

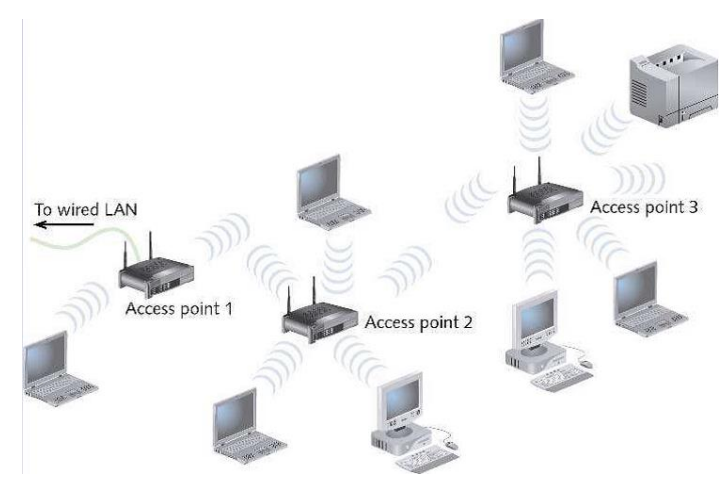
## ABSTRACT/RESUMEN

Para acceder al medio en una WLAN, el estándar IEEE 802.11 utiliza la DCF y el protocolo de contienda CSMA/CA. El desarrollo de esta investigación se basa en el análisis de este protocolo utilizando herramientas probabilísticas. En [1] se presenta un análisis de este protocolo, basado en la teoría de procesos de Markov. En este trabajo utilizamos las condiciones de optimalidad, específicamente consideramos las principales medidas de rendimiento, así como los tiempos de servicio en la red utilizando la fragmentación de los paquetes para calcular la probabilidad de rechazo del mismo y la capacidad de tráfico en el medio operando en condiciones de saturación, con ruido y sin estaciones ocultas. Las fórmulas se implementaron en MATLAB y se compararon con los resultados que se obtuvieron con el simulador Pythagor Simulator.

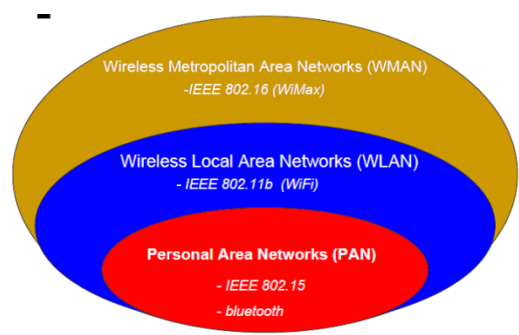
## INTRODUCCIÓN

Una red de área local inalámbrica se define como una red de alcance local que tiene como medio de transmisión el aire. Las WLANs se utilizan en situaciones como:

- Acceso a información mientras el usuario se encuentra en movimiento.
- Implementación en edificios históricos donde el cableado es inviable.
- En entornos de difícil acceso.
- Interconexión entre diferentes dispositivos y máquinas.



El uso de redes inalámbricas permite que los dispositivos se conecten sin importar las condiciones de infraestructura.

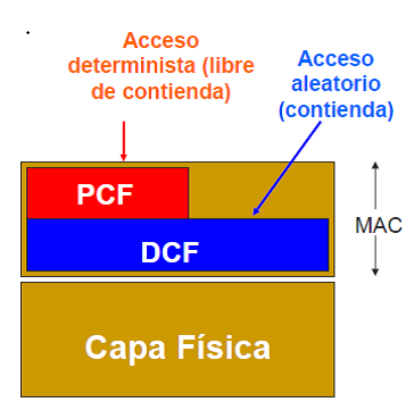


## ESTÁNDAR IEEE 802.11

- El estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi), se definió (1977) como un estándar que reemplazaría la conexión alámbrica Ethernet por una conexión inalámbrica.
- En junio de 1997, se estableció como el estándar para redes inalámbricas.

