



T1: PROTOCOLO IGP

Introducción

Encaminamiento

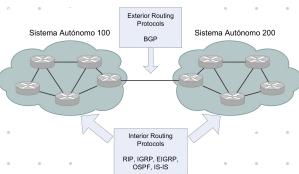
- Permite desplazamiento \rightarrow origen destino
- Implementada a nivel 3 \rightarrow tablas de encam.
- En IP \rightarrow Modelo Salto a Salto: solo interesa el Siguiente Salto
- Métrica o Coste: Permite seleccionar ruta más óptima \rightarrow rutas de otro operador + EC
- Protocolo de encaminamiento
 - obtiene info. sobre encaminamiento \rightarrow actualiza tabla encam.
 - Requiere intercambio info. con otros encaminadores
 - dinámico \rightarrow otra posibilidad: estático
 - Red o host del destino (dirección y másc./netfijo)
 - Dirección IP Próx. Salto
 - Métrica de la Ruta (saltos, rebote, ancho banda...)
 - Interfaz Salida
- selección de Rutas
 - Menor coste
 - distancia administrativa \rightarrow asociar pesos
 - Routers \rightarrow Rutas con =< distancia admin (este) \rightarrow activa balanceo de carga

Protocolo	Distancia Administrativa
Conexión directa	0
Ruta estática	1
eBGP	20
EIGRP (Internas)	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (Externas)	170
iBGP	200

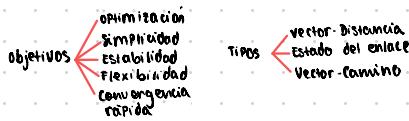


Sistemas Autónomos

- Conjunto Subredes conectadas con una administración común
- Cada SA establece protocolo intercambia info. con otros SA



Protocolos: Requerimiento y Clasificación



Vector-Distancia (VD)

info Mantenida:
 + vector de costes
 + vector distancias
 + vector siguiente Salto

info. intercambiada:
 + que? \rightarrow vector distancias
 - cómo? \rightarrow Routers vecinos

funcionamiento:

Router A \rightarrow ∞ - vector distanc.
 Router A recibe vector distanc.

Algoritmo Bellman-Ford

Ventajas: Algoritmo Simple

Desventajas:

- + Gran cantidad de routers
- + Convergencia lenta
- + Genera bucles algunos casos
- + Ineficiente: redes grandes
- + No obtiene visión topológica de la red

IGP encaminan datagramos dentro de SA.

RIP Routing Information Protocol

IGRP Interior Gateway Routing Protocol

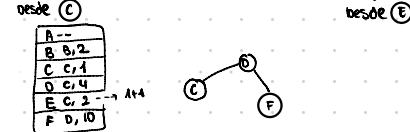
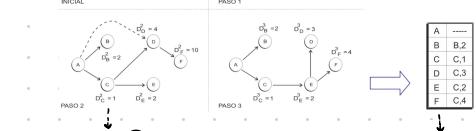
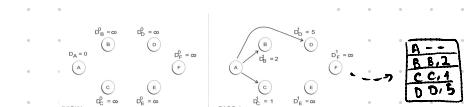
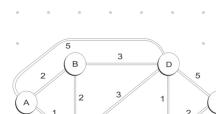
EIGRP Enhanced IGRP

OSPF Open Shortest Path First

IS-IS Intermediate System-to-Intermediate System

EGP encaminan datos entre SA.

