



Uso de simuladores como herramienta didáctica para análisis solución de problemas en asignaturas de redes de computadoras

José Juan Rico Castro, Leonel Gualberto López Salazar, Gonzalo Iván Hernández Vázquez, Omar García León

RESUMEN

En asignaturas de redes de computadoras es fundamental el conocimiento y aplicación de herramientas como simuladores, switches y routers a través de los cuales los alumnos desarrollen competencias y habilidades necesarias para su desarrollo profesional. Este documento tiene como objetivo analizar cómo utilizar estas herramientas de apoyo didáctico con el fin de generar una metodología y aplicarla en la solución de problemas de cálculo y análisis de redes y subredes y junto a la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) así, los alumnos desarrollaran la competencia de configurar sistemas de asignación automática de direcciones IP (DHCP) como parte de su formación para automatizar procesos en la administración de redes de computadoras.

La metodología consiste en realizar una introducción a través de ejercicios didácticos con ejemplos ilustrativos y proponer a los alumnos resolver problemas, de igual manera se utilizarán herramientas en línea -Calculadora VLSM y simulador Cisco Packet Tracer- que permitan a los alumnos comprobar que las operaciones de cálculo y análisis de requerimientos son correctas y con ello, llevar a cabo prácticas de configuración de un sistema de asignación automática de direcciones IP versión 4 y reforzar los conocimientos adquiridos con prácticas con equipos reales (routers y switches).

ABSTRACT

In computer networks subjects, knowledge and application of tools such as simulators, switches, and routers are essential. Through these tools, students develop the competencies and skills necessary for their professional development. This document aims to analyze how to use these didactic support tools in order to generate a methodology and apply it in solving calculation and analysis problems of networks and subnetworks, along with the Problem-Based Learning (PBL) strategy. In this way, students will develop the competence to configure Automatic IP Address Assignment

Systems (DHCP) as part of their training to automate processes in computer network administration.

The methodology consists of providing an introduction through didactic exercises with illustrative examples and proposing problem-solving tasks to the students. Likewise, online tools -such as the VLSM Calculator and Cisco Packet Tracer simulator- will be used to allow students to verify that the calculation and analysis operations are correct. With this, they will carry out configuration practices for an Automatic IP Address Assignment System, version 4, and reinforce the acquired knowledge through hands-on practice with real equipment (routers and switches).

Palabras claves: simuladores, redes, ABP, VLSM

INTRODUCCIÓN

La creciente adopción de dispositivos conectados y la proliferación de aplicaciones en línea han generado una necesidad urgente de optimizar el uso de direcciones IP en las redes de comunicación. VLSM se ha establecido como una herramienta esencial para lograr este objetivo, ya que permite asignar tamaños de subred variables según las necesidades específicas de cada red.

La idea principal de la segmentación en subredes es la siguiente: inicia con una red, pero es solo una gran red. Como una sola gran entidad, de inicio parece que no hay mayor problema que conectar equipos y realizar las configuraciones en cada equipo, al principio todo parece ir muy bien, el problema es que con el tiempo la red se ha vuelto demasiado grande y esto también ha traído problemas como la administración de equipos - ¿quién tiene qué dirección IP?, ¿en dónde está ubicado dicho usuario y/o equipo? -. Para realizar un mejor control y administración de dichos recursos, lo divides en trozos más pequeños, llamadas subredes, y asignas esas subredes para que se utilicen en diferentes partes de la red interna del campus. Esta breve introducción presenta la división en subredes IP. En primer lugar, se muestra la idea general detrás de un diseño de subredes.

Subredes de máscara de longitud variable.

