



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

DISEÑO Y OPERACIÓN DE REDES TELEMÁTICAS

Práctica 1: Protocolos de acceso al medio

Autores : Grupo 2

Betegón garcía, Miguel
Sierra Menéndez, Sergio
Alonso González, Pablo

E-mail :

mbg51@alumnos.unican.es
ssm86@alumnos.unican.es
pag65@alumnos.unican.es

Noviembre 2018

Índice

1. Introducción	2
2. Sistema Aloha Ranurado con fuentes finitas	3
3. Análisis de rendimiento de sistemas CSMA/CA en condiciones de saturación	7

1. Introducción

Esta primera práctica de la asignatura *Diseño y Operación de Redes Telemáticas* trata los protocolos de acceso al medio, [1]. La estructura de esta práctica, se divide en dos partes, que corresponden con los dos ejercicios a realizar:

(i) Sistema Aloha Ranurado con fuentes finitas

- Emplear *Matlab* para analizar la probabilidad de 0,1..M usuarios en estado de Backlog.
- Representar las probabilidades de cada estado
- Calcular los valores promedio de *Throughput*, S, y retardo, D.

(ii) Análisis de rendimiento de sistemas CSMA/CA¹ en condiciones de saturación

- Analizar la proposición de Giuseppe Bianchi y obtener resultados similares en *Matlab*.

El código *Matlab* generado al responder a los ejercicios propuestos se encuentra en el repositorio de Github, [2].

¹CSMA/CA– Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance.

2. Sistema Aloha Ranurado con fuentes finitas

En esta primera parte, se analiza el sistema Aloha Ranurado con fuentes finitas en *Matlab*. Se dispone para el desarrollo del mismo, de la probabilidad de transmitir en *estado de thinking*, σ , y en *estado de backlog*, φ .

Con el fin de llevar a cabo este apartado se proporcionan los siguientes parámetros, que corresponden este grupo y mostrados en la tabla 1:

Grupo	M	σ	φ
Grupo 2	24	0.3	[0.1, 0.2]

Cuadro 1: Parámetros correspondientes al sistema Aloha Ranurado.

Se comienza el ejercicio con la obtención de las gráficas que representan las probabilidades en cada uno de los estados, dependiendo del valor de φ , representada en la figura 1.

Con el fin de obtener esas gráficas, es necesario calcular la probabilidad de transición entre cada uno de los estados, definida por la ecuación 1:

$$p_{ij} = \begin{cases} 0 & j < i - 1 \\ i\phi(1 - \phi)^{i-1}(1 - \sigma)^{M-i} & j = i - 1 \\ [1 - i\phi(1 - \phi)^{i-1}](1 - \sigma)^{M-i} + [(M - i)\sigma(1 - \sigma)^{M-i-1}](1 - \phi)^i & j = i \\ [(M - i)\sigma(1 - \sigma)^{M-i-1}][1 - (1 - \phi)^i] & j = i + 1 \\ \binom{M-i}{j-i}\sigma^{j-i}(1 - \sigma)^{M-j} & j > i + 1 \end{cases} \quad (1)$$

Donde:

i – Estado del que se parte.

j – Estado al que se transiciona.

M – Número de usuarios en backlog.

Una vez obtenidas las probabilidades de transición entre cada uno de los estados con ayuda de la ecuación 1, se añade una ecuación extra para la resolución del sistema.

Esa ecuación adicional es la referida a que la suma de probabilidades de todos los estados es igual a 1.

Con todos estos datos, se consigue calcular la probabilidad de estar en cada uno de los estados.