## Descripción del protocolo CSMA/CA

El estándar IEEE 802.11 define una única capa MAC, dividida en dos subniveles básicos para todas las redes físicas:



## FUNCIÓN DE COORDINACIÓN DISTRIBUIDA (DCF)

Para acceder al medio, el estándar IEEE 802.11 emplea la DCF y el protocolo Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Evasión de Colisiones (CSMA/CA), bajo los métodos de acceso:

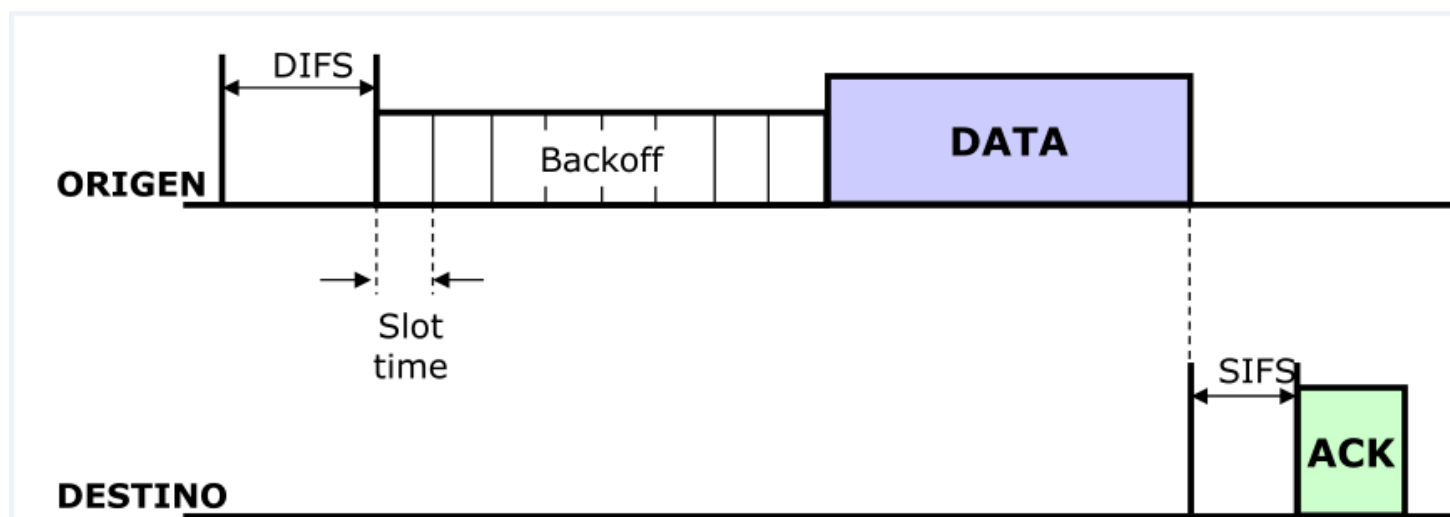
- DCF CSMA/CA (obligatorio)
  - Evita colisiones a través de un mecanismo de back-off aleatorio
  - Paquetes ACK para confirmación de recepción
- DCF con RTS/CTS (opcional)
  - Evita el problema del nodo escondido.
  - Ofrece robustez
- PCF (opcional)