BGP Border Gateway Protocol



T1: PROTOCOLO IGP

(INTRODUCCIÓN)

Estado de Enlaces (LS)

info Mantenida:

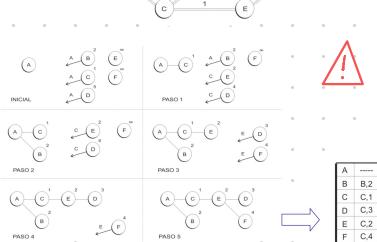
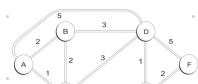
- + estado y coste de los enlaces

info. intercambiada:

- + que? → estado enlaces routers
- clásico? → Routers de la red

funcionamiento:

- + Router A → Estado
- + Router A recibe Estado
- + obtiene topología de la red → calcula rutas



vector Distancia vs Estado enlaces:

	Vector distancia	Estado enlaces
Requiere visión topológica de la red		✓
Sólo intercambia información con los vecinos	✓	
Convergencia lenta, actualizaciones frecuentes	✓	
Actualizaciones desencadenadas por sucesos		✓
Escalable, jerárquico		✓
Requiere protección frente a bucles	✓	
Métrica de saltos	✓	
Multimétrica		✓

Algoritmo Dijistra o SPF

Ventajas:

- + Envío → menor info.
- + Convergencia más rápida
- + Más eficiente → redes grandes
- + Se puede limitar → Visión jerárquica

Inconvenientes:

- + Algoritmo más complejo
- + Mayor consumo Recursos

Vector Canónico (VC)

info. mantenida:

- + vector de caminos

info. intercambiada:

- + que? → vectores caminos
- clásico? → Routers vecinos

funcionamiento:

- + VD
- + Prescribe métricas (costes)
- + se relacionan todos los RS a atravesar

Ventajas:

- + Evita problemas de inconsistencia (no métricos)

info. intercambiada:

- + lista RS a atravesar.
- un RS puede tener políticas encajan q. surgen en la red.
- los caminos de cada RS

funcionamiento:

- + seguridad, rendimiento, calidad

Protocolos Classful y Classless

Protocolos **Classless** → incluyen prefijo asociado a las redes de destino (conforme con CIDR)

IPV4 → si usamos másc. no estandar → classless

IPV6 → siempre classless

con classless → congestiona más la red (más info)

	Classful	Classless
RIPv1	✓	
RIPv2	✓	✓
IGRP	✓	
EIGRP	✓	
OSPF	✓	
IS-IS	✓	
BGP3	✓	
BGP4		✓

Routing Information Protocol (RIP)

RIP v1

• Vector - Distancia, Classful

• Puerto 520 / udp

• Métrica de saltos [DA de 16]

↳ num saltos max = 15

↳ Rutas inalcanciables → métrica 16

• Actualización Rutas por broadcast

↳ cada 30 seg.

↳ Máx 25 rutas/mensaje

• Utiliza ~~split horizon~~ poison reverse triggers

• Sin autenticación

• Con autenticación

RIP v2

• Vector - Distancia, classless

• Puerto 520 / udp

• Métrica de saltos [DA de 16]

↳ num saltos max = 15

↳ Rutas inalcanciables → métrica 16

• Actualización Rutas por Multicast (24.0.0.9)

↳ cada 30 seg.

↳ Máx 25 rutas/mensaje

Bucle de Encaminamiento

bucle / loops: se generan por inconsistencias en la tabla de encaun en protocolos VD

Soluciones para limitar su efecto:

- cuenta al 00 count to infinity: se limita num saltos entre origin y dest.
- horizonte dividido split-horizon: no se propaga una ruta por el interface donde se ha aprendido dicha ruta.
- envejecimiento inverso poison-reverse: una vez eliminada ruta, gira route no
- actualización por eventos triggers: gira de actualización conforme se detecta el cambio.
- temporizadores de espera holdown timers: cuando una ruta se marca como inaceptable → bloquiza temporalmente

Abriendo para Pequeñas Redes

T1: PROTOCOLO IGP

(RIP)

Config de Protocolo RIP

- router rip
 - network dir_red
 - version 1 | versión 2 | versión 1 2
 - passive-interface interface
 - auto-summary / no auto-summary
 - ip rip send | receive version version
- Habilita el protocolo RIP
Define las redes directamente conectadas que participan en RIP
Establece la versión del protocolo RIP
Impide que se envíen paquetes RIP por un interface
Habilita / deshabilita el agrupamiento de rutas
Establece la versión de los mensajes (se configura en cada interface).

