

Forma diferencial	Forma integral
$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_v$	$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \int_v \rho_v$
$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$
$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{B}$
$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\oint_L \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \int_S \left(\mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S}$

Table 1: Leyes de Maxwell

0.1 Leyes de maxwell

Se presentan las ecuaciones de Maxwell en la tabla 1. Donde es necesario recordar el operador DEL (??)

- El gradiente de un escalar V : ∇V
- La divergencia de un vector A : $\nabla \cdot A$
- La rotacional de un vector A : $\nabla \times A$
- El Laplaciano de un escalar V : $\nabla^2 V$

Además se tienen ecuaciones auxiliares:

Relación entre la Densidad de Campo Eléctrico y la Intensidad de Campo Eléctrico.

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad (1a)$$

Relación entre la Densidad de Campo Magnético y la Intensidad de Campo Magnético.

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (1b)$$

Densidad de Corriente de conducción.

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (1c)$$

Densidad de Corriente de convección en función de la densidad de carga volumétrica.

$$\mathbf{J} = \rho_v \mathbf{v} \quad (1d)$$

Hay ligeras modificaciones si son para conductores malos (aislantes):

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} + \mathbf{P} \quad (2a)$$

$$\mathbf{B} = \mu(\mathbf{H} + \mathbf{M}) \quad (2b)$$

Donde \mathbf{P} es el campo de polarización y \mathbf{M} es el campo de magnetización, cuando el dieléctrico es lineal se tiene:

$$\mathbf{P} = \chi_e \epsilon_0 \mathbf{E}$$

$$\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H}$$

The diagram shows the electric wave equation: $\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$. Annotations with arrows point to various parts of the equation:

- ∇^2 : The Laplacian operator
- \vec{E} : The vector electric field
- μ_0 : The magnetic permeability of free space
- ϵ_0 : The electric permittivity of free space
- $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$: The second derivative of the vector electric field with time
- The entire left side $\nabla^2 \vec{E}$: The second derivative of the vector electric field over space

(a) Ecuación de onda para campos eléctricos.

The diagram shows the magnetic wave equation: $\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$. Annotations with arrows point to various parts of the equation:

- ∇^2 : The Laplacian operator
- \vec{B} : The vector magnetic field
- μ_0 : The magnetic permeability of free space
- ϵ_0 : The electric permittivity of free space
- $\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$: The second derivative of the vector magnetic field with time
- The entire left side $\nabla^2 \vec{B}$: The second derivative of the vector magnetic field over space

(b) Ecuación de onda para campos magnéticos.

Figure 1: Ecuaciones de onda

R No confundir enrutamiento con direccionamiento. El primero se trata de saltar entre redes, por ejemplo mandar datos desde la LAN propia de un empresa hacia la LAN propia de otra empresa, los datos salen de nuestra red y viajan; mientras que el direccionamiento se trata dentro de la misma red, mandar a imprimir un archivo en una impresora LAN.

Vale la pena recordar el contexto en el que estamos para trabajar la cada de red, esta se puede ver en la figura 4, el host 1 es una computadora conectada directamente al ISP