## Mecanismos de acceso

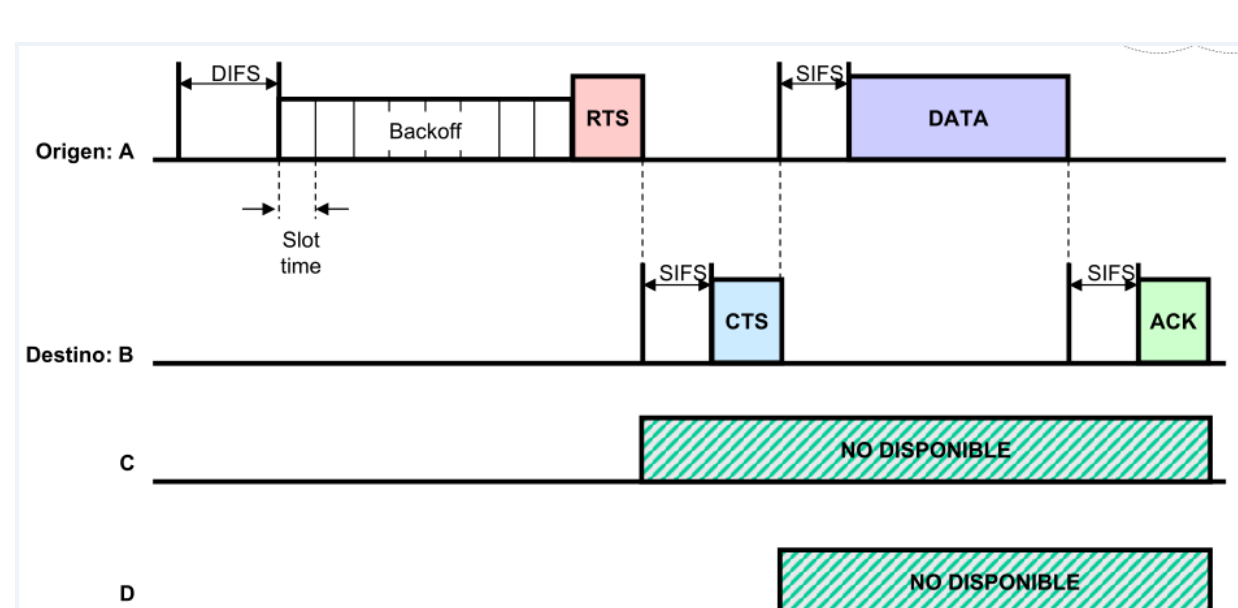
Bajo la DCF, los paquetes son transferidos bajo los mecanismos y condiciones siguientes:

- Para paquetes de longitud no mayor a  $P$ , son transferidos utilizando el mecanismo de acceso básico.
- Para paquetes longitud entre  $P$  y  $L_f$ , son transferidos utilizando el mecanismo RTS/CTS.
- Para paquetes de longitud mayor a  $L_f$ , son transferidos utilizando la fragmentación.