Balanceo de Carga

Lo implementa en Rutas de igual costo



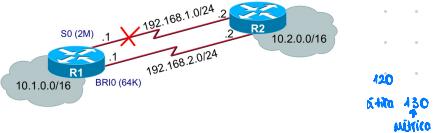
Problema: emulo por los dos

Problema: Solo 1 métrica de saltes

* en traceroute no se puede saber, hay q ver la configuración para el comando ping

Rutas estáticas Backup con RIP

Si una ruta falla, (R2) podemos crear una evitación con menor prioridad a la ruta dinámica aprendida por RIP pero mayor dist. admin



```
R1(config)# ip route 10.2.0.0 255.255.0.0 192.168.2.2 130
```

Verificar estado de RIP

- show ip protocols
- show interface interface
- show ip interface interface
- show running-config
- show ip rip database
- show ip route
- debug ip rip
- debug ip rip (eventos)

Redistribución Rutas Estáticas

Redistribución: inyección de rutas externas dentro del protocolo.

uso frecuente: redistribución ruta por defecto

Ejemplo:

Ej: el router tiene configurado su interface serial0 con la conexión hacia el exterior de la red:

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial0
R1(config)#router rip
R1(config-router)#redistribute static
R1(config-router)#passive-interface serial0
```

Nota: La ruta por defecto también puede inyectarse en RIP con default-information originate

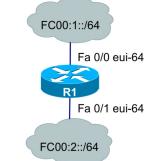
RIPng (next generation) - RIPng

- Vector-Distancia classless
- Puerto 520 / UDP
- Métrica de Salto [DA de 120]
- limum salto max = 15
- P por Multicast FF02::9
- se config. en las interfaces (3 directivas 'network')
- Solo es necesario config. global si usa parámetros globales (ruta por defecto, temporizadores...)
- Utiliza split horizon poison reverse triggers
- Pueden 3 instancias de RIP

RIPng. Ejemplo

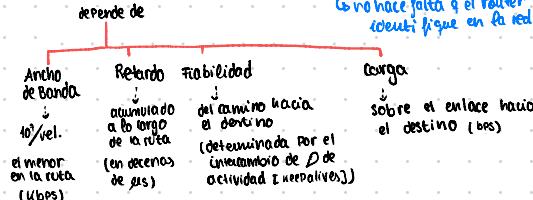
```
ipv6 unicast-routing
interface fastethernet 0/0
  ipv6 enable
  ipv6 address fc00:1::1/64 eui-64
  ipv6 rip miRIP enable
interface fastethernet 0/1
  ipv6 enable
  ipv6 address fc00:2::2/64 eui-64
  ipv6 rip miRIP enable
```