El concepto de subredes de máscara de longitud variable o VLSM por sus siglas en inglés se plantea resolver problemas específicos para la administración de redes con gran cantidad de equipos

* UNAM, FES Cuautitlán, Computo e Informática,
josejuanricoc@gmail.com. Técnico Académico, Licenciatura





conectados en una infraestructura -como puede ser un campus universitario o una empresa privada- con gran cantidad de dispositivos interconectados entre sí. Para crear subredes de varios tamaños de en una red Clase A, B o C, se deberá realizar un diseño de algunas subredes para lo cual se empleará una máscara, otras con otra, y así sucesivamente. Diferentes máscaras significan diferentes números de bits de equipos y un número diferente de equipos en algunas subredes basados en la fórmula $2^n - 2$. Una máscara de subred es un conjunto de números agrupados en bloques de 1 y 0 en formato decimal, por ejemplo 255.255.0.0 que es el equivalente decimal a realizar las operaciones $2^8+2^7+2^6+2^5+2^4+2^3+2^2+2^1+2^0=255$ en este caso dos veces lo que implica que estamos utilizando 16 bits, la metodología VLSM plantea que podemos modificar la máscara de red para hacer las eficiente el uso de las direcciones IP generando subredes de diferentes tamaños y de esta manera aprovechando no solo la disponibilidad de direcciones, sino el ancho de banda disponible.

Metodología o desarrollo

De acuerdo con la metodología Aprendizaje Basado en Problemas, el método propuesto es el siguiente:

1. Planteamiento del problema.

Supón que eres el administrador de red de una institución educativa y se te pide realizar una reestructuración de los segmentos de red disponibles en la facultad con el fin de hacer más eficiente el uso y distribución de los equipos y direcciones IP disponibles para el campus, de acuerdo con tus conocimientos y habilidades decides implementar división de redes por segmentos más pequeños, para estar seguro realizas un esquema donde dividirás una subred por cada edificio que exista de acuerdo a la siguiente Figura, recuerda que para este esquema no se consideran redes inalámbricas.

Ahora analizaremos las necesidades y criterios para dividir en subredes para cualquier red empresarial nueva o cambiante:

1. ¿Qué hosts deben agruparse en una subred?
2. ¿Cuántas subredes requiere esta red?
3. ¿Cuántas direcciones IP de host requiere cada subred?
4. ¿Usaremos un solo tamaño de subred por simplicidad, o no?

Las Reglas sobre qué hosts están en qué subred se definen a continuación.

Cada dispositivo que se conecta a una red necesita tener una dirección IP. Estos dispositivos incluyen computadoras utilizadas por usuarios finales, servidores, computadoras portátiles, impresoras, y dispositivos de red como enrutadores, conmutadores y cortafuegos. En definitiva, cualquier dispositivo que utilice IP para enviar y recibir paquetes necesita una dirección IP.

En la siguiente figura se ejemplifica el modelo de resolución a desarrollar por parte de los alumnos.



Figura 1. Diagrama modelo de solución.

Se plantean las preguntas a responder por parte de los alumnos:

1. ¿Cuál será el orden de implementación de las subredes?
2. ¿Cuántas subredes se requieren?
3. ¿Todos los segmentos de red o subredes pueden ser del mismo tamaño? Justifique su respuesta.
4. ¿Por qué sí o por qué no sería adecuado utilizar una super red que incluya a todos los equipos?

Ahora se utilizan las herramientas matemáticas para realizar los cálculos de subredes, para ello se toma como base un segmento de red clase B; iniciar el proceso de la siguiente manera.

- 1.- Si es necesario se reorganizan las subredes necesarias de mayor a menor, en este caso no es necesario.



Tabla 1. Subredes y cantidad de host.

No.	Edificio	Cantidad
1	Cómputo	250
2	A3	180
3	Posgrado	160
4	A7	150
5	A2	140
6	A11	140
7	Gobierno	120
8	CADI	120
9	A8	90
10	A10	80
11	L3	60
12	L9	60
14	L8	60
14	L4	60
15	L5	50
16	L6	40

2.- Resolución de ejercicios

De acuerdo con la metodología propuesta por (Odo, 2020) sobre VLSM, se ha establecido que se usará una red de clase B 172.16.0.0 y máscara de subred 255.255.0.0 o en notación CIDR /16, por lo tanto, se tienen los siguientes datos.

La red mayor es: **172.16.0.0/16**
 Las direcciones disponibles en la red mayor para equipos son: **2¹⁶=65534**
 Número de direcciones IP necesarias para el esquema: **1760**

Como se puede observar los dos primeros octetos de la subred ya están definidos y estos permanecerán sin cambios.