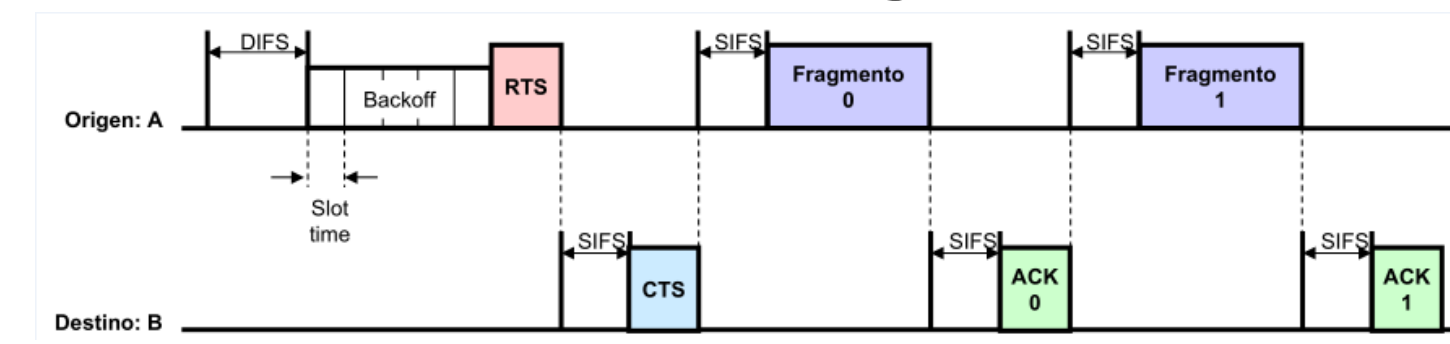
## Mecanismo de acceso básico



## Mecanismo de acceso RTS/CTS



## Mecanismos de fragmentación



## OBJETIVO

Analizar e implementar la programación de las fórmulas en MATLAB para obtener los resultados numéricos del rendimiento y la probabilidad de rechazo de paquetes en el estándar IEEE 802.11 presentadas en [1], para la obtención de las características numéricas del rendimiento del protocolo, realizar la comparación de estos resultados, bajo las mismas características, y con el uso del simulador Pythagor.

## Objetivos particulares

- Analizar la probabilidad de rechazo y el rendimiento bajo condiciones de saturación utilizando distribuciones de probabilidad, que medirán los tiempos de servicio.
  - Se utilizará la DCF y la fragmentación de paquetes.
  - No se consideran factores externos que puedan afectar la entrega de paquetes y el funcionamiento de la red.
  - No se consideran nodos ocultos.
- Implementar un algoritmo computacional para obtener los resultados numéricos de la probabilidad de rechazo y así hacer una comparativa del modelo analítico

## MODELO ANALÍTICO

### Parámetros establecidos por el estándar 802.11

Slot Time $\sigma$	20 $\mu$ s	Longitud del paquete $l$	$\{l, \dots, 2000\}$ bytes
Cabeza MAC PHY	40 bytes	Tiempo de propagación $\delta$	2 $\mu$ s
Longitud de ACK y CTS	20 bytes	Cabeza de transferencia de tiempo $l_i$	121 $\mu$ s
Longitud RTS	35 bytes	Tiempo de transferencia ACK $T_{ack}$	406 $\mu$ s
SIFS	10 $\mu$ s	Tiempo de transferencia RTS $T_{rts}$	111 $\mu$ s
DIFS	212 $\mu$ s	DIFS	50 $\mu$ s
Límite de intentos cortos $N_1$	7	Velocidad del canal $V$	11 Mbps
Límite de intentos largos $N_2$	4	Ventana de contención mínima $W_0$	32 slot
Umbral RTS/CTS $P$	500 bytes	Ventana de contención máxima $W_m$	2024 slot
Umbral de fragmentación $L_f$	600 bytes		

## Probabilidad de transmitir por un canal virtual

$$p_e = (1 - \tau)^N, \quad p_s = N\tau(1 - \tau)^{N-1}, \quad p_c = 1 - p_e - p_s$$

## Probabilidad de que transmita una estación

$$\tau = \frac{\sum_{l=1}^{l_{\max}} d_l f_l}{\sum_{l=1}^{l_{\max}} d_l (f_l + w_l)}$$

## Cálculo del rendimiento

$$S = \frac{p_s \sum_{l=l_{\min}}^{l_{\max}} \sum_{k=0}^{K(l)} 8l\pi_h(l, k) \hat{d}_{lk}}{p_e \sigma + p_s T_s + p_c T_c}$$

## Probabilidad de rechazo en el mecanismo de acceso

$$\text{Básico: } p_{rej}(l) = (\pi_{cd}(l))^{N_s}$$

$$\text{RTS/CTS: } p_{rej}(l) = \sum_{i_d=0}^{N_d-1} \sum_{i_r=N_s}^{N_s+i_d(N_s-1)} \zeta_l^r(i_d, i_r) \sum_{i_r=0}^{N_d(N_s-1)} \zeta_l^d(i_r)$$

$$\text{Fragmentación: } p_{rej}(l) = p_{rej}(L_f) + \sum_{k=1}^{K(l)-1} \hat{p}_{rej}(L_f) z_{l,k} + \hat{p}_{rej}(r_l^0) z_{l,0}$$