```
ipv6 router rip miRIP
  redistribute static
```



Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)

- + Vector Distancia
- + Clase ful
- + Métrica Compuesta
- + Actualizaciones cada 90s
- + Implementa split horizon con poison reverse updates
- + Permite balanceo sobre rutas ≠ coste
- + No incluye autenticación



$$\text{Métrica: } \frac{(k_1 \cdot \text{BandWidth} + k_2 \cdot \text{BandWidth} \cdot \text{delay})}{256 \cdot \text{load}} + \frac{k_5}{\text{Reliability} + k_4}$$

Por defecto: $k_1 = k_3 = 1$, $k_2 = k_4 = k_5 = 0$ no cuando $K = 5 \geq 1$ [verificar formula]
(Métrica = ancho de banda + retardo)

$$\text{BandWidth} + \text{delay} = \frac{10^7}{\text{vel}} + \frac{\leq \text{retardo}}{10}$$

Ejemplo: Calcule la métrica



$$\text{Métrica R1} = \frac{10^7}{784} + \frac{(1000 + 20000)}{10} = 14555$$

L → elegimos la menor vel.

$$\text{Métrica R2} = \frac{10^7}{224} + \frac{(50000 + 1000)}{10} = 46342$$

T1: PROTOCOLO IGP

(IGRP)

Configuración de IGRP

- router igrp id-sa**
Habilita el protocolo IGRP y asocia el identificador del SA
- network dir_red**
Define las redes directamente conectadas que participan en IGRP
- variance multiplicador**
Controla el balanceo de carga de IGRP. El multiplicador puede variar entre 1 (sin balanceo) y 128. Incluye las rutas que tienen menos de <multiplicador> veces el costo mínimo.
- traffic-share balanced**
Habilita el balanceo de carga proporcional al coste
- default-metric y metric weights**
Modifica la métrica del encaminamiento

IGRP VS RIP v1

- | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|
| + escalable (admite 255 salidas) | - Métrica basada y poco jerárquica | - Soporta famílias múltiples con balanceo avanzado |
| - (admite 15) Routers | - converge más rápido (uso triggers) | - |

Áreas OSPF

- La def de áreas OSPF → mejoría convergencia + carga + procesamiento protocolo
- Cuando → Cambio en el área → difunden LSA dentro área.
- Costo Interfaz router → 1 área

Routers con interfaces

- ... en un área: routers internos, **IR**, ...
- ... en otras: Area Border Router, **ABR**
- ... dentro y fuera área: Autonomous System Boundary Router

Al menos 3 Area 0 (backbone) → todos áreas conectadas a ella

OSPF: areas **intra-area** → la difunden al resto áreas, **inter-area**

Áreas Stubby

- no reciben rutas externas
- interiormente solo se propaga ruta por defecto

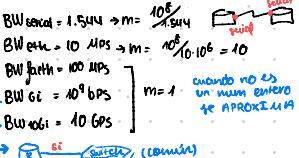
Áreas Not-So-Stubby

- Puede importar rutas de otras s. h. o
- área 0

Open Shortest Path First

(D. M. = 110)

- Protocolo IGP Escalable classes
- Métrica: Ancho de banda ($10^6 / \text{BandWidth}$)



- Cada router → BDDO topológica
- Info. topológica se obtiene intercambio de LSAs (Link State Update)
- Por demanda dentro área → bajo demanda
- LSA: Link State Advertisement
- O "Hello" periódicos (verifican disponibilidad)
