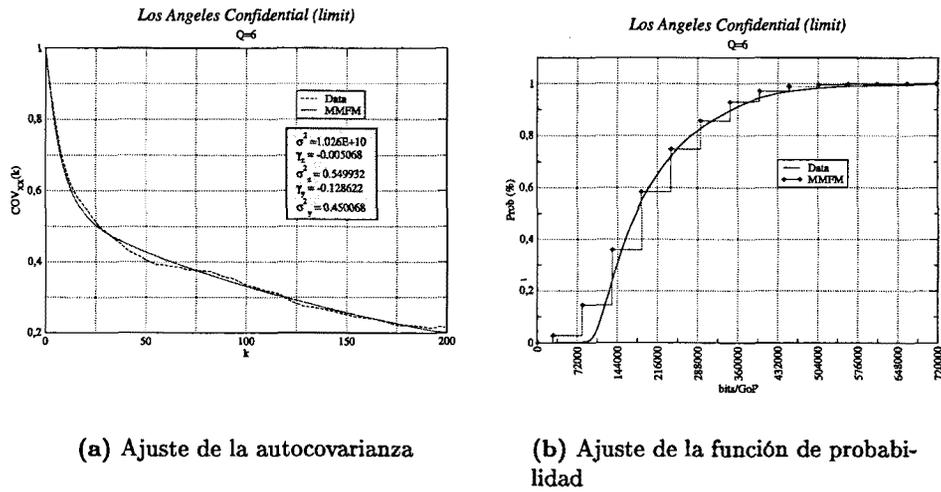


Figura B.32: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia la\_640x288

<i>Percentiles</i>			
<i>perc<sub>1</sub></i>	<i>perc<sub>2</sub></i>	<i>perc<sub>3</sub></i>	<i>perc<sub>4</sub></i>
0,5831648	0,9304336	0,9295951	0,9960984
<i>thr<sub>1</sub></i>	<i>thr<sub>2</sub></i>	<i>thr<sub>3</sub></i>	<i>thr<sub>4</sub></i>
188782	399283	349141	559642

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,450068	-0,128622	0,549932	-0,005068

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	786,39	382,45
Tasa de generación Nivel 0	168493,30	177548,89
Probabilidad Nivel 0	0,7648	0,8210
Tiempo de permanencia Nivel 1	197,32	63,89
Tasa de generación Nivel 1	328851,75	327871,04
Probabilidad Nivel 1	0,2194	0,1545
Tiempo de permanencia Nivel 2	112,81	28,86
Tasa de generación Nivel 2	489210,21	502979,92
Probabilidad Nivel 2	0,0157	0,0244
Valor medio de <i>q</i>	0,1255	0,1115
Valor medio de <i>J</i>	160358,45	162715,51

## B.15. Tablas Comparativas

### B.15.1. Q4

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
floresdeotromundo	816368	20581	236960	8.970E+09	0.500	0.061	42443	206901	9-2
elgraduado	960000	19928	269070	1.283E+10	0.472	0.077	37287	246311	12-2
cityofangels	960000	19080	221476	1.535E+10	0.365	0.078	64336	245283	7-2
hartswar	960000	19080	162881	9.842E+09	0.260	0.048	51498	238718	9-2
laboda	960000	19080	258504	1.050E+10	0.488	0.035	56985	242519	8-2
lasnormas	960000	19080	199332	1.254E+10	0.317	0.079	37070	248041	12-2
empalme_A	960000	19080	222269	1.302E+10	0.378	0.069	49818	246278	9-2
embrujo	960000	19928	276853	1.541E+10	0.466	0.074	68414	230586	7-2
grease	1300000	15805	433242	5.240E+10	0.502	0.176	117511	348320	5-2
medianoche	960000	19080	286365	1.657E+10	0.467	0.110	45924	240839	10-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
floresdeotromundo	0.515	0.943	0.961	0.997	227482	402566	434383	609467
elgraduado	0.553	0.948	0.972	0.996	266239	467378	512550	713689
cityofangels	0.734	0.950	0.968	0.996	264363	469435	509645	714717
hartswar	0.869	0.985	0.986	0.997	257798	482564	496516	721282
laboda	0.617	0.957	0.967	0.997	261599	474962	504118	717481
lasnormas	0.816	0.964	0.973	0.995	267121	463918	515162	711959
empalme_A	0.722	0.962	0.976	0.997	265358	467443	511637	713722
embrujo	0.481	0.947	0.939	0.993	250514	498828	481100	729414
grease	0.463	0.798	0.883	0.966	364125	603360	712445	951680
medianoche	0.498	0.906	0.919	0.995	259919	478322	500758	719161

### B.15.2. Q6

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
floresdeotromundo	578671	19928	160036	4.079E+09	0.418	0.066	26664	132718	11-2
elgraduado	720000	19928	185460	6.096E+09	0.411	0.068	24536	178283	14-2
cityofangels	720000	19080	154899	7.521E+09	0.396	0.052	48058	206286	6-2
hartswar	720000	19080	114428	4.297E+09	0.289	0.029	32090	206053	9-2
laboda	720000	19080	173176	4.904E+09	0.469	0.026	38322	197170	8-2
lasnormas	695585	19080	136945	5.573E+09	0.363	0.049	26951	203498	10-2
embrujo	720000	19928	188893	7.206E+09	0.454	0.052	47148	185020	7-2
grease	975000	15482	278651	2.343E+10	0.511	0.110	78579	283312	5-2
colateral	720000	14488	178215	9.525E+09	0.387	0.081	58101	178452	6-2
la	712549	17224	139995	4.820E+09	0.302	0.047	29434	171057	12-2
la_720x320	960000	34552	253493	1.434E+10	0.384	0.082	59244	225748	8-2
la_640x288	720000	28424	208730	1.026E+10	0.378	0.125	52980	160358	7-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
floresdeotromundo	0.422	0.981	0.931	0.999	152646	313236	285363	445953
elgraduado	0.629	0.975	0.980	0.998	198211	363433	376495	541717
cityofangels	0.868	0.922	0.994	0.998	225366	307429	431651	513714
hartswar	0.942	0.971	0.999	1.000	225133	307894	431186	513947
laboda	0.847	0.958	0.994	0.999	216250	325659	413421	522830
lasnormas	0.899	0.926	0.997	0.998	222578	288589	426076	492087
embrujo	0.541	0.958	0.958	0.999	204948	349961	389967	534980
grease	0.638	0.826	0.949	0.990	298794	408375	582107	691688
colateral	0.716	0.930	0.970	0.997	192940	363095	371393	541548
la	0.799	0.994	0.987	1.000	188281	370435	359338	541492
la_720x320	0.535	0.971	0.937	0.999	260300	508503	486049	734252
la_640x288	0.583	0.930	0.930	0.996	188782	399283	349141	559642

## B.15.3. Q8

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
floresdeotromundo	432468	19928	119752	2.174E+09	0.433	0.056	20335	104594	10-2
elgraduado	480000	19928	141201	3.282E+09	0.472	0.077	21720	121434	10-2
cityofangels	480000	19080	119427	4.177E+09	0.372	0.086	35398	124266	6-2
hartswar	480000	19080	89181	2.156E+09	0.281	0.042	21217	124374	10-2
laboda	480000	19080	129363	2.649E+09	0.462	0.042	27118	121987	8-2
lasnormas	480000	19080	103904	2.882E+09	0.336	0.063	20402	128449	10-2
empalme_A	480000	19080	116043	3.174E+09	0.357	0.073	24794	118887	9-2
embrujo	480000	19928	142419	3.822E+09	0.480	0.067	37009	119009	6-2
grease	650000	15242	208298	1.264E+10	0.471	0.169	56900	175130	5-2
medianoche	480000	19080	138014	3.915E+09	0.404	0.112	23056	115181	10-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
floresdeotromundo	0.689	0.949	0.973	0.999	124522	223281	229115	327874
elgraduado	0.588	0.915	0.950	0.997	141362	237133	262795	358566
cityofangels	0.726	0.930	0.971	0.997	143346	231468	267612	355734
hartswar	0.889	0.989	0.995	1.000	143454	231252	267828	355626
laboda	0.659	0.954	0.976	0.999	141067	236026	263054	358013
lasnormas	0.861	0.943	0.994	0.998	147529	223103	275977	351551
empalme_A	0.704	0.970	0.970	0.999	137967	242227	256853	361113
embrujo	0.606	0.918	0.957	0.997	138937	241983	257945	360991
grease	0.597	0.754	0.930	0.978	190372	299740	365502	474870
medianoche	0.492	0.953	0.913	0.998	134261	249638	249442	364819

# APÉNDICE C

## Ajustes VBR mejorado

### C.1. empalme\_B

Corresponde al empalme de las secuencias cityofangels, elgraduado, floresdeotromundo, hartswar, laboda y lasnormas.