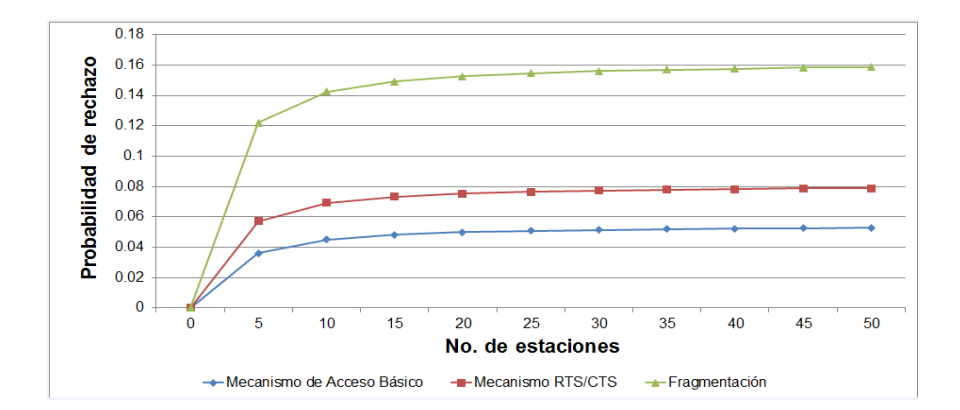
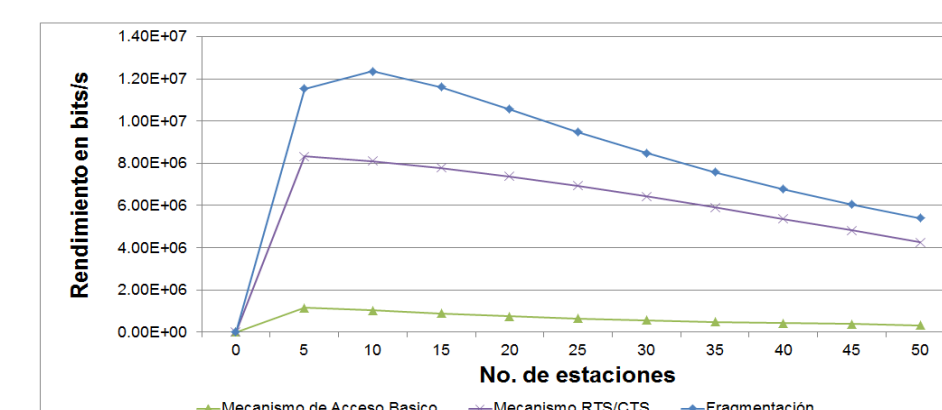
## RESULTADOS NUMÉRICOS

### Resultados por programación en MATLAB

Mecanismo de Acceso Básico	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	1.13E+01	1.06E+01	1.00E+01	9.45E+00	8.95E+00	8.48E+00	8.04E+00	7.62E+00	7.22E+00	6.84E+00
No. de Rechazos $R^*$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Mecanismo RTS/CTS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	8.20E+00	8.11E+00	7.96E+00	7.84E+00	7.74E+00	7.64E+00	7.54E+00	7.44E+00	7.34E+00	7.24E+00
No. de Rechazos $R^*$	0.0075	0.0089	0.0102	0.0115	0.0127	0.0139	0.0150	0.0161	0.0171	0.0181

Fragmentación	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	1.16E+01	1.04E+01	9.80E+00	9.24E+00	8.74E+00	8.28E+00	7.84E+00	7.41E+00	7.00E+00	6.60E+00
No. de Rechazos $R^*$	0.0019	0.0046	0.0082	0.0126	0.0176	0.0230	0.0287	0.0346	0.0406	0.0466