- Cuando se detectan cambios en la red → activaciones (triggers)

Terminología OSPF

Enlace: cada interfaz al router

Coste: valor enlace

Estado del enlace: coste + routers vecinos alcanzables

BDDO de adyacencia: lista routers vecinos

BDDO topográfico: info. topográfica todo área
Estado de enlaces OSPF

Router Designado (DR): routers elegidos en las redes

Router Designado de multibranza: para representar a los demás

LSA y paquetes LSU/LSA

Protocolo hello

- Permite hacer seguimiento routers vecinos
- 4s: intervalos regulares (10 o 20 seg) → Multicast 224.0.0.6 DR 224.0.0.5
- Vecinos responden hello → formar adyacencia intercambiando info
- si no hay respuesta (4 intentos): "inaccesible"
- 9 Redes Multidisenso → hello dirigido en DR en BDR
- se elige por prioridad → routers más alto
- o router ID más alto
- (si no se establece ID → por IP virtual menor)

Tipos de LSAs

- Hello
- DataBase Description (DBD): resumen BDDO enlaces
- Link State Request (LSR): solicita vecino → BDDO
- Link State Update (LSU): info. contenido en la BDDO
- Link State Ack (LSAck): confirmación LSU

Tipos de LSA

- Router Links (RL): reflejan estado de las interfaces
 - ↳ generados por cada router en cada área
 - ↳ difundidos dentro de cada área
 - ↳ LS TYPE 1
- Network Links (NL): indican interfaces conectadas red
 - ↳ generados por el DR red
 - ↳ difundidos en el área
 - ↳ se publica sólo en la red
 - ↳ LS TYPE 2
- Summary Links (SL): rutas intercambiadas entre áreas del A.S.
 - ↳ LS TYPE 3 → generados por ABRs
 - ↳ LS TYPE 4 → generados por ASBRs
- External Links (EL): ruta redes externas al A.S.
 - ↳ aprendida → otros protocolos
 - ↳ generadas por ASBR
 - ↳ difundido todo el dominio
 - ↳ LS TYPE 5 o 7 (NLSA)

Tipos de área

- Standar: acepta rutas externas y sumarizadas (desde otras áreas, ZB) ↗
- Backbone: tb standar, debe ⇒ nombre (área Principal)
- Stub Area: no acepta rutas externas
 - ↳ ABR inyecta ruta por defecto
 - ↳ dentro área → no se permiten ASBR ↗
 - Salvo q. BDR el resto ABR
- Totally-Stub-Area (caso): no acepta rutas externas, otros datos
 - ↳ todo se agrupa en la ruta por defecto
- Not-so-Stubby-Area (NSSA): área stub puede conectar ASBR
- Totally Stubby NSSA (caso): área totally stubby
 - ↳ puede conectar ASBR

Rutas y Routers en OSPF

- Intra-Area (IA): rutas originadas dentro del área
 - ↳ por los IR (routers internos)
- Inter-Area (I, IA): rutas obtenidas de otro área + intercambiadas por los ABRs
 - External - Type 2 (E2) / External - type 1 (ET1)
 - ↳ obtenidas por redistribución
 - ↳ suele unificarlos ABR
 - ↳ E2: se incluye coste a partir ↗
 - ↳ E1: incluye coste en la ruta nativa ↗
 - NSSA External - Type 2 / NSSA External-type 1 (OMH)
 - area config como NOT-SO-STUBBY (NSSA)
 - redistribuye hacia OSPF rutas generadas por ASBR (presente en el área)

T1: PROTOCOLO IGP

Configuración OSPF básica

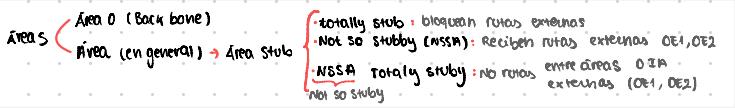