#### C.1.1. empalme\_B Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
600000	1240	98082,45	$9,804 \cdot 10^9$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,204300	0,124774	92769,90	160225,15	3	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8058411	0,9390830	0,9598175	0,9874411
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
161465	279550	321690	439775

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,428096	-0,072881	0,571904	-0,004371

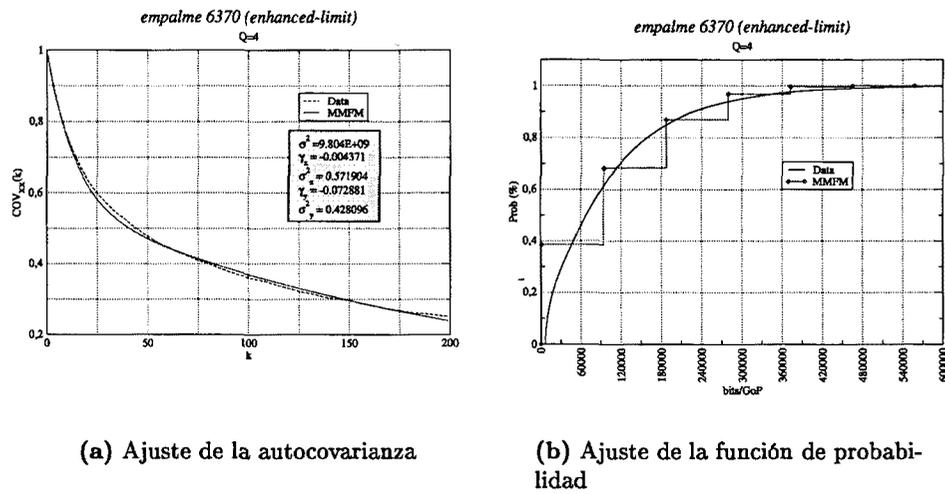


Figura C.1: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia empalme\_B

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	916,78	598,36
Tasa de generación Nivel 0	58098,66	72844,93
Probabilidad Nivel 0	0,7660	0,8841
Tiempo de permanencia Nivel 1	228,78	56,23
Tasa de generación Nivel 1	218323,81	259378,92
Probabilidad Nivel 1	0,2184	0,0900
Tiempo de permanencia Nivel 2	130,70	35,07
Tasa de generación Nivel 2	378548,96	398963,06
Probabilidad Nivel 2	0,0156	0,0259
Valor medio de $q$	0,1248	0,0893
Valor medio de $J$	160225,15	163059,07

### C.1.2. empalme\_B Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
240000	1240	24395,47	$9,776 \cdot 10^8$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,135614	0,065330	35841,67	65617,49	3	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,9193703	0,9683318	0,9805152	0,9920091
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
66857	108765	132475	174383

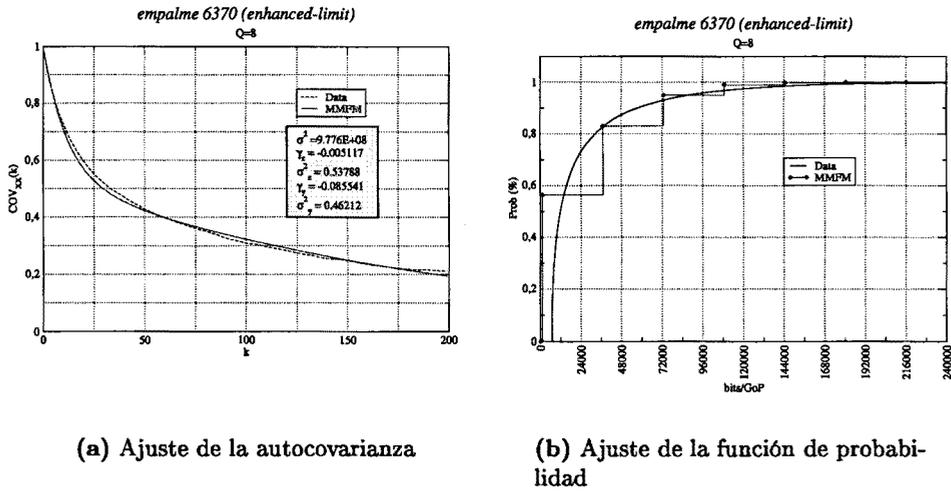


Figura C.2: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia empalme\_B

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,462120	-0,085541	0,537880	-0,005117

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1495,69	1139,90
Tasa de generación Nivel 0	15821,89	19272,98
Probabilidad Nivel 0	0,8736	0,9474
Tiempo de permanencia Nivel 1	195,43	49,30
Tasa de generación Nivel 1	81439,38	100220,01
Probabilidad Nivel 1	0,1221	0,0392
Tiempo de permanencia Nivel 2	104,54	35,87
Tasa de generación Nivel 2	147056,88	164265,64
Probabilidad Nivel 2	0,0043	0,0135
Valor medio de $q$	0,0653	0,0542
Valor medio de $J$	65617,49	72496,33

## C.2. cityofangels

### C.2.1. cityofangels Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
600000	6039	97507,07	$1,133 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,191146	0,125104	129925,28	167055,22	2	2

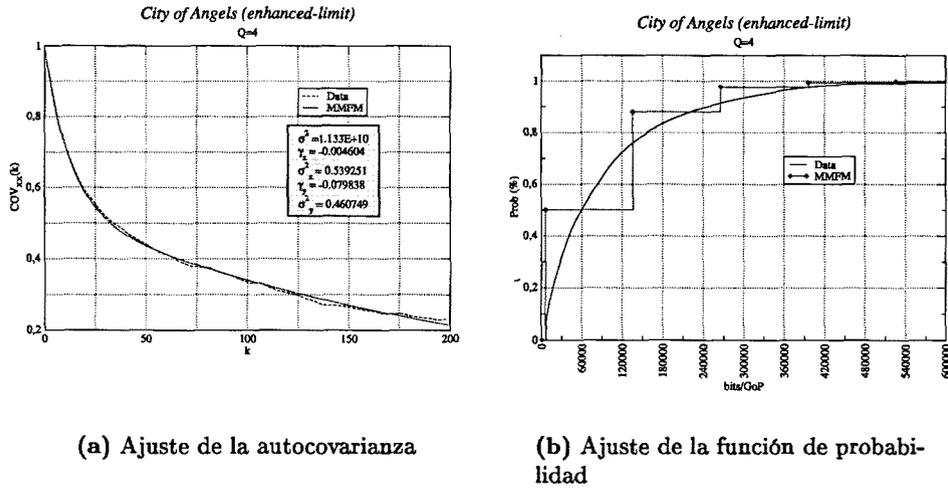


Figura C.3: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

<i>Percentiles</i>			
<i>perc<sub>1</sub></i>	<i>perc<sub>2</sub></i>	<i>perc<sub>3</sub></i>	<i>perc<sub>4</sub></i>
0,8249936	0,9143034	0,9550349	0,9844155
<i>thr<sub>1</sub></i>	<i>thr<sub>2</sub></i>	<i>thr<sub>3</sub></i>	<i>thr<sub>4</sub></i>
173094	265890	340149	432945

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,460749	-0,079838	0,539251	-0,004604

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	868,08	508,28
Tasa de generación Nivel 0	55708,37	65799,40
Probabilidad Nivel 0	0,7654	0,8534
Tiempo de permanencia Nivel 1	217,20	63,16
Tasa de generación Nivel 1	222763,59	248910,45
Probabilidad Nivel 1	0,2189	0,1176
Tiempo de permanencia Nivel 2	124,13	29,52
Tasa de generación Nivel 2	389818,80	415808,95
Probabilidad Nivel 2	0,0157	0,0291
Valor medio de $q$	0,1251	0,1032
Valor medio de $J$	167055,22	175004,77