Tabla 2. Definición de objetos.

172	16	0	0
Octeto 1	Octeto 2	Octeto 3	Octeto 4
Octetos de red		Octetos utilizados para equipos o host	

Los octetos que serán manipulados para realizar el procedimiento de VLSM serán el 3 y 4.

Asignamos los valores para cada octeto de acuerdo con la formula 2ⁿ para calcular el número de host en cada octeto.

Tabla 3. Valor de cada octeto de acuerdo con su posición.

No. de octeto	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
No de host o equipos de acuerdo con la posición del octeto	32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

3.- Cálculo de los segmentos de red a utiliza por cada edificio.

Para calcular la máscara de longitud variable analizaremos los requerimientos planteados y así obtenemos:

La subred de mayor tamaño requerida es de 250 equipos, por tanto, se calcula la máscara a utilizar. Mediante la formula 2ⁿ -2 donde n representa el número de bit a utilizar en la máscara 2⁸-2=256-2=254.

Tabla 4. Representación numérica de VLSM.

Notación decimal	255	255	255	0
notación binaria	11111111	11111111	11111111	00000000
	bits de red			bits de host

De los siguientes datos obtenidos en el punto 2: 172.16.0.0 y máscara de subred 255.255.0.0 o en notación CIDR /16, se observa en la Figura 4 que se requieren 8 bits adicionales para completar el número de equipos a utilizar en la subred, por lo tanto, la nueva mascarará de subred será 16+8 =24 o en notación decimal 255.255.255.0 o /24 en notación CIDR.

También se puede observar de la Figura 2 que para las primeras cinco subredes la mascarará será del mismo tamaño debido a que de acuerdo con la restricción de que una subred debe ser de tamaño igual o mayor, pero no menor al número de hosts requeridos. Así que se debe tener especial cuidado para calcular las subredes y aunque puede parecer repetitivo es importante que se note como se realiza el cambio de subred.

Calcular las direcciones utilizables de esta subred.

La primera será 172.16.0.1 y la última útil será la 2⁸-2=256-2=254

y tendremos el primer segmento definido como sigue.





Hay que recordar que la primera dirección IP representa a la red y la última dirección del segmento -en este caso 254+1 o 255- es la dirección de difusión o broadcast.

Tabla 5. Cálculo de la primera subred.

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es: 172.16.0.0+1	Última Dirección asignable es: 172.16.0.254	Broadcast
Cómputo	250	254	172.16.0.0	/24	255.255.255.0	172.16.0.1	172.16.0.254	172.16.0.255

Al ser de la misma dimensión las siguientes cinco subredes solo se modifica el valor del bit número 8 de tal modo que los valores se obtienen sumando uno a cada valor de la subred como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 6. Agrupación y cálculo de subredes

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
A3	180	254	172.16.1.0	/24	255.255.255.0	172.16.1.1	172.16.1.254	172.16.1.255
Posgrado	160	254	172.16.2.0	/24	255.255.255.0	172.16.2.1	172.16.2.254	172.16.2.255
A7	150	254	172.16.3.0	/24	255.255.255.0	172.16.3.1	172.16.3.254	172.16.3.255
A3	140	254	172.16.4.0	/24	255.255.255.0	172.16.4.1	172.16.4.254	172.16.4.255
A11	140	254	172.16.5.0	/24	255.255.255.0	172.16.5.1	172.16.5.254	172.16.5.255

Para la red Gobierno y CADI el tamaño requerido es de 120 equipos por lo tanto se calcula la máscara a utilizar. $2^7-2=128-2=126>120$, utilizamos en siguiente segmento disponible. En este caso el bit que establece el límite de esta subred es el 7 y nuestra Figura queda de la siguiente manera.

Tabla 7. VLSM para 25 bits de subred y 7 bits para host.