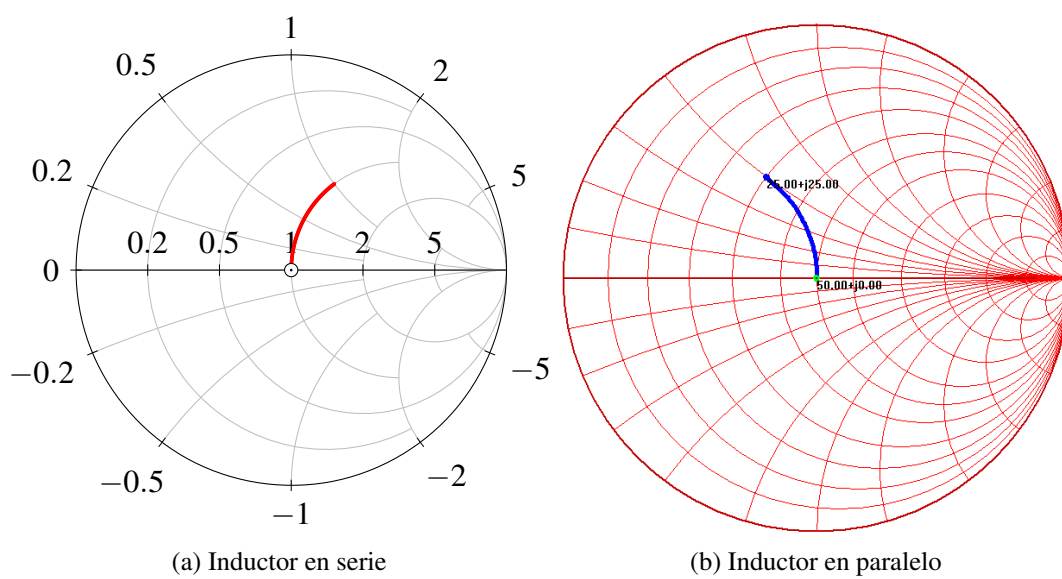


Figure 2: Inductancias

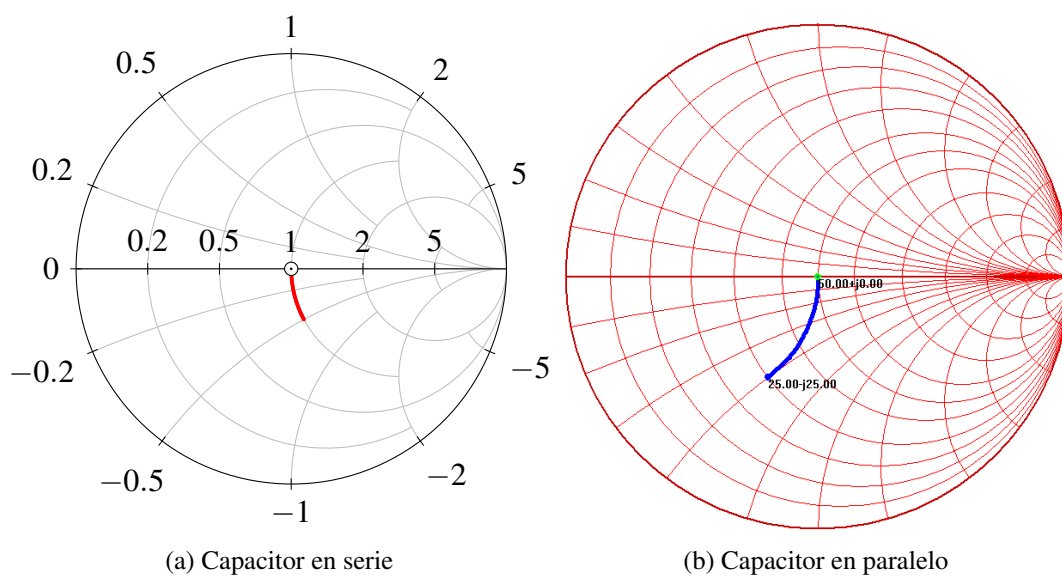


Figure 3: Capacitancias

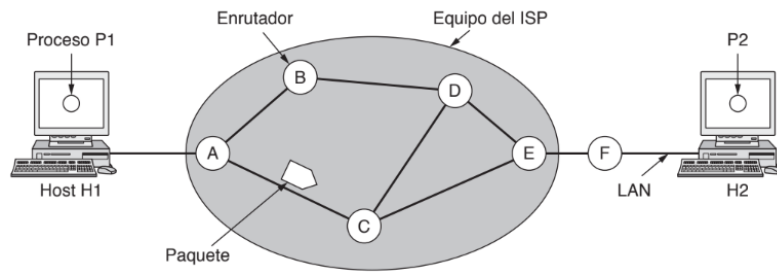


Figure 4: Entorno de los protocolos de la capa de red

(Proveedor de servicio de internet) representado por la región ploma, mientras que el host tiene un conexión que pasa a través de F, pudiendo ser una oficina con un router LAN. Existen diferentes formas que un datagrama llegue de un punto a otro, estas pueden ser enviadas de diferentes maneras a través de la **red de datagramas** que solo es aplicada para las **conexiones no orientadas a la conexión** pues son enrutadas de manera independiente. En la figura 5 podemos ver que un flujo de datos ha sido fragmentado en 4 datagramas, además nos presentan las tablas de enrutamiento¹ que indican como van a viajar los datagramas, si vemos la tabla A (al principio), notamos que la primera columna es el destino y la segunda la línea. La primera fila se ignora pues estamos ya en A, la segunda fila será leída: *Para enviar el datagrama a B, usamos la línea hacia B*. Esta misma sintaxis será usada por los demás cuadros, estos cuadros dependen de cada sistema y no son fijos, habrá caminos restringidos por alguna razón, por ejemplo en la tabla de C notamos que para llegar a D, no lo podemos hacer directo, sino que tenemos que pasar por E. Los datagramas 1, 2 y 3 han sido enrutados por el mismo camino pero 4 ha sido enrutado por otro camino, esto es porque la tabla de A ha sido cambiada por la de (más tarde), tal vez hubo tráfico por lo que se enruto por otro camino, para esto se usan **algoritmos de enrutamiento**.