C.2.2. cityofangels Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
600000	6039	46952,89	$4,148 \cdot 10^9$	6

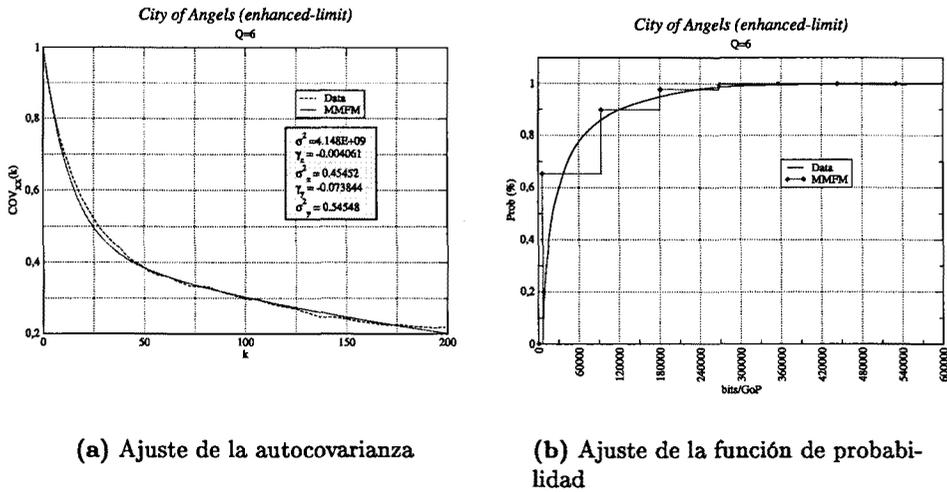


Figura C.4: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,111145	0,035501	87373,30	165920,55	3	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,9429176	0,9859484	0,9934304	0,9969707
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
171960	268159	337880	434079

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,545480	-0,073844	0,454520	-0,004061

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	3468,14	1666,31
Tasa de generación Nivel 0	35172,21	40229,16
Probabilidad Nivel 0	0,9303	0,9731
Tiempo de permanencia Nivel 1	246,24	51,33
Tasa de generación Nivel 1	201092,76	254124,90
Probabilidad Nivel 1	0,0685	0,0225
Tiempo de permanencia Nivel 2	127,65	24,40
Tasa de generación Nivel 2	367013,31	470258,71
Probabilidad Nivel 2	0,0013	0,0045
Valor medio de $q$	0,0355	0,0306
Valor medio de $J$	165920,55	215014,77

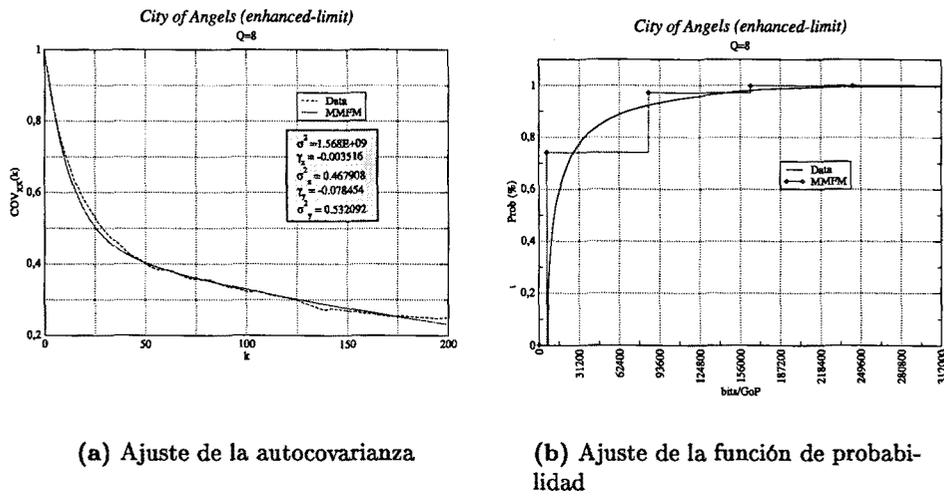


Figura C.5: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia cityofangels

C.2.3. cityofangels Q 8

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
312000	6039	27900,72	$1,568 \cdot 10^9$	8

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,072135	0,072139	78948,28	74032,22	2	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,9171868	0,9805467	0,9762035	0,9949268
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
80071	163936	154103	237968

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,532092	-0,078454	0,467908	-0,003516

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1971,30	2031,38
Tasa de generación Nivel 0	17428,93	22586,21
Probabilidad Nivel 0	0,8609	0,9638
Tiempo de permanencia Nivel 1	284,41	101,12
Tasa de generación Nivel 1	91461,15	150107,45
Probabilidad Nivel 1	0,1339	0,0295
Tiempo de permanencia Nivel 2	153,26	26,00
Tasa de generación Nivel 2	165493,36	255815,47
Probabilidad Nivel 2	0,0052	0,0066
Valor medio de $q$	0,0721	0,0382
Valor medio de $J$	74032,22	116614,63

### C.3. floresdeotromundo

#### C.3.1. floresdeotromundo Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
600000	6247	108932,69	$7,045 \cdot 10^9$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,267647	0,088523	55966,66	156959,85	5	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7917050	0,9570840	0,9713760	0,9952360
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
163207	286080	320167	443040

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,435715	-0,087058	0,564285	-0,004056

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1392,57	721,16
Tasa de generación Nivel 0	81143,65	90407,96
Probabilidad Nivel 0	0,8308	0,8950
Tiempo de permanencia Nivel 1	246,55	61,76
Tasa de generación Nivel 1	238103,50	252067,35
Probabilidad Nivel 1	0,1614	0,0915
Tiempo de permanencia Nivel 2	135,25	28,17
Tasa de generación Nivel 2	395063,35	366554,52
Probabilidad Nivel 2	0,0078	0,0135
Valor medio de $q$	0,0885	0,0728
Valor medio de $J$	156959,85	138073,28

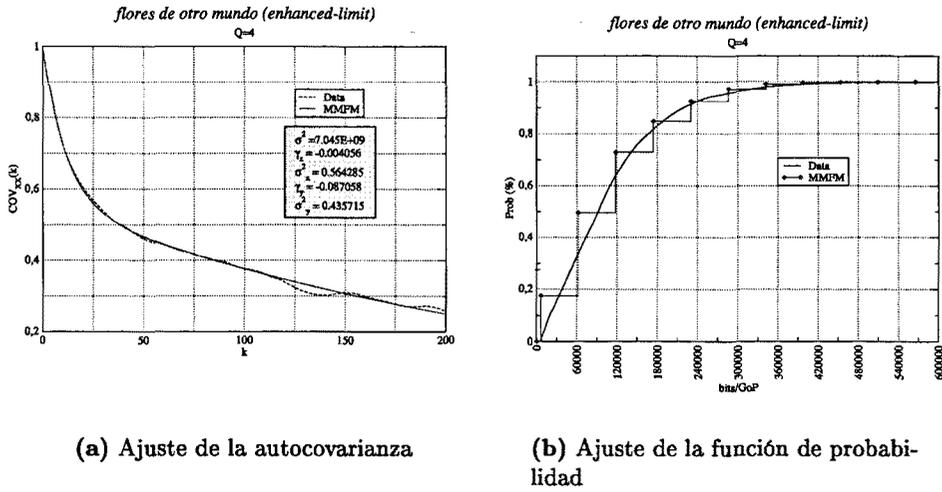


Figura C.6: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

C.3.2. floresdeotromundo Q 6

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	Q
240000	6071	44349,64	$1,785 \cdot 10^9$	6

Parámetros del modelo					
p	q	A	J	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
0,238140	0,113114	47261,97	69702,53	2	2

Percentiles			
perc <sub>1</sub>	perc <sub>2</sub>	perc <sub>3</sub>	perc <sub>4</sub>
0,8307378	0,9067617	0,9606069	0,9759798
thr <sub>1</sub>	thr <sub>2</sub>	thr <sub>3</sub>	thr <sub>4</sub>
75774	100595	145476	170297

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,453992	-0,098030	0,546008	-0,004221