El resultado obtenido se expresa gráficamente para cada una de las probabilidades de backlog proporcionadas (tabla 1), en la figura que sigue, figura 1:

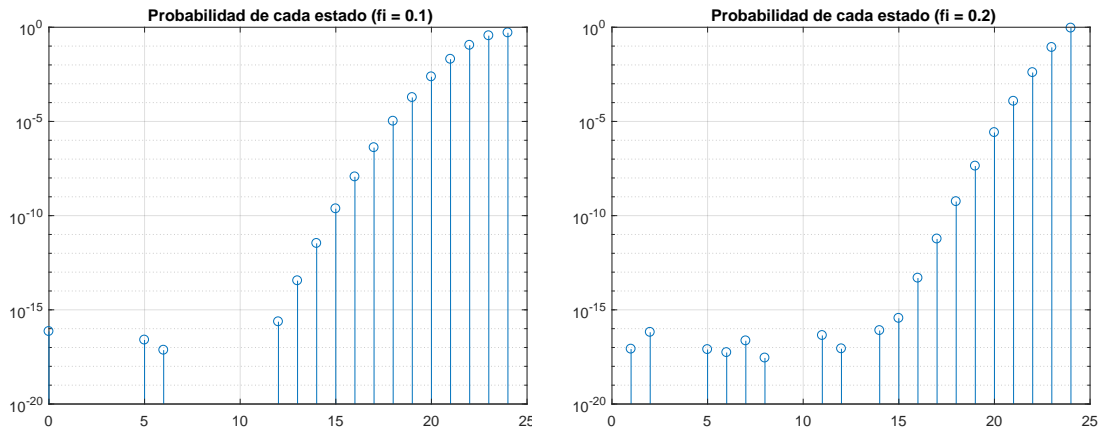


Figura 1: Probabilidad de estar en cada estado para $\varphi = [0.1, 0.2]$

Con las gráficas obtenidas se comprueba como al aumentar la probabilidad de backlog se observa un crecimiento de la probabilidad de estar en los últimos estados. esto es debe a que es más difícil transmitir en los últimos estados, por eso cada vez que un paquete avanza hacia los estados finales mantiene en ellos.

La probabilidad de estar en los primeros estados es irrisoria, hasta el punto de que no se muestra en las gráficas debido a su pequeño valor, próximo a 0.

Continuando, se calculan las probabilidades de éxito de cada uno de los estados, expresadas en la ecuación 2:

$$P_{\text{éxito}}^{(i)} = (1 - \phi)^i (M - i) \sigma (1 - \sigma)^{M-i-1} + i \phi (1 - \phi)^{i-1} (1 - \sigma)^{M-i} \quad (2)$$

Además, se calcula el *Throughput*, S , como la media de las probabilidades anteriores. Se muestra en la ecuación 3:

$$S = \mathbf{E}[P_{\text{éxito}}^{(i)}] = \sum_{i=0}^M P_{\text{éxito}}^{(i)} \pi_i \quad (3)$$

A partir del *Throughput*, se calcula el *Retardo* medio, D , como en la ecuación 4:

$$\bar{D} = 1 - \frac{1}{\sigma} + \frac{M}{S} \quad (4)$$

Los valores que se obtienen para los parámetros proporcionados son los mostrados en la tabla 2:

φ	S	D
0.1	0.1951	120.6664
0.2	0.0281	852.5827

Cuadro 2: Valores obtenidos del *Throughput* y *Retardo* en función de la probabilidad de estar en estado de backlog.

Como cabía esperar, para una menor probabilidad de backlog el *Throughput* es mayor y por lo tanto el retardo también ya que hay menor probabilidad de que la estación este en estado de backlog.

Se represetan usando los datos conseguidos en el experimento, las curvas del *Retardo* frente al *Throughput* usando los parámetros proporcionados para este apartado, mostrados en la tabla 3:

Grupo	M	φ
Grupo 2	[8, 10, 12]	[0.2, 0.25, 0.3]

Cuadro 3: Parámetros para conseguir las gráficas de S frente a D.

Las gráficas obtenidas se muestran en las figuras 2 y 3, en la siguiente página.