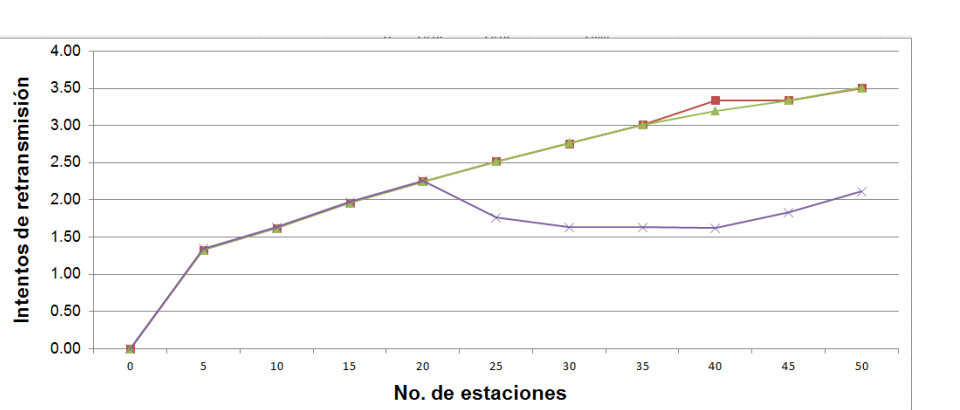
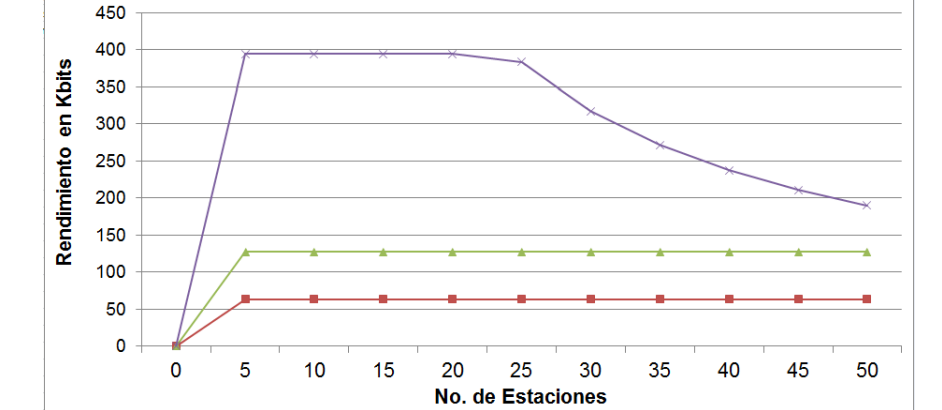


### Resultados por Simulación Pythagor Simulator

Mecanismo de acceso básico	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2
No. de Rechazos $R^*$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mecanismo RTS/CTS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	8.2	8.1	8.0	7.9	7.8	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3
No. de Rechazos $R^*$	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016

Mecanismo Fragmentación	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Rendimiento $S^*$	11.4	10.4	9.8	9.3	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3
No. de Rechazos $R^*$	0.002	0.005	0.009	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037



## CONCLUSIONES/CONCLUSIONS

Con el estudio del estándar IEEE 802.11, la DCF y el protocolo CSMA/CA, así como sus mecanismos de transmisión, se analizó el rendimiento y la probabilidad de rechazo de paquetes en la transmisión de datos en redes Wi-Fi; proporcionando una idea clara y precisa del comportamiento de dichas redes al ser afectadas por condiciones externas y físicas, que provocan que un paquete de datos no se transmita con éxito desde un nodo fuente hacia un nodo destino. La región de optimalidad encontrada para el rendimiento y la probabilidad de rechazo, se presenta en un rango de  $N \leq 30$  estaciones activas

## REFERENCIAS/REFERENCES

- [1] Vishnevskii, V. 2003. Optional Tools of the Wi-Fi Protocol: Study in Saturation, Distributed Modelling Communication Networks, Moscow, Russia.
- [2] Anurag Kumar, Majunath. D and Joy Kuri. 2008. Wireless Networking, Elsevier.
- [3] Schriber, T. J. 1974. Simulation using GPSS, Jonh Wiley & Sons. 1974.