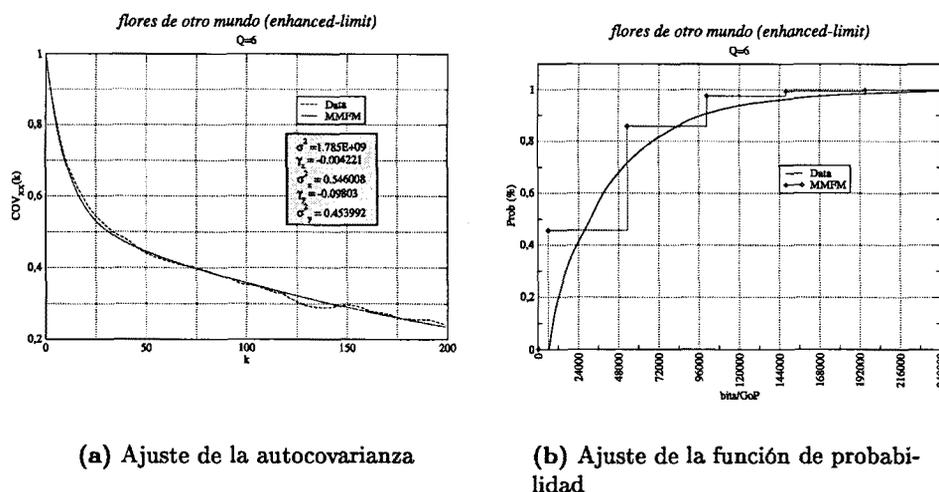


Figura C.7: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1047,22	581,50
Tasa de generación Nivel 0	28580,94	31936,79
Probabilidad Nivel 0	0,7866	0,8381
Tiempo de permanencia Nivel 1	236,91	75,92
Tasa de generación Nivel 1	98283,46	91344,99
Probabilidad Nivel 1	0,2006	0,1155
Tiempo de permanencia Nivel 2	133,56	52,73
Tasa de generación Nivel 2	167985,99	151478,00
Probabilidad Nivel 2	0,0128	0,0464
Valor medio de $q$	0,1131	0,1205
Valor medio de $J$	69702,53	59770,60

### C.3.3. floresdeotromundo Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
240000	6039	23624,52	$5,915 \cdot 10^8$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,126195	0,036435	25237,12	66506,26	4	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,9507987	0,9816646	0,9935146	0,9977581
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
72545	106987	139052	173494

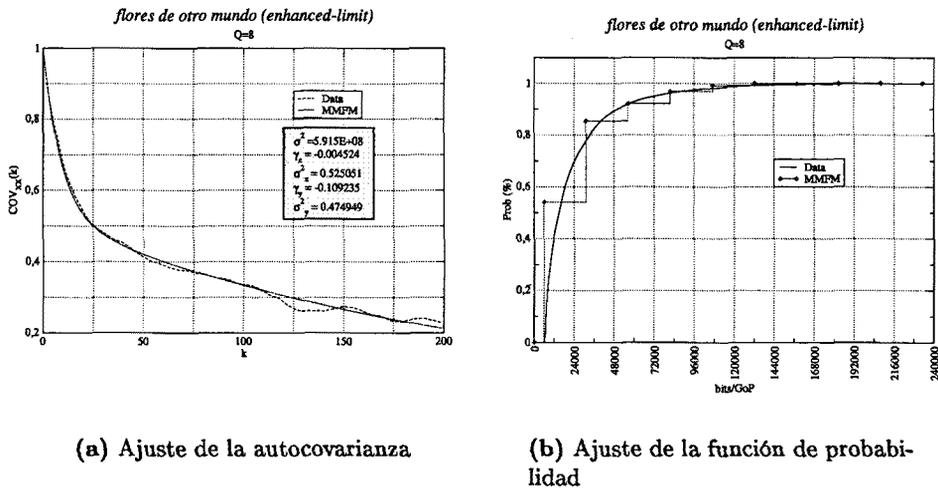


Figura C.8: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia floresdeotromundo

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,474949	-0,109235	0,525051	-0,004524

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	3033,41	1737,64
Tasa de generación Nivel 0	18778,24	21281,62
Probabilidad Nivel 0	0,9285	0,9739
Tiempo de permanencia Nivel 1	221,04	34,00
Tasa de generación Nivel 1	85284,50	104707,66
Probabilidad Nivel 1	0,0702	0,0191
Tiempo de permanencia Nivel 2	114,70	44,00
Tasa de generación Nivel 2	151790,76	128170,44
Probabilidad Nivel 2	0,0013	0,0070
Valor medio de $q$	0,0364	0,0356
Valor medio de $J$	66506,26	53444,41

### C.4. laboda

#### C.4.1. laboda Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
600000	1240	125742,27	$9,069 \cdot 10^9$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,378907	0,065259	90789,37	163195,95	3	2

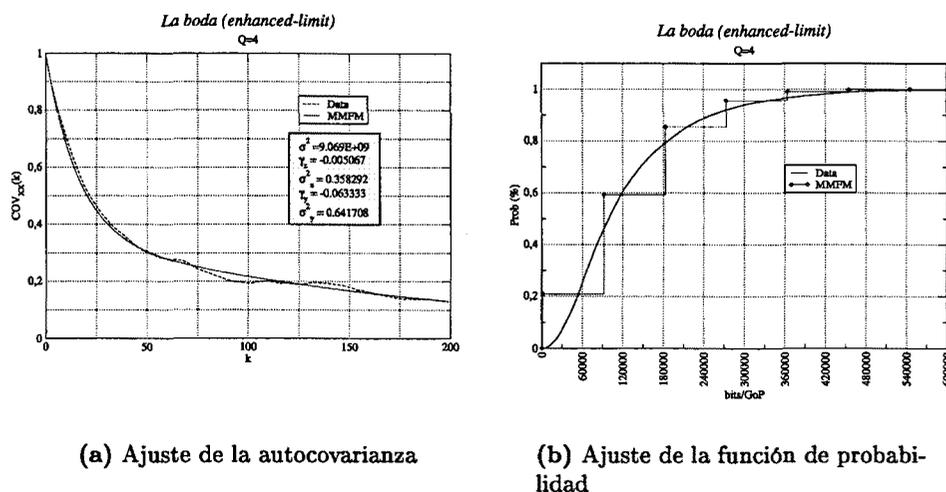


Figura C.9: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

Percentiles			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,7504273	0,9208236	0,9538137	0,9850948
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
164436	273608	327632	436804

Parámetros de la autocovarianza			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,641708	-0,063333	0,358292	-0,005067

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	1512,09	362,32
Tasa de generación Nivel 0	104442,26	97334,26
Probabilidad Nivel 0	0,8737	0,8497
Tiempo de permanencia Nivel 1	197,36	46,11
Tasa de generación Nivel 1	267638,21	258827,50
Probabilidad Nivel 1	0,1220	0,1118
Tiempo de permanencia Nivel 2	105,57	42,13
Tasa de generación Nivel 2	430834,17	366102,64
Probabilidad Nivel 2	0,0043	0,0385
Valor medio de <i>q</i>	0,0653	0,1113
Valor medio de <i>J</i>	163195,95	134384,19

C.4.2. laboda Q 6

Parámetros de la secuencia				
<i>A</i> <sub>max</sub>	<i>A</i> <sub>min</sub>	<i>mean</i>	$\sigma^2$	<i>Q</i>
480000	1240	51923,46	$2,880 \cdot 10^9$	6

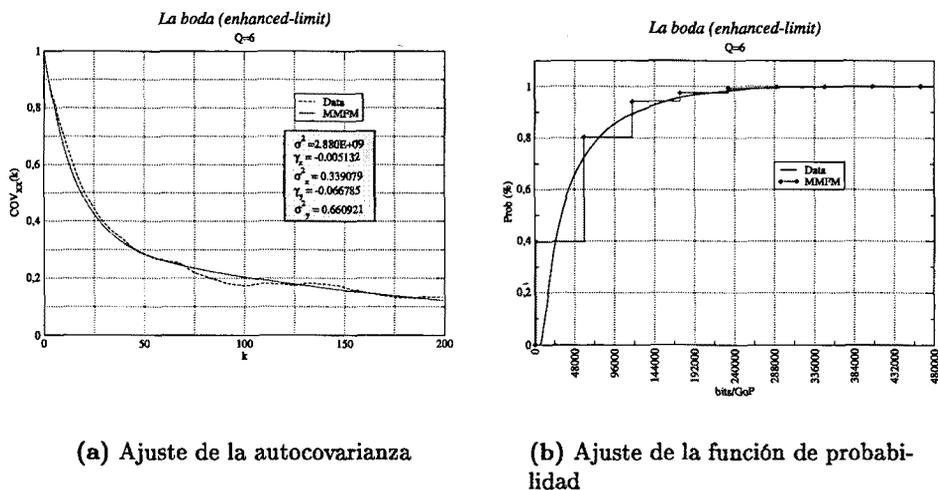


Figura C.10: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

<i>Parámetros del modelo</i>					
<i>p</i>	<i>q</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>2</sub>
0,254456	0,021416	57830,28	152634,57	3	2