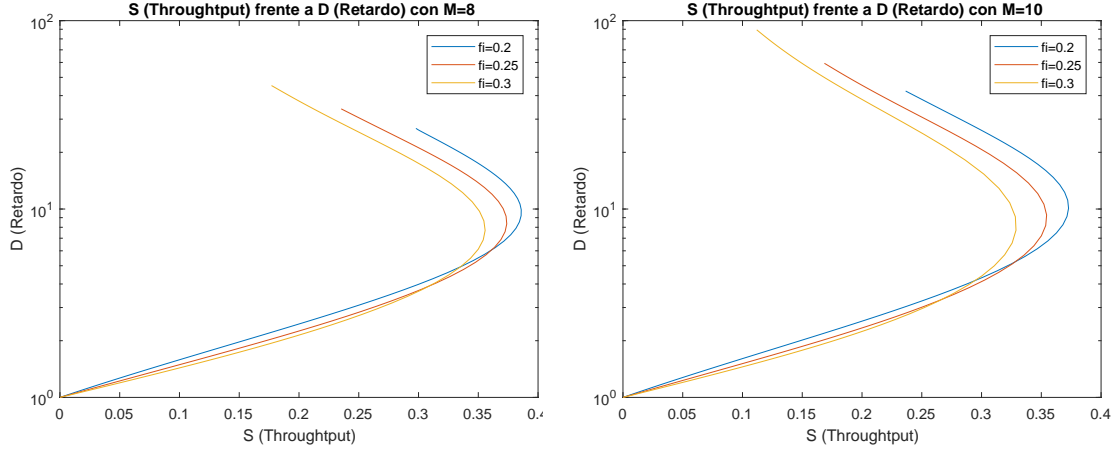


Figura 2: *Throughput* frente a *Retardo* con $M = 8$ y $M = 10$

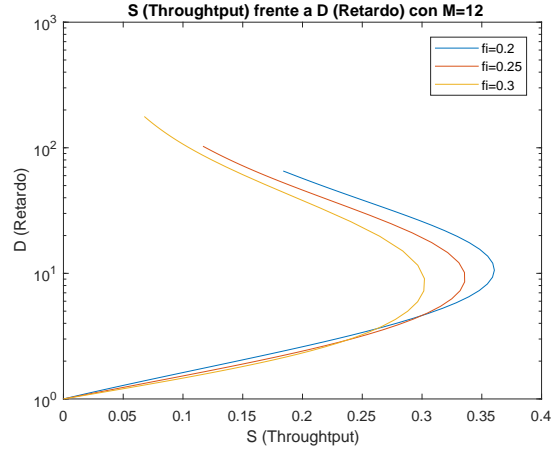


Figura 3: *Throughput* frente a *Retardo* con $M = 12$

En las figuras 2 y 3 se constata que para un menor número de fuentes, el throughput es mayor. Así como el retardo disminuye. El mejor de los casos, corresponde a una probabilidad de estar en estado backlog menor, es decir, $\varphi = 0.2$.

3. Análisis de rendimiento de sistemas CSMA/CA en condiciones de saturación

El análisis ofrecido en este apartado, se basa en el que desarrolló Giuseppe Bianchi en [3] para sistemas de tipo CSMA/CA en condiciones de saturación.

La saturación del sistema es una figura de rendimiento fundamental, definida como el límite alcanzado por el rendimiento del sistema a medida que aumenta la carga ofrecida. Representa la carga máxima que el sistema puede soportar en condiciones estables.

Bianchi propone una cadena de Markov para el rendimiento en condiciones de saturación, dicha cadena es la representada en la figura 4:

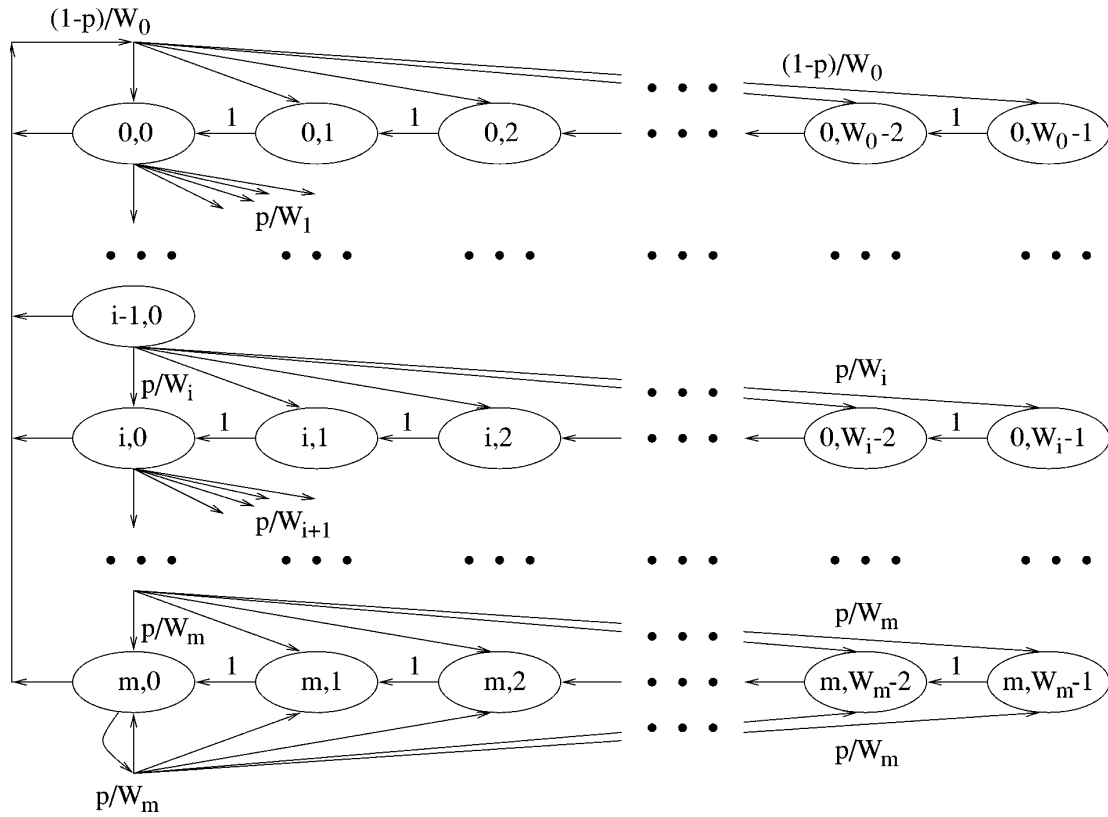


Figura 4: Cadena de markov para el tamaño de la ventana de backoff.

Las filas representan el número de reintentos que han tenido lugar debido a colisiones en la transmisión de la trama y la columnas indican el número de ranuras que se debe esperar antes de transmitir.

Con el fin de conseguir saturación, se considera que todos los nodos del sistema tienen paquetes para ser transmitidos en todo momento.

Bianchi además, asume que las condiciones del canal son ideales, lo que significa que no se tiene en cuenta la posible existencia de terminales ocultos, (*Hidden terminals*), ni el efecto captura.

En cuanto al problema de los terminales ocultos, tampoco se contempla en esta práctica. Si se desea obtener más información acerca de ello, se puede consultar [4], que añade este problema al análisis del rendimiento.

Antes de comenzar con el análisis, los parámetros que corresponden al grupo de prácticas, **grupo 2**, son los que aparecen en el cuadro 4:

Grupo	W	m	N	τ
Grupo 2	32	5	[10, 20, 30]	0 : 0.1

Cuadro 4: Parámetros para el apartado CSMA/CA

El primer paso del análisis, es comprobar que el código desarrollado es correcto, introduciendo los parámetros citados en [3] para un acceso básico además de para el uso del mecanismo RTS/CTS².