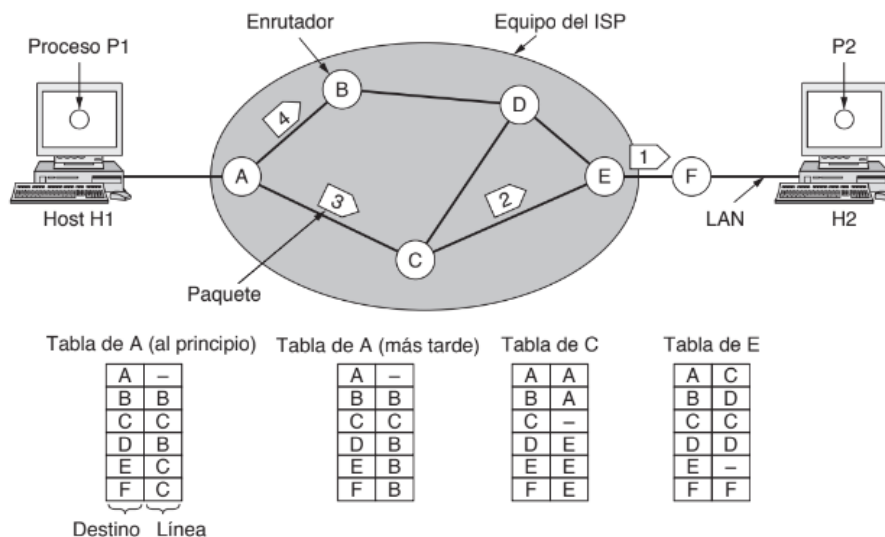


Figure 5: Enrutamiento dentro de una red de datagramas.

Mientras que para lo **servicios orientados a la conexión**, los caminos ya están definidos

¹ Solo sirven a manera de ejemplo, no siempre son esos valores

como se ve en al figura 6, estos caminos son llamados **circuitos virtuales** y la red es llamada **red de circuitos virtuales**. En cada enrutador ya se tiene configurada la ruta, todo tráfico fluye por esa conexión y cuando se libera, también se termina el circuito virtual. Aquí cada paquete lleva un identificador que indica a cuál circuito pertenece.

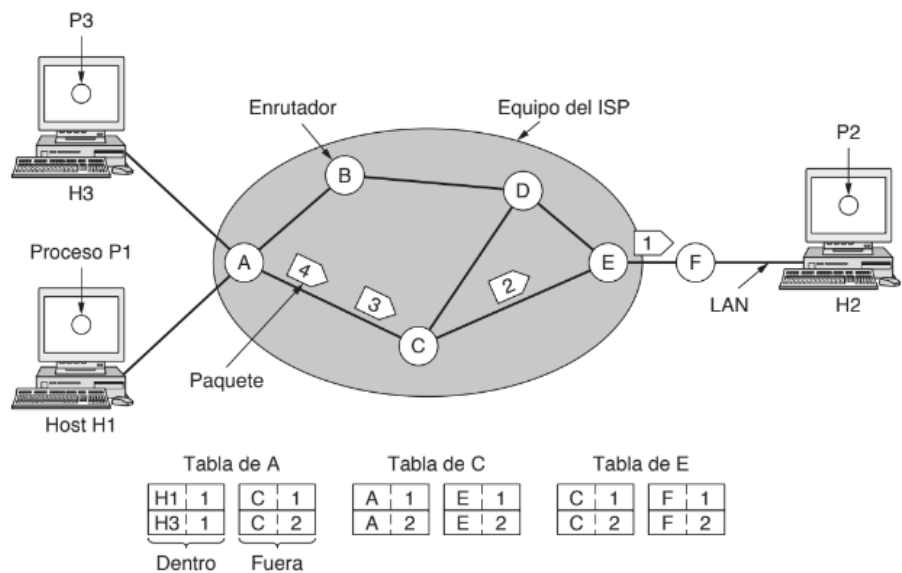


Figure 6: Enrutamiento dentro de una red de circuitos virtuales.