<i>Percentiles</i>			
<i>perc</i> <sub>1</sub>	<i>perc</i> <sub>2</sub>	<i>perc</i> <sub>3</sub>	<i>perc</i> <sub>4</sub>
0,9383918	0,9571923	0,9966612	0,9972177
<i>thr</i> <sub>1</sub>	<i>thr</i> <sub>2</sub>	<i>thr</i> <sub>3</sub>	<i>thr</i> <sub>4</sub>
153875	174731	306509	327365

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,660921	-0,066785	0,339079	-0,005132

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	4549,34	849,54
Tasa de generación Nivel 0	45385,85	43513,71
Probabilidad Nivel 0	0,9576	0,9455
Tiempo de permanencia Nivel 1	194,86	48,54
Tasa de generación Nivel 1	198020,42	189249,18
Probabilidad Nivel 1	0,0419	0,0502
Tiempo de permanencia Nivel 2	99,56	27,50
Tasa de generación Nivel 2	350655,00	294993,08
Probabilidad Nivel 2	0,0005	0,0044
Valor medio de <i>q</i>	0,0214	0,0398
Valor medio de <i>J</i>	152634,57	125739,69

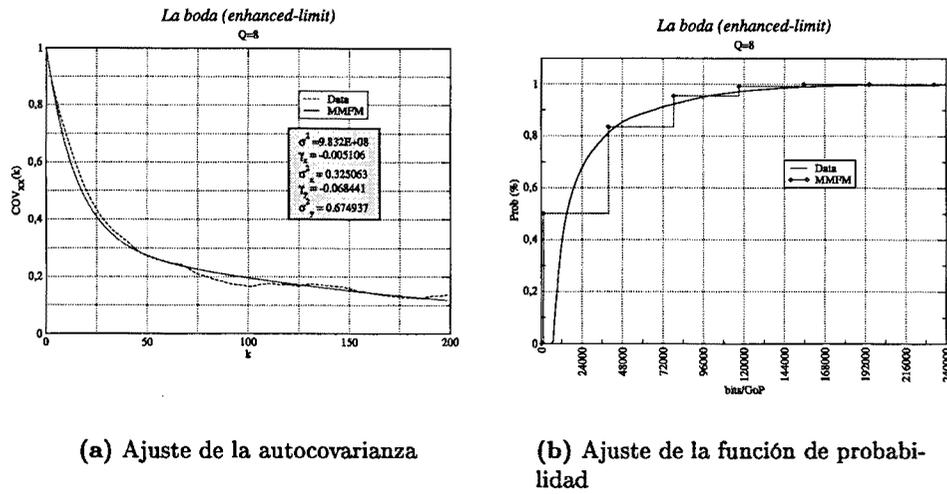


Figura C.11: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia laboda

C.4.3. laboda Q 8

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
240000	1240	27690,15	$9,832 \cdot 10^8$	8

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,181524	0,044204	38585,99	61501,01	3	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8921658	0,9715410	0,9763504	0,9946341
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
62741	116998	124242	178499

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,674937	-0,068441	0,325063	-0,005106

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	2215,25	849,07
Tasa de generación Nivel 0	22252,91	22552,03
Probabilidad Nivel 0	0,9135	0,9449
Tiempo de permanencia Nivel 1	195,85	42,12
Tasa de generación Nivel 1	83753,92	108086,26
Probabilidad Nivel 1	0,0845	0,0435
Tiempo de permanencia Nivel 2	102,45	36,25
Tasa de generación Nivel 2	145254,92	145345,09
Probabilidad Nivel 2	0,0020	0,0115
Valor medio de $q$	0,0442	0,0525
Valor medio de $J$	61501,01	61396,53

## C.5. elgraduado

### C.5.1. elgraduado Q 4

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	$mean$	$\sigma^2$	$Q$
600000	6039	134273,37	$1,016 \cdot 10^{10}$	4

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,343393	0,127255	60898,23	175184,04	4	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,7480060	0,8672905	0,9663982	0,9850746
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
181223	249632	356407	424816

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,329157	-0,091526	0,670843	-0,007361

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	533,77	421,96
Tasa de generación Nivel 0	89687,12	98123,73
Probabilidad Nivel 0	0,7617	0,7997
Tiempo de permanencia Nivel 1	135,85	79,36
Tasa de generación Nivel 1	264871,16	261453,70
Probabilidad Nivel 1	0,2221	0,1755
Tiempo de permanencia Nivel 2	77,83	29,90
Tasa de generación Nivel 2	440055,20	400173,50
Probabilidad Nivel 2	0,0162	0,0248
Valor medio de $q$	0,1273	0,1201
Valor medio de $J$	175184,04	151024,88

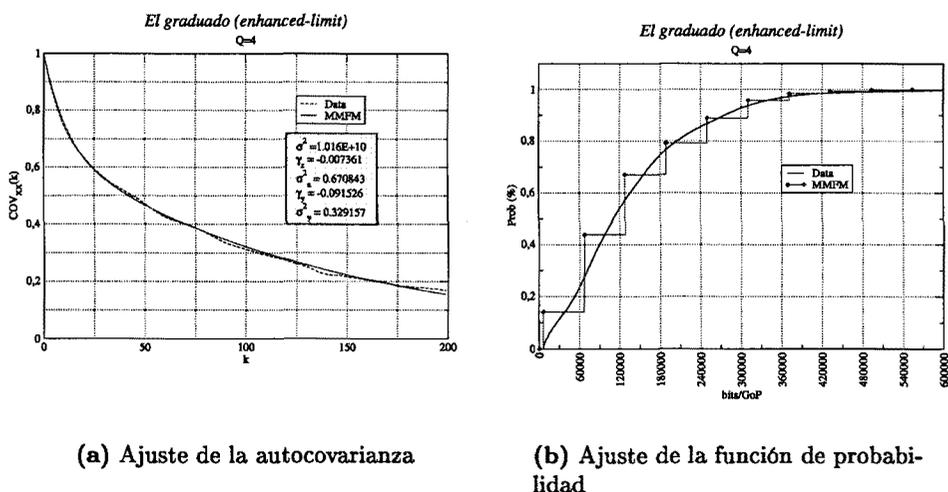


Figura C.12: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

C.5.2. elgraduado Q 6

<i>Parámetros de la secuencia</i>				
$A_{max}$	$A_{min}$	<i>mean</i>	$\sigma^2$	$Q$
360000	6039	61894,72	$3,136 \cdot 10^9$	6

<i>Parámetros del modelo</i>					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,293879	0,085664	40877,68	115663,98	3	2

<i>Percentiles</i>			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,8655532	0,8811498	0,9842849	0,9858643
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
121703	128672	237367	244336

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,331720	-0,108285	0,668280	-0,008292