Notación decimal	255	255	255	128
notación binaria	11111111	11111111	11111111	10000000
	bits de red			bits de host

Como se puede observar el número de bits de red y de hosts ha variado ahora el número de bits de red es de 25 y el número de hosts es 7 por lo que la subred queda como se muestra

Tabla 8. Cálculo VLSM para red CADI

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	Subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
CADI	120	128	172.16.6.0	/25	255.255.255.128	172.16.6.1	172.16.6.126	172.16.6.127

La siguiente subred por utilizar se calcula sumando uno a la dirección de broadcast anterior y se continúa con el mismo procedimiento debido a que el número de direcciones requeridas es 120.

Tabla 9. Cálculo VLSM para red Gobierno

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	Subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
Gobierno	120	128	172.16.6.128	/25	255.255.255.128	172.16.6.129	172.16.6.254	172.16.6.255

Como se puede ver aquí se optimiza el uso de las direcciones IP asignadas debido a que el “desperdicio de direcciones es mínimo” y queda de manifiesto la ventaja de utilizar VLSM. Ahora bien, para las redes A8 y A10 se utiliza el mismo tamaño de subred ya que se requieren 90 y 80 direcciones respectivamente por lo tanto se calcula la máscara a utilizar. $2^7-2=128-2=126>190$, utilizamos en siguiente segmento disponible. En este caso se suma un uno a la dirección de broadcast y nuestra Figura queda de la siguiente manera.

Tabla 10. Cálculo VLSM para red A8

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	Subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
A8	90	128	172.16.7.0	/25	255.255.255.128	172.16.7.1	172.16.7.126	172.16.7.127

Tabla 11. Cálculo VLSM para red A10.

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	Subred	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
A10	80	128	172.16.7.128	/25	255.255.255.128	172.16.7.129	172.16.7.254	172.16.7.255

Para los siguientes cinco segmentos se requieren 60, 50 y 40 direcciones IP respectivamente por lo que se calcula la máscara a utilizar. $2^6-2=64-2=62>60$, $62 > 50$, $62>40$ utilizamos en siguiente segmento disponible. En este caso el bit que establece el límite de esta subred es el 6 y nuestra Figura queda de la siguiente manera.



Tabla 12. Cálculo de subred y número de hosts.

Notación decimal	255	255	255	64
notación binaria	11111111	11111111	11111111	11000000
		bits de red		bits de host

Aquí utilizamos 6 bits para hosts y 26 bits para subred y nuestra Figura se muestra a continuación.

Tabla 13. Cálculo VLSM para las redes de igual tamaño máximo

Nombre de subred	Direcciones necesarias	Tamaño máximo (2 ⁿ -2)	Red	CIDR	Máscara Decimal	Primera Dirección asignable es:	Última Dirección asignable es:	Broadcast
L3	60	62	172.16.8.0	/26	255.255.255.64	172.16.8.1	172.16.8.62	172.16.8.63
L9	60	62	172.16.8.64	/26	255.255.255.64	172.16.8.64	172.16.8.126	172.16.8.127
L8	60	62	172.16.8.128	/26	255.255.255.64	172.16.8.128	172.16.8.190	172.16.8.191
L4	60	62	172.16.8.192	/26	255.255.255.64	172.16.8.192	172.16.8.254	172.16.8.255
L5	50	62	172.16.9.0	/26	255.255.255.64	172.16.9.1	172.16.9.62	172.16.9.63
L6	40	62	172.16.9.64	/26	255.255.255.64	172.16.9.64	172.16.9.126	172.16.9.127

3.- Realizando la maqueta y simulación con Cisco Packet Tracer.

La siguiente figura muestra cómo se puede llevar a cabo la simulación de dicha red y subredes. Por cuestiones de espacio solo se muestran los 3 segmentos de red de mayor tamaño.

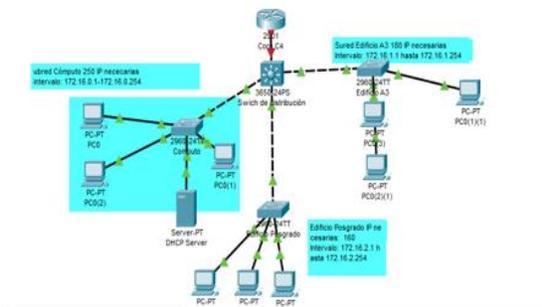


Figura 2. Simulación (Cisco, 2023).