Se sabe que la probabilidad de transmisión se expresa en función del tiempo que el sistema se encuentre en el estado $i, 0$, ya que este es el único estado en el que se transmite un paquete directamente. La probabilidad de transmisión equivale a la probabilidad de una transmisión para una estación en una ranura y se resume en la ecuación:

$$\tau(p) = \sum_{i=1}^t \pi_{i,0} = \frac{2}{1 + w + pw \sum_{n=1}^{t-1} (2p)^i} \quad (5)$$

Por otro lado, la probabilidad de colisión para el modelo [3], es la probabilidad de que una estación transmita mientras otra ya estaba transmitiendo, y depende de τ , que a su vez lo hace de la probabilidad de colisión:

$$Prob_{\text{colisión}} = 1 - (1 - \tau)^{N-1} = 1 - Prob\{0 \text{ estaciones}\} \quad (6)$$

²**RTS/CTS**– Request to Send / Clear to Send.

Se confirma con las ecuaciones 5 y 6 que las probabilidades de transmisión y colisión dependen una de la otra, por lo que esta situación obliga a resolver un sistema de ecuaciones no lineal en *Matlab*.

A parte, para calcular el *throughput* es necesario conocer la probabilidad de que se transmita en cierto slot y la probabilidad de éxito, detalladas en las ecuaciones 7 y 8.

$$P_{tx=1-(1-\tau)^N} \quad (7)$$

$$P_{exito} = Pe = \frac{N\tau(1-\tau)^{N-1}}{1-(1-\tau)^N} \quad (8)$$

Habiendo conseguido todos estos parámetros, se puede por fin, calcular el *throughput*, 9:

$$S = \frac{P_e P_{tx} L}{(1 - P_{tx}\sigma + P_{tx}P_e T_e + P_{tx}(1 - P_e)T_c)} \quad (9)$$

Donde:

L longitud de los paquetes.

T_e Duración de una transmisión exitosa.

T_c Duración de una transmisión con colisión.

En [3], se exponen las fórmulas para los tiempos de una transmisión exitosa y de una transmisión con colisión para el acceso básico y para el mecanismo RTS/CTS. Se representan los tiempos en las ecuaciones 10 y 11:

$$\text{Acceso básico} \begin{cases} T_s^{basico} = H + E[P] + SIFS + \delta + ACK + DIFS + \delta \\ T_c^{basico} = H + E[P^*] + DIFS + \delta \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{RTS/CTS} \begin{cases} T_s^{rts} = RTS + SIFS + \delta + CTS + SIFS + \delta + H + \\ \quad + E[P] + SIFS + \delta + ACK + DIFS + \delta \\ T_c^{rts} = RTS + DIFS + \delta \end{cases} \quad (11)$$

Una vez desarrollado el script de *Matlab*, se comprueba que funciona correctamente introduciendo los parámetros del paper de Bianchi, que corresponden a las gráficas 6, 7 y 8 de [3]. Se hace uso de las especificaciones del estándar 802.11b para la visualización de las gráficas equivalentes a las mencionadas anteriormente.

Una vez desarrollado el código, se ejecuta con los valores asignados al grupo 2:

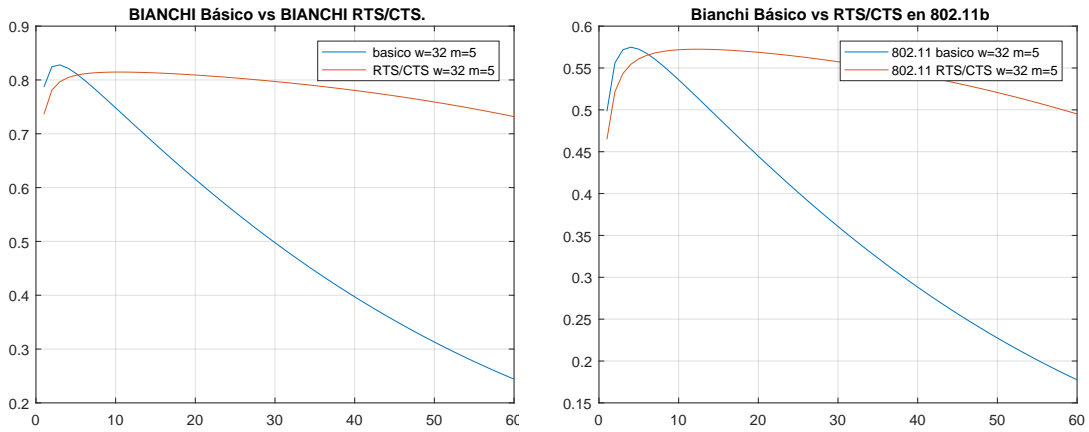


Figura 5: Bianchi básico vs Bianchi con RTS/CTS y vs RTS/CTS eb 802.11b.