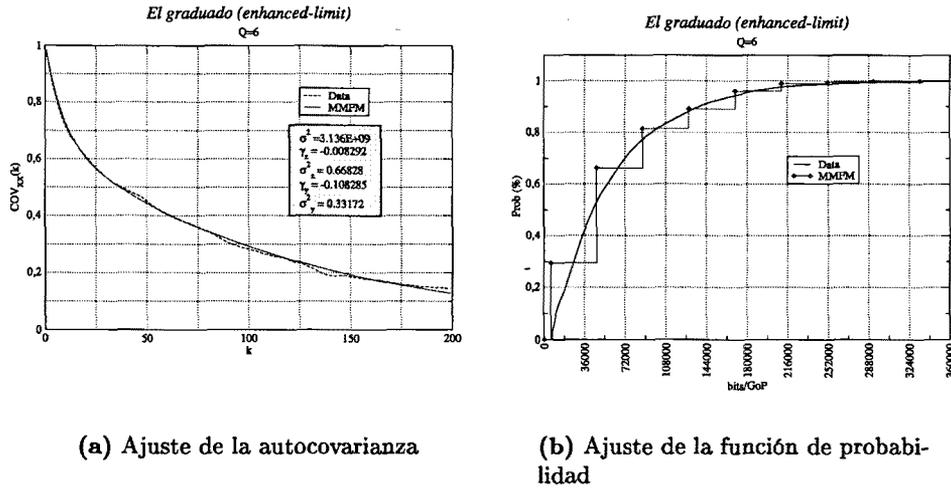


Figura C.13: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	703,91	673,59
Tasa de generación Nivel 0	42078,31	46366,56
Probabilidad Nivel 0	0,8360	0,8511
Tiempo de permanencia Nivel 1	120,60	93,14
Tasa de generación Nivel 1	157742,29	139935,11
Probabilidad Nivel 1	0,1567	0,1324
Tiempo de permanencia Nivel 2	65,95	34,83
Tasa de generación Nivel 2	273406,28	236631,77
Probabilidad Nivel 2	0,0073	0,0165
Valor medio de $q$	0,0857	0,0924
Valor medio de $J$	115663,98	95132,61

C.5.3. elgraduado Q 8

Parámetros de la secuencia				
$A_{max}$	$A_{min}$	mean	$\sigma^2$	$Q$
240000	6039	34203,62	$1,115 \cdot 10^9$	8

Parámetros del modelo					
$p$	$q$	$A$	$J$	$S_1$	$S_2$
0,214344	0,068624	27699,82	75430,76	3	2

Percentiles			
$perc_1$	$perc_2$	$perc_3$	$perc_4$
0,9118297	0,9275843	0,9871279	0,9890626
$thr_1$	$thr_2$	$thr_3$	$thr_4$
81470	89138	156901	164569

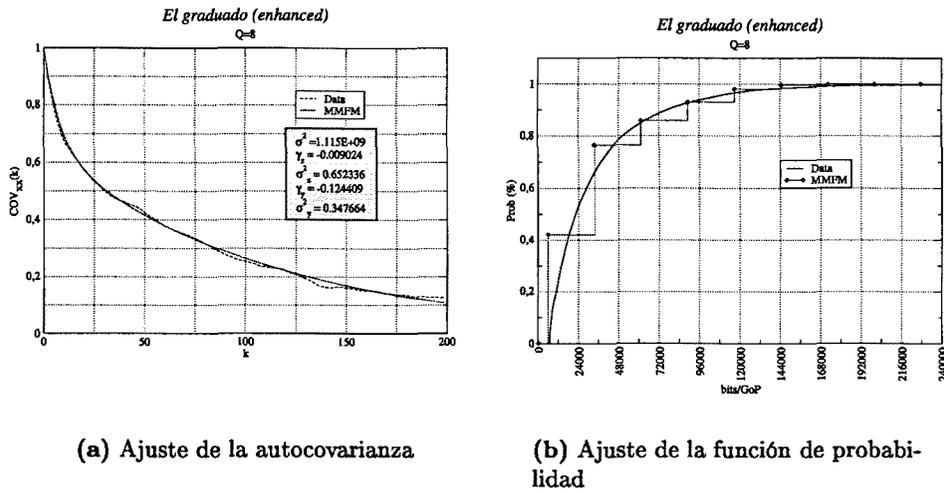


Figura C.14: Autocovarianza y función de probabilidad de la secuencia elgraduado

<i>Parámetros de la autocovarianza</i>			
$\sigma_Y^2$	$\gamma_Y$	$\sigma_Z^2$	$\gamma_Z$
0,347664	-0,124409	0,652336	-0,009024

	Modelo	Análisis
Tiempo de permanencia Nivel 0	807,41	997,65
Tasa de generación Nivel 0	23850,84	27591,86
Probabilidad Nivel 0	0,8675	0,9060
Tiempo de permanencia Nivel 1	110,82	90,23
Tasa de generación Nivel 1	99281,61	89705,08
Probabilidad Nivel 1	0,1278	0,0784
Tiempo de permanencia Nivel 2	59,49	39,50
Tasa de generación Nivel 2	174712,37	139376,36
Probabilidad Nivel 2	0,0047	0,0156
Valor medio de $q$	0,0686	0,0713
Valor medio de $J$	75430,76	55892,25

## C.6. Tablas Comparativas

### C.6.1. Q4

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
empalme_B	600000	1240	98082	9.804E+09	0.204	0.125	92770	160225	3-2
cityofangels	600000	6039	97507	1.133E+10	0.191	0.125	129925	167055	2-2
floresdeotromundo	600000	6247	108933	7.045E+09	0.268	0.089	55967	156960	5-2
laboda	600000	1240	125742	9.069E+09	0.379	0.065	90789	163196	3-2
elgraduado	600000	6039	134273	1.016E+10	0.343	0.127	60898	175184	4-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
empalme_B	0.806	0.939	0.960	0.987	161465	279550	321690	439775
cityofangels	0.825	0.914	0.955	0.984	173094	265890	340149	432945
floresdeotromundo	0.792	0.957	0.971	0.995	163207	286080	320167	443040
laboda	0.750	0.921	0.954	0.985	164436	273608	327632	436804
elgraduado	0.748	0.867	0.966	0.985	181223	249632	356407	424816

## C.6.2. Q6

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
cityofangels	600000	6039	46953	4.148E+09	0.111	0.036	87373	165921	3-2
floresdeotromundo	240000	6071	44350	1.785E+09	0.238	0.113	47262	69703	2-2
laboda	480000	1240	51923	2.880E+09	0.254	0.021	57830	152635	3-2
elgraduado	360000	6039	61895	3.136E+09	0.294	0.086	40878	115664	3-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
cityofangels	0.943	0.986	0.993	0.997	171960	268159	337880	434079
floresdeotromundo	0.831	0.907	0.961	0.976	75774	100595	145476	170297
laboda	0.938	0.957	0.997	0.997	153875	174731	306509	327365
elgraduado	0.866	0.881	0.984	0.986	121703	128672	237367	244336

## C.6.3. Q8

Film	Amax	Amin	mean	var	p	q	A	J	S1-S2
empalme_B	240000	1240	24395	9.776E+08	0.136	0.065	35842	65617	3-2
cityofangels	312000	6039	27901	1.568E+09	0.072	0.072	78948	74032	2-2
floresdeotromundo	240000	6039	23625	5.915E+08	0.126	0.036	25237	66506	4-2
laboda	240000	1240	27690	9.832E+08	0.182	0.044	38586	61501	3-2
elgraduado	240000	6039	34204	1.115E+09	0.214	0.069	27700	75431	3-2

Film	perc1	perc2	perc3	perc4	thr1	thr2	thr3	thr4
empalme_B	0.919	0.968	0.981	0.992	66857	108765	132475	174383
cityofangels	0.917	0.981	0.976	0.995	80071	163936	154103	237968
floresdeotromundo	0.951	0.982	0.994	0.998	72545	106987	139052	173494
laboda	0.892	0.972	0.976	0.995	62741	116998	124242	178499
elgraduado	0.912	0.928	0.987	0.989	81470	89138	156901	164569

## Bibliografía

- [Ada96] A. Adas. Supporting Real Time VBR Video Using Dynamic Reservation Based on Linear Prediction. En *Proceedings of IEEE INFOCOM'96*, págs. 1476–1483. 1996.
- [Ada98] A. Adas. Using Adaptive Linear Prediction to Support Real-Time VBR Video Under RCBR Network Service Model. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 6 (5); págs. 635–644, octubre 1998.
- [AM95] A. Adas y A. Mukherjee. On Resource Management and QoS Guarantees for Long Range Dependent Traffic. En *Proceedings of IEEE INFOCOM'95*, págs. 779–787. 1995.
- [And93] J. Andrade. Statistical Parameter to Describe All Tráfico Generated by Broadband Services. *Comunicaciones de Telefónica I+D*, tomo 4 (2); págs. 81–88, Julio-Diciembre 1993.
- [APMdlC02] J. Alins, J. Pegueroles, J. Mata y L. de la Cruz. Two-Level Renegotiated Constant Bit Rate Algorithm (R-CBR) For Stored Video Services Over QoS Networks. En *Communication Systems And Networks IASTED'02*, págs. 392–397. septiembre 2002.
- [BBC<sup>+</sup>98] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang y W. Weiss. RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services, diciembre 1998. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2475.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2475.txt>. Status: PROPOSED STANDARD.
- [BCS94] R. Braden, D. Clark y S. Shenker. RFC 1633: Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, junio 1994. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc1633.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc1633.txt>. Status: INFORMATIONAL.
- [BJ94] G. Box y G. Jenkins. *Time Series Analysis*. Prentice-Hall, 1994.
- [BZB<sup>+</sup>97] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog y S. Jamin. RFC 2205: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) — Version 1 Functional Specification, septiembre 1997. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2205.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2205.txt>. Status: PROPOSED STANDARD.