- router ospf proc-id**
Habilita OSPF. El identificador de proceso tiene significado local
- network address wildcard-mask area area-id**
Establece las redes que participan en OSPF (ojo: máscara invertida)
- router-id dir_IP**: Establece una IP como identificador del router
- int loopback 0 e ip address dir_ip 255.255.255.255**
Asignan una dir IP virtual al interface *loopback 0*
- area num area stub [no-summary]**
Configura un área como *stub* (en todos los routers del área). La opción *no-summary*. Se usa para configurar un área *totally stubby* (sólo se configura en el ABR).

Autenticación en OSPF

- Se usa una clave compartida para autenticar los mensajes OSPF. Clave: hasta 8 caracteres. Opcional: cifrada con md5 (se enviará la función *hash* y un *timestamp*).
- Activar la autenticación en OSPF (la segunda opción activa md5):
 - area area-id authentication**
 - area area-id authentication message-digest**
- Configuración de la clave de autenticación en el interface (se usa la segunda opción para md5):
 - ip ospf authentication-key password**
 - ip ospf message-digest-key key-id md5 key**

Verificación de la Configuración OSPF

- show ip protocol**
show ip route
- Para verificar la configuración de OSPF:
 show ip ospf
show ip ospf interface
- Listado detallada de vecinos, prioridades y estado:
 show ip ospf neighbor [detail]
- Muestra la base de datos topológica:
 show ip ospf database
- Eventos OSPF:
 debug ip ospf events
debug ip ospf adj



Áreas Stub o de conexión limitada

- Pueden config. si:
 - solo 1 punto de salida (fuera el resto del AS)
 - Iterando varios puntos → ruteo hacia fuera
- Cuando se config. como stub:
 - no se injectan rutas externas
 - encam hacia fuera de la stub área
(se basa) ruta. Por defecto
- Ventajas
 - ↓ tam. tabla de rutas
 - ↓ ancho de banda (utilizando OSPF)
- Restricciones
 - ↳ todos config como stub area
 - ↳ NO rutas de transit para enlaces virtuales
 - ↳ ASBR → NO puede ser interno a una stub área
- Extensiones: NSSA y Totally Stubby
 - ↳ NSSA: Permite injercción de rutas externas (O E1, O E2) de forma limitada (desde un ASBR dentro área)
 - ↳ totally-stubby: no se injectan rutas (inter-area 0/1A) externas

↳ no hace de forma lim. (NSSA)
 Ning 2 config en el ASBR + totally-stubby

- Establecer un área como *stub* (en todos los routers del área):
 router ospf proc_ospf
area area_id stub
- Marcar un área como NSSA (en todos los routers del área):
 router ospf proc_ospf
area area_id nssa
- Convertir un área *stub* / NSSA en *totally stubby* (en el ABR):
 router ospf proc_ospf
area area_id stub no-summary

OSPFv3

- se config 9 interfaces
- config global → usa para parámetros g°
- NO comunitario < Network auto-summary
- la agrupación solo se puede hacer manual
- Direc Multicast FF02::5 → routers ospf
- FF02::6 → routers DR
- Seguridad: utiliza extensiones de IPsec (ESP, AH)

Ejemplo:

```
R1: ipv6 router ospf 100
    router-id 1.1.1.1
    interface fa 0/0
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:1::1/64
    interface fa 0/1
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:2::1/64
    interface fa 0/2
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:2::2/64
R2: ipv6 router ospf 100
    router-id 2.2.2.2
    interface fa 0/0
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:2::2/64
    interface fa 0/1
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:3::1/64
    interface fa 0/2
    ipv6 enable
    ipv6 address fc00:3::2/64
```

Tabla de Topología. DUAL

obtiene por intercambio de info. de rutas con los vecinos

- DUAL (Diffusing Update Algorithm)** → Algoritmo de vector-distancia de EIGRP
 calcula menor coste → partiendo → tabla vecinos y topología
- DUAL establece en cada destino** → 1 o N sucesores y 0-N sucesores factibles (ruta principal) (rutas alternativas)

- Por cada ruta registra coste ó distancia factible FD
 coste indicado por el vecino o Distancia Informada RD

ENHANCED IGRP (EIGRP)

- Protocolo encajam (Cisco) → evolución IGRP
- Modo híbrido: lo mejor G en modo de enlaces
- Compatible con IGRP + Encam. classless
- convergencia + mejor velocidad de bucles + opera en redes IPX AppleTalk

Características

- Utiliza Protocolo de transporte Propietario RTP (Protocolo de Transporte Fiable) Para intercambio de info. Alimentada por EIGRP
 - ↳ Tabla de vecinos
 - ↳ Tabla de topología
 - ↳ Tabla de encajam.
- Adyacencias se mantienen (4 cada 5 segs por defecto)
- Si un router recibe hello de su vecino ⇒ ruta viable

Métrica EIGRP

- Ancho de banda: $10^3 / \text{bandwidth config en kbps}$
- delay
- reliability: valor 1-255 (alto = mejor)
- load: valor 1-255 (alto = mejor)
- cuando K5=0:
 $[K1 \cdot BW + K2 \cdot delay + K3 \cdot delay] \cdot 256$

T1: PROTOCOLO IGP

(EIGRP)

Tabla de encam.

- Mantiene las rutas enlazadas aprendidas por EIGRP (activas)
- Un Sucesor → ruta de menor coste
 - Rutea hacia hasta 4 rutas de sucesor por destino
- Si ruta principal se pierde → router promueve sucesor secundario
 - Si no hay sucesor secundario → ruta pasa de Activo → Pasivo
 - Si → consulta a los vecinos para reclutar topología

Config. básica EIGRP

- router eigrp sa-id**
Habilita el enrutamiento EIGRP.
- network address [máscara-invertida]**
Establece las redes que participan en EIGRP.
- auto-summary | no auto-summary**
Habilita o deshabilita el agrupamiento de rutas
- traffic-share balanced y variance multiplicador**
Controla el balanceo de carga
- default-metric y metric weights**
Modifica la métrica del encaminamiento

Verificación config. EIGRP

- show ip protocol**
- show ip route**
- show ip eigrp neighbors detail**
- show ip eigrp interfaces**
- show ip eigrp topology**
- show ip eigrp traffic**
- debug ip eigrp fsm**
- debug ip eigrp packet**
- eigrp log-neighbor-changes**

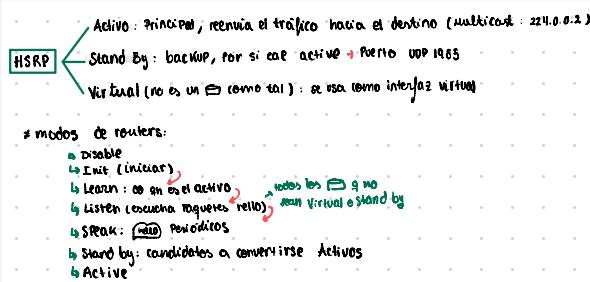
Alta disponibilidad / VRRP / HSRP

- VRRP**: Virtual Router Redundancy Protocol
 - HSRP**: Hot Standby Router Protocol (Cisco)
 - GLBP**: Gateway Load Balancing Protocol (Cisco)
- Implementan soluciones de encam. Para redes de alta disponibilidad

- 2 o más **Router** con la = $P(x)$ → **agrupados** Cluster o grupo
 - Maestro/Activo → resto: "esclavos/Pasivo"
 - Salvo GLBP: todos son activos
- Cluster → asociados direcc. IP y MAC virtuales
 - (se aprece la func. de encam.)
- Router** Maestro/Activo queda fuera de servicio
 - esclavo oculta su lugar

HSRP

- Elección **Activo** en $P(x) \rightarrow$ Prioridad HSRP
= prioridad no IP más alta
- Activo** → **multicast** cada 3 seg
 - si no lo reciben tras 40 segs → **Pasivo** ocupa su lugar



Resumen:

Propiedad	RIPv1	RIPv2	EIGRP	Mixto	OSPF
Vector distancia	✓	✓	✓	✓	✓
VLSM		✓			✓
Autenticación		✓		✓	✓
Protocolo / puerto	UDP/520	UDP/520	IP 9	IP 88	IP 89
Multicast		✓		✓	✓
Tiempo de actualizaciones (seg)	30	30	90	--	--
Tiempo de descarte (seg)	180	180	280		
Distancia administrativa	120	120	100	90 / 170	110

Comandos HSRP:

- Para activar HSRP en un interface:
 - R1(config)# interface nombre numero
 - R1(config-if)# standby [grupo] ip dir_ip
- Un nº de grupo por cada cluster. Si no indicamos grupo: grupo 0. Dir_ip es la dirección virtual asociada al grupo HSRP.
- Prioridad (valores entre 0 y 255). El valor por defecto es 100. Router activo: el de mayor prioridad.
 - R1(config-if)# standby [grupo] priority prioridad
- Para conoce el estado HSRP, prioridad, etc:
 - R1# show standby [brief]

Los **Router** se reportan tráfico de los **VLANs**