En la figura 6, la conexión entre *H1* y *H2* se ve plasmada en las primeras filas de cada tabla: tabla A: si *H1* con la etiqueta 1 llega a A, está será enviada a *C* con la etiqueta 1; en tabla C, si llega de A con la etiqueta 1, será enviada a *E* con etiqueta 1 y así sucesivamente, sin embargo para *H3* hay un error, pues también quiere comunicarse con *H2*, al llegar a A, este si sabe cuales paquetes viene de *H1* y cuales de *H2*, por los que lo etiqueta diferentes, pero esta información no la saben los demás pues solo se encargan de enviar y no les cambian las etiquetas. Por eso es importante asignar y reemplazar un identificador de conexión en los paquetes de salida.

MPLS (conmutación mediante etiquetas) es un servicio orientado a la conexión.

Asunto	Red de datagramas	Red de circuitos virtuales
Configuración del circuito	No necesaria	Requerida
Direccionamiento	Cada paquete contiene la dirección de origen y de destino completas.	Cada paquete contiene un número de CV corto.
Información de estado	Los enrutadores no contienen información de estado sobre las conexiones.	Cada CV requiere espacio de tabla del enrutador por cada conexión.
Enrutamiento	Cada paquete se enruta de manera independiente	La ruta se elije cuando se establece el CV, todos lo paquetes siguen esa ruta.
Efecto de fallas del enrutador	Ninguno, excepto para paquetes perdidos durante una caída.	Terminan todos los CVs que pasaron por el enrutador defectuoso.
Calidad del servicio	Difícil	Fácil si se pueden asignar suficientes recursos por adelantado para cada CV.
Control de congestión	Difícil	Fácil si se puede asignar sufucientes recursos por adelantado para cada CV.

Table 2: Comparación entre las redes de datagramas y de circuitos virtuales.

0.2 Algoritmos de enrutamiento

Propiedades que debe tener cualquier algoritmo son exactitud, sencillez, robustez, estabilidad, **equidad** y **eficiencia**. Existen dos tipos de algoritmos: **adaptativos** y los **no adaptativos** ó **estáticos**. En la figura 7.a vemos una red con **principio de optimización** y establece que si el enrutador J está en la ruta óptima del enrutador I al enrutador K, entonces la ruta óptima de J a K también está en la misma ruta. Para ver esto, llamemos r_1 a la parte de la ruta de I a J y r_2 al resto de la ruta. Si existiera una ruta mejor que r_2 entre J y K, se podría concatenar con r_1 para mejorar la ruta de I a K, lo cual contradice nuestro postulado de que $r_1 r_2$ es óptima.

Como consecuencia directa del principio de optimización, podemos ver que el grupo de rutas óptimas de todos los orígenes a un destino dado forman un árbol con raíz en el destino. Dicho árbol se conoce como árbol sumidero (o árbol divergente) y se ilustra en la figura 7.b, donde la métrica de distancia es el número de saltos. El objetivo de todos los algoritmos de enrutamiento es descubrir y usar los árboles sumidero para todos los enrutadores.

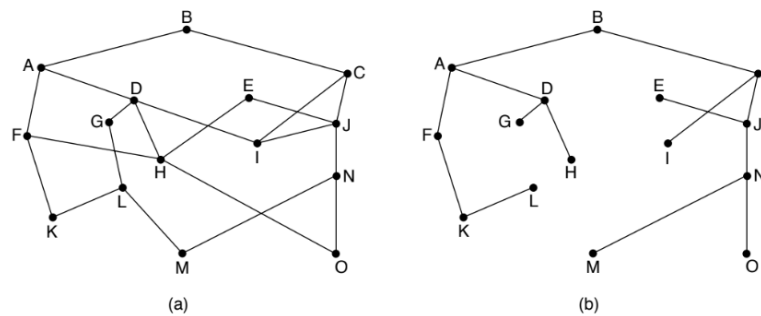


Figure 7: a. Una red. (b) Un árbol sumidero para el enrutador B.