4. Resultados y análisis

Mediante este ejercicio se observa como dividir una red muy grande en segmentos más pequeños provoca que se utilicen mejor los recursos, ya que como se sabe las direcciones IP versión 4 son escasas y realizar un diseño utilizando las submáscaras de red de tamaño variable ayudan no sólo a aprovechar mejor las IP disponibles, sino que también ayuda a utilizar el ancho de banda de una

manera más eficiente encapsulando el tráfico considerado como basura.

Mostramos ejemplos concretos de cómo VLSM permite reducir el desperdicio de direcciones y facilita la administración de subredes en infraestructuras de red heterogéneas.

Observamos también que mediante cálculos aritméticos precisos y ayuda de las matemáticas de manera sistemática se puede realizar una mejor gestión de los recursos de red disponibles, por lo que en caso de diagnóstico y reparación de fallas estas se puede realizar de manera más rápida al tener identificada la subred y el espacio físico al que pertenece.

Implementación práctica de VLSM: Discutimos las estrategias y técnicas actuales utilizadas para implementar VLSM en redes reales. Se describen los procedimientos y software más populares realizar una simulación a partir de los cálculos de máscaras de subred para diferentes topologías y requerimientos.

Desafíos y soluciones en la gestión de VLSM: Abordamos los desafíos actuales en la gestión de VLSM, como la escalabilidad en entornos de red de gran tamaño, la convergencia de rutas y la seguridad en la asignación de direcciones IP. Proporcionamos un método para generar soluciones, propuestas y prácticas recomendadas para superar estos obstáculos.

5. Conclusiones

A través del presente trabajo, se llevó a cabo una metodología que utilizó como herramienta los sistemas numéricos con base en uso de operaciones de conversión de decimal a binario y su aplicación en la resolución eficiente de cálculo de subredes mediante un ejemplo de aplicación a una situación real.

Se hace uso de herramientas de simulación basadas en web para confirmar que los resultados obtenidos a través de los cálculos numéricos realizados fueron adecuados y correctos y su aplicación a problemas específicos permite una visualización detallada de una solución analítica. Esta metodología de trabajo desarrolla las habilidades necesarias para que los alumnos puedan resolver problemas complejos combinando análisis numérico con herramientas de simulación.



Como se ha podido analizar VLSM se ha convertido en una herramienta indispensable para la optimización de redes de comunicación mediante una asignación eficiente de direcciones IP. Su adopción generalizada ha permitido reducir el consumo de direcciones y facilitar la administración de subredes en entornos complejos. A medida que las redes continúan expandiéndose, se espera que VLSM siga desempeñando un papel crucial en la mejora del direccionamiento y la eficiencia global de las infraestructuras de comunicación

Omar García León: Licenciado en Administración Financiera por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Maestría en Empresas por la Universidad de Barcelona y Doctorado por la Universidad de Barcelona.

Agradecimientos

Agradecemos ampliamente el apoyo recibido por parte de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico **DGAPA de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, a través del proyecto PAPIME PE108322.

5. Índice de referencias

- Wendell Odo (2020). *CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1*. Perspectives on IPv4 Subnetting (pp 268-274). Hoboken, NJ: Pearson Education, Inc.
- Cisco Packet Tracer (Nº de versión 8.1.1.0022). (2022). Windows 10. Cisco Systems. Sobre implementación de subredes de longitud variable. <https://id.cisco.com/>

INFORMACIÓN ACADÉMICA

José Juan Rico Castro: Ingeniero en computación administrativa egresado de la Universidad TEC Milenio.

Leonel Gualberto López Salazar: Licenciado en Matemáticas Aplicadas en Computación por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales ENEP Acatlán, Maestro en Gestión de Tecnologías de la Información por la Universidad TEC Milenio y Doctor en Educación por la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

Gonzalo Iván Hernández Vázquez: Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado de la Universidad Tecnológica de México.