- [CAE<sup>+</sup>94] S. Chang, D. Anastassiou, A. Eleftheriadis, J. Meng, S. Paek, S. Pejhan y J. R. Smith. Development of Advanced Image/Video Services in the Video on Demand Testbed. En *IEEE Visual Signal Processing Communications Workshop*, septiembre 1994.
- [Cas98] E. Casilari. *Caracterización y modelado de tráfico de vídeo VBR*. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Málaga, 1998.
- [CCLS02] A. Cernuto, F. Cocimano, A. Lombardo y G. Schembra. A Queueing System Model for the Design of Feedback Laws in Rate-Controlled MPEG Video Encoders. En *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 12, págs. 238–255. abril 2002.
- [CD94] T. Chiang y D. Anastassiou. Hierarchical Coding of Digital Television. *IEEE Communications Magazine*, tomo 32 (5); págs. 38–45, mayo 1994.
- [CGL96] M. Conti, E. Gregori y A. Larson. Study of the Impact of MPEG-1 Correlations on Video-Sources Statistical Multiplexing. *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, tomo 14 (7); págs. 1455–1471, septiembre 1996.
- [Chi] L. Chiariglione. MPEG-4, why use it? URL <http://drogo.cselt.it/ufv/leonardo/paper/mpeg-4/mpeg-4.htm>.
- [CNRS98] E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan y H. Sandick. RFC 2386: A Framework for QoS-based Routing in the Internet, agosto 1998. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2386.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2386.txt>. Status: INFORMATIONAL.
- [CR99] K. Chandra y A. Reibman. Modeling One- and Two-Layer Variable Bit Rate Video. En *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 7, págs. 398–413. junio 1999.
- [CW97] D. Clark y J. Wroclawski. An Approach to Service Allocation in the Internet, julio 1997. <Http://diffserv.lcs.mit.edu/Drafts/draft-clark-diff-svc-alloc-00.txt>.
- [dlCAM97] L. de la Cruz, J. Alins y J. Mata. Prediction Techniques for VBR MPEG Traffic Shaping. En *Proceedings of IEEE GLOBECOM '97*, págs. 1434–1439. 1997.
- [dlCAM98] L. de la Cruz, J. Alins y J. Mata. Predictive shaping for VBR MPEG video traffic transmission over ATM networks. En *Performance of Information and Communication Systems, IFIP*. Chapman&Hall, mayo 1998.
- [dlCFAM98] L. de la Cruz, M. Fernández, J. Alins y J. Mata. Bidimensional Fluid Model for VBR MPEG Video Traffic. En *Broadband Communications: The Future of Telecommunications, IFIP*, págs. 539–549. Chapman&Hall, abril 1998.
- [DT97] I. Dalgıç y F. Tobagi. Performance Evaluation of ATM Networks Carrying Constant and Variable Bit-Rate Video Traffic. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, tomo 15 (6); págs. 1115–1131, agosto 1997.

- 
- [Ens94] J. Enssle. Modelling and Statistical Multiplexing of VBR MPEG Compressed Video on ATM Networks. En *Proceedings of the 4th Open Workshop On High Speed Networks*, págs. 59–67. septiembre 1994.
- [FMH93] W. Fischer y K. Meier-Hellstern. The Markov-modulated Poisson process (MMPP) cookbook. En *Performance Evaluation*, tomo 18, págs. 149–171. 1993.
- [Gal91] D. L. Gall. MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications. *Communications of the ACM*, tomo 34 (4); págs. 305–313, abril 1991.
- [GCMOO91] Grunenfelder, Cosmas, Manthrope y Odinma-Okafor. Characterization of Video Codecs as Autoregressive Moving Average Processes and Related Queuing System Performance. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, tomo 9 (3); págs. 284–292, abril 1991.
- [GKL<sup>+</sup>98] S. Gringeri, B. Khasnabish, A. Lewis, K. Shuaib, R. Egorov y B. Basch. Transmission of MPEG-2 Video Streams over ATM. *IEEE Multimedia Magazine*, págs. 58–71, 1998.
- [GKT97] M. Grossglauser, S. Keshav y N. Tse. RCBR: A Simple and Efficient Service for Multiple Time-Scale Traffic. En *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 5, págs. 741–755. diciembre 1997.
- [GW94] M. Garret y W. Willinger. Analysis, Modelling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic. En *Proceedings of the ACM SIGCOMM'94*. 1994.
- [Har01] W. Hardy. *QoS Measurement and Evaluation of Telecommunications Quality of Service*. John Wiley & Sons, 2001.
- [HOR97] C.-Y. Hsu, A. Ortega y A. R. Reibman. Joint Selection of Source and Channel Rate for VBR Video Transmission Under ATM Policing Constraints. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, tomo 15 (6); págs. 1016–1028, aug 1997.
- [HTL92] D. Heyman, A. Tabatabai y T. Lakshman. Statistical Analysis and Simulation Study of VBR Video Teleconference Traffic in ATM Networks. En *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, págs. 49–59. marzo 1992.
- [Hus00] G. Huston. *Internet Performance Survival Guide*. John Wiley & Sons, 2000.
- [I.F92a] Servicios de Videoconferencia - Generalidades. Recomendación UIT-T F.730. CCITT & ITU. Geneva, 1992.
- [I.F92b] Servicios de Videotelefonía - Generalidades. Recomendación UIT-T F.720. CCITT & ITU. Geneva, 1992.
- [I.J93] Transmission of component-coded digital television signals for contribution-quality applications at the third hierarchical level of ITU-T Recommendation G.702. Recommendation ITU-T J.81 (CCIR 727). CCITT & ITU, 1993.
- [I.R72] Encoding parameters of digital television for studios. Recommendation ITU-R.601. CCITT & ITU, 1972.

- [ITU93] Terms and Definitions Related to Quality of Service and Network Performance Including Dependability, agosto 1993. ITU Rec. E.800.
- [JL83] P. Jacobs y P. Lewis. Stationary Discrete Autoregressive Moving Average Time Series Generated by Mixtures. *IEEE Journal of Time Serie Analysis*, tomo 4 (1), 1983.
- [J.M96] J.Mata. *Contribución a la gestión dinámica de recursos aplicada al control de fuentes de vídeo de velocidad variable en la red digital de servicios integrados de banda ancha*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996.
- [Kar96] G. Karlsson. Asynchronous Transfer of Video. *IEEE Communications Magazine*, tomo 34 (8); págs. 118–126, 1996.
- [KCJS93] M. Kawashima, C. Chen, F. Jeng y S. Singhal. Adaptation of MPEG Video-Coding Algorithm to Network Applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 3 (4); págs. 261–269, agosto 1993.
- [Kou95] W. Kou. *Digital Image Compression Algorithms and Standards*. Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [KRK00] T. Kim, B. Roh y J. Kim. Bandwidth Renegotiation with Traffic Smoothing and Join Rate Control for VBR MPEG Video Over ATM. En *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 10, págs. 693–703. agosto 2000.
- [Kuc73] A. Kuczura. The Interrupted Poisson Process as an Overflow Process. *Bell System Technical Journal*, tomo 52 (3); págs. 437–449, marzo 1973.
- [LC97] S. Liew y H. Chan. Lossless Aggregation: A Scheme for Transmitting Multiple Stored VBR Video Streams over a Shared Communication Channel Without Lost of Image Quality. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, tomo 15 (6); págs. 1181–1189, agosto 1997.
- [LMR99] T. V. Lakshman, P. P. Mishra y K. K. Ramakrishnan. Transporting Compressed Video Over ATM Networks with Explicit-Rate Feedback Control. *IEEE Transactions on Networking*, tomo 7 (5), octubre 1999.
- [LS03] A. Lombardo y G. Schembra. Performance Evaluation of an Adaptive-Rate MPEG Encoder Matching IntServ Traffic Constraints. En *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 11, págs. 47–65. febrero 2003.
- [LT96] S. Liew y C. Tse. Video Aggregation: Adapting Video Traffic for Transport Over Broadband Networks by Integrating Data Compression and Statistical Multiplexing. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, tomo 14 (6); págs. 1123–1137, agosto 1996.
- [LT98] S. Liew y C. Tse. A Control-Theoretic Approach to Adapting VBR Compressed Video for Transport over a CBR Communication Channel. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 6 (1); págs. 42–55, febrero 1998.