Se han obtenido para los parámetros asignados, las gráficas de la figura 5.

Acto seguido, se busca la obtención de las gráficas correspondientes a la variación del *Throughput*, S , respecto a la probabilidad de transmisión en un slot. Los parámetros utilizados para la representación de las siguientes curvas (figura 6) son los correspondientes al cuadro 4, N y τ .

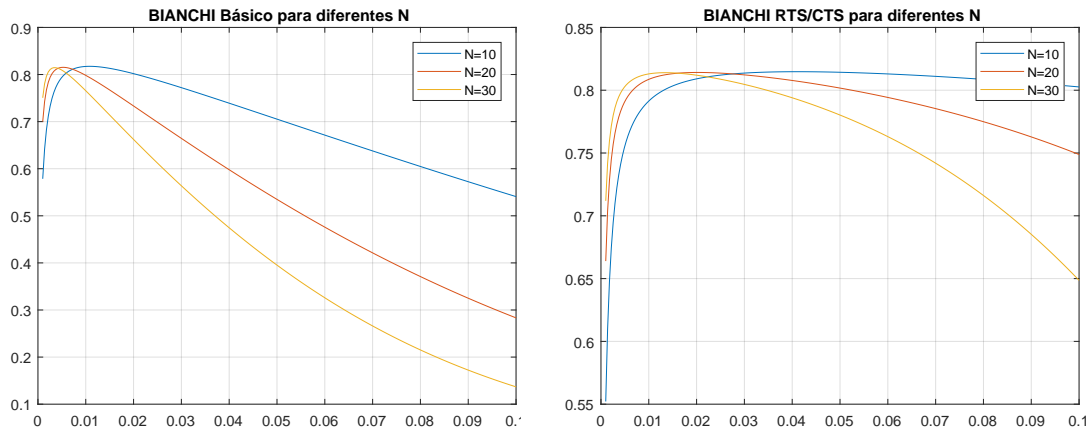


Figura 6: Bianchi básico y RTS/CTS para diferentes N.

En las gráficas de la figura 6 se aprecia el *Throughput* máximo para los distintos modelos, tanto el básico como el RTS/CTS.

Además, se han obtenido estas mismas gráficas para los parámetros del 802.11b. Se representan dichas gráficas en la figura 7, a continuación:

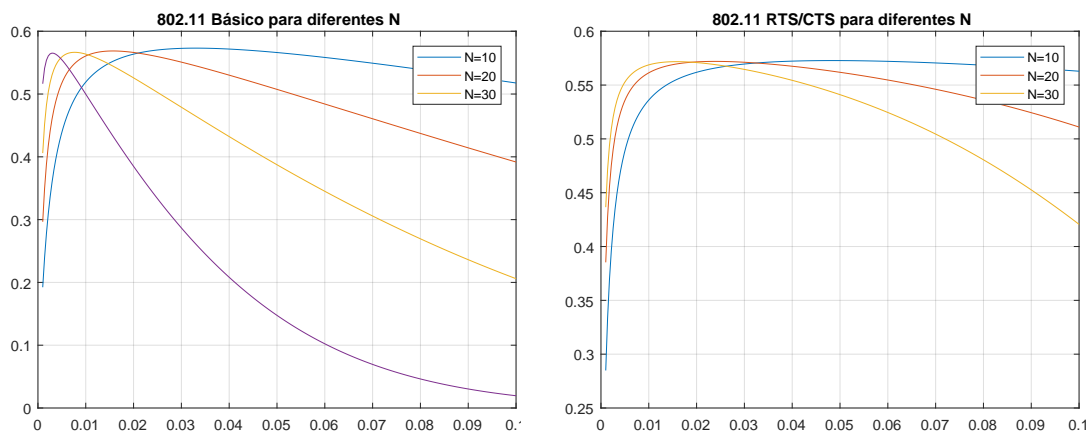


Figura 7: 802.11 Basico y con RTS/CTS para diferente N.

Lo que se puede sacar en claro de estas gráficas es que a mayor probabilidad de que una estación transmita en un slot, mayor número de colisiones. Esto se puede

apreciar por un descenso del *Throughput* con el correspondiente aumento de τ .

También resulta lógico que, cuantas más estaciones hayan transmitido, las interferencias se hagan más significativas, por lo que el *Throughput* debe descender con mayor pendiente que con menor número de estaciones para una misma probabilidad de transmisión.

Este último factor se aprecia sobremanera, para $N = 30$ y $\tau = 0.2$, ya que en cualquiera de las modalidades el rendimiento del sistema es sustancialmente malo y no hay un acceso efectivo al canal, ni siquiera con el uso de RTS/CTS.

La mejor opción tanto accediendo con RTS/CTS como con acceso básico es para $N = 10$, ya que el *throughput* se mantiene estable. Únicamente disminuye ligeramente tanto para el modelo de Bianchi como con para el estándar 802.11b.

Como punto se final, se consigue replicar las figuras 7 y 8 del paper de Bianchi,[3], para valores de τ entre 0 y 0.25, como se muestra en la figura 8 de Bianchi. Se replican en la figura 8:

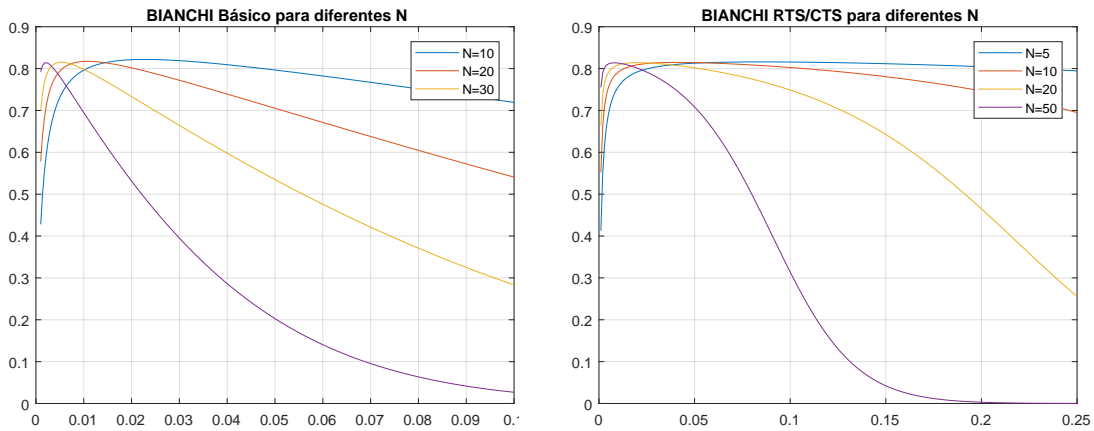


Figura 8: Réplica de las figuras 7 y 8 del paper de G. Bianchi.

Como se puede apreciar, el sistema implementado en *Matlab* es capaz de replicar fielmente el modelo promulgado en el paper de G. Bianchi para la representación del *Throughput* respecto a la probabilidad de transmisión para las diferentes N y con sus mismos datos.

Referencias

- [1] R. Agüero. *TEMA 1 - Análisis de Técnicas de Acceso al Medio*. Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad de Cantabria, 2016.
- [2] M. Betegón. Media Access Control Protocols: Aloha and CSMA protocols. https://github.com/betegon/Media_Access_Control_Protocols_Aloha_CSMA, 2018.
- [3] G. Bianchi. *Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000.
- [4] M. L. Sichitiu J. Beakcheol. IEEE 802.11 Saturation Throughput Analysis in the Presence of Hidden Terminals. *North Carolina State University*, 2011.