- 
- [MAA<sup>+</sup>03] I. Martín, J. Alins, M. Aguilar, R. Vallejos, L. de la Cruz y J. Mata. Modelado y Análisis Transitorio de un Sistema de Distribución de Vídeo bajo Demanda. En *IV Jornadas de Ingeniería Telemática JITEL'03*. 2003.
- [MAAM04a] I. Martín, J. Alins, M. Aguilar y J. Mata. Analytical Definition of SLA Parameters in a Video-On-Demand Service. *IEEE International Conference on Networks*, 2004. Pendiente de aceptación.
- [MAAM04b] I. Martín, J. Alins, M. Aguilar y J. Mata. Definición analítica de parámetros SLA en un servicio de Vídeo bajo demanda. *Symposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI'04)*, 2004. Pendiente de aceptación.
- [MAAM04c] I. Martín, J. Alins, M. Aguilar y J. Mata. Evaluación de un Servicio de Video-Streaming Utilizando Modelos Markovianos con Recompensas. En *Symposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI'04)*. 2004. Pendiente de aceptación.
- [MAAM04d] I. Martín, J. Alins, M. Aguilar y J. Mata. Modelling an Adaptive-Rate Video-Streaming Service Using Markov-Rewards Models. *Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks Qshine'04*, 2004. Pendiente de aceptación.
- [MAS<sup>+</sup>98] B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G. Karlsson y J. Robbins. Performance Models of Statistical Multiplexing in Packet Video Communications. *IEEE Transactions on Communications*, tomo 36 (7); págs. 834-843, julio 1998.
- [MPE91] Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbps. ISO/IEC 11172-2, noviembre 1991.
- [MPE96] Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video. ISO/IEC 13818-2, 1996.
- [MPE97] Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems. ISO/IEC 13818-1, 1997.
- [MPE98] Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Audio, 1998.
- [MPE99] MPEG4. ISO/IEC 14496, 1999.
- [NBBB98] K. Nichols, S. Blake, F. Baker y D. Black. RFC 2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, diciembre 1998. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2474.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2474.txt>.
- [NJZ97] K. Nichols, V. Jacobson y L. Zhang. Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet, noviembre 1997. [Ftp://ftp.ee.lbl.gov/papers/dsarch.pdf](ftp://ftp.ee.lbl.gov/papers/dsarch.pdf).
- [OS98] M. Orzessek y P. Sommer. *ATM & MPEG-2. Integrating digital video into broadband networks*. Prentice Hall, 1998.

- [PAdlCM01] J. Pegueroles, J. Alins, L. de la Cruz y J. Mata. Two-Level Renegotiated Constant Bit Rate Algorithm (2RCBR) For Scalable MPEG2 Video Over QoS Networks. En *Internet Multimedia Management Systems II (Proceedings of SPIE)*, págs. 266–275. agosto 2001.
- [Pri94] J. I. R. Prieto. *Modelado estadístico y control de codificadores de vídeo*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1994.
- [PZ94] P. Pancha y M. E. Zarki. MPEG Coding For Variable Bit Rate Video Transmission. *IEEE Communications Magazine*, tomo 32 (5); págs. 54–66, mayo 1994.
- [Rea] D. Reininger y et al. Statistical Multiplexing of VBR MPEG Compressed Video on ATM Networks. En *Proceedings of the IEEE INFOCOM '93*, págs. 919–926. marzo.
- [Ros95] O. Rose. Statistical Properties of MPEG Video Traffic and their impact on Traffic modeling in ATM Systems. En *Proc. 20<sup>th</sup> Ann. Conf. on Local Computer Networks*, págs. 397–406. octubre 1995.
- [Ros97] O. Rose. Simple and efficient models for variable bit rate MPEG video traffic. En *Performance Evaluation*, tomo 30, págs. 69–85. 1997.
- [RRH96] D. Reininger, D. Raychaudhuri y J. Hui. Bandwith Renegotiation for VBR Video Over ATM Networks. *IEEE J. Selected Areas in Communications*, tomo 14; págs. 1076–1086, agosto 1996.
- [RRR95] D. Reiniger, G. Ramamurthy y D. Raychaudhuri. VBR MPEG Video Coding with Dynamic Bandwidth Renegotiation. En *IEEE International Conference on Communications*, págs. 1773–1777. junio 1995.
- [SC00] P. Seungyup y S.-F. Chang. Video-Server Retrieval Scheduling and Resource Reservation for Variable Bit Rate Scalable Video. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 10 (3), abril 2000.
- [SPG97] S. Shenker, C. Partridge y R. Guerin. RFC 2212: Specification of Guaranteed Quality of Service, septiembre 1997. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2212.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2212.txt>. Status: PROPOSED STANDARD.
- [SRS03] U. Sarkar, S. Ramakrishnan y D. Sarkar. Study of long-duration MPEG-trace segmentation methods for developing frame-size-based traffic models, agosto 2003. Pendiente de publicación en *Computer Networks*.
- [SRVV93] M. Simón, M. Roser, P. Villegas y A. Viante. Esquemas de codificación para transmisión de vídeo con calidad aproximadamente constante. *Comunicaciones de Telefónica I+D*, tomo 4 (1); págs. 76–80, enero-junio 1993.
- [Swe97] W. Sweet. Chiariglione and the birth of MPEG. En *IEEE Spectrum*, págs. 70–77. septiembre 1997.

- 
- [SZ98] J. D. Salehi y Z.-L. Zang. Supporting Stored Video: Reducing Rate Variability and End-to-End Resource Requirerments Through Optimal Smoothing. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 6 (4), agosto 1998.
- [SZKT98] J. Salehi, Z. Zhang, J. Kurose y D. Towsley. Supporting Stored Video: Reducing Rate Variability and End-to-End Resource Requirements Through Optimal Smoothing. En *IEEE/ACM Transactions on Networking*, tomo 6, págs. 397–410. agosto 1998.
- [Wan94] L. Wang. Bit Rate Control for Hybrid DPCM/DCT Video Codec. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 4 (5); págs. 509–517, octubre 1994.
- [WHZ01a] D. Wu, Y. T. Hou y Y.-Q. Zhang. Scalable Video Coding and Transport over Broad-Band Wireless Networks. En *Proceedings of the IEEE*, tomo 89, págs. 6–20. enero 2001.
- [WHZ+01b] D. Wu, Y. T. Hou, W. Zhu, Y. Zhang y J. M. Peha. Streaming Video over the Internet: Approaches and Directions. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 11 (3); págs. 282–300, marzo 2001.
- [WJW+01] M. Wu, R. Joyce, H.-S. Wong, L. Guan y S.-Y. Kung. Dynamic Resource Allocation via Video Content and Short-Term Traffic Statistics. *IEEE Transactions on Multimedia*, tomo 3; págs. 186–199, junio 2001.
- [Wro97] J. Wroclawski. RFC 2211: Specification of the Controlled-Load Network Element Service, septiembre 1997. URL <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc2211.txt>, <ftp://ftp.math.utah.edu/pub/rfc/rfc2211.txt>. Status: PROPOSED STANDARD.
- [YH01] Y. Yang y S. Hemami. Rate Control for VBR Video Over ATM: Simplification and Implementation. En *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 11, págs. 1045–1058. septiembre 2001.
- [YJZ93] F. Yegenoglu, B. Jabbari y Y. Zhang. Motion Classified Autoregressive Modeling of Variable Bit Rate Video. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, tomo 3 (1); págs. 42–53, febrero 1993.

