

# Protocolo IP

## Internet Protocol

Ing. Gilberto Sánchez Quintanilla

# Introducción



- IP (Internet Protocol) conforma la capa Internet del modelo TCP/IP.
- Proporciona la funcionalidad de red que hace posible la existencia de redes a gran escala.

# Introducción

## ◆ Servicios IP

- Protocolo de red
- Protocolo de clientes múltiples
- Entrega de datagramas
- Independencia de la capa de interfaz de red
- Fragmentación y reensamblado
- Extensibles mediante opciones IP
- Tecnología de intercambio de paquetes de datagramas.

# Introducción

- Protocolo de red

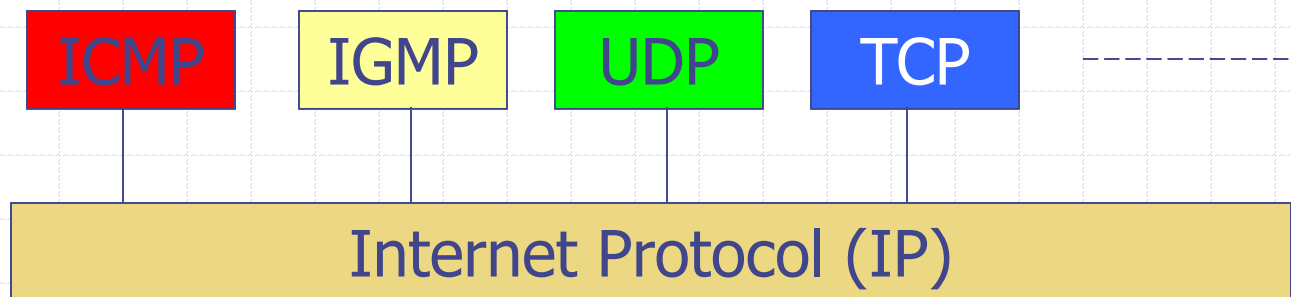
- ◆ IP es un protocolo de la capa de red.
- ◆ IP es un protocolo enrutable.
- ◆ El encabezado IP contiene información necesaria para enrutar el paquete, incluyendo direcciones IP de origen y destino.
- ◆ IP contiene una cuenta de enlaces, que se utiliza para limitar el número de nodos por los cual puede pasar el paquete antes de ser descartado.



Datagrama IP

# Introducción

- Protocolo de clientes múltiples
  - ♦ IP es un transportador entre redes para protocolos de capa superior.
  - ♦ Un paquete IP solo puede contener datos de un protocolo de capa superior.
  - ♦ Tanto el cliente como el servidor, siempre utilizan el mismo protocolo para un intercambio específico de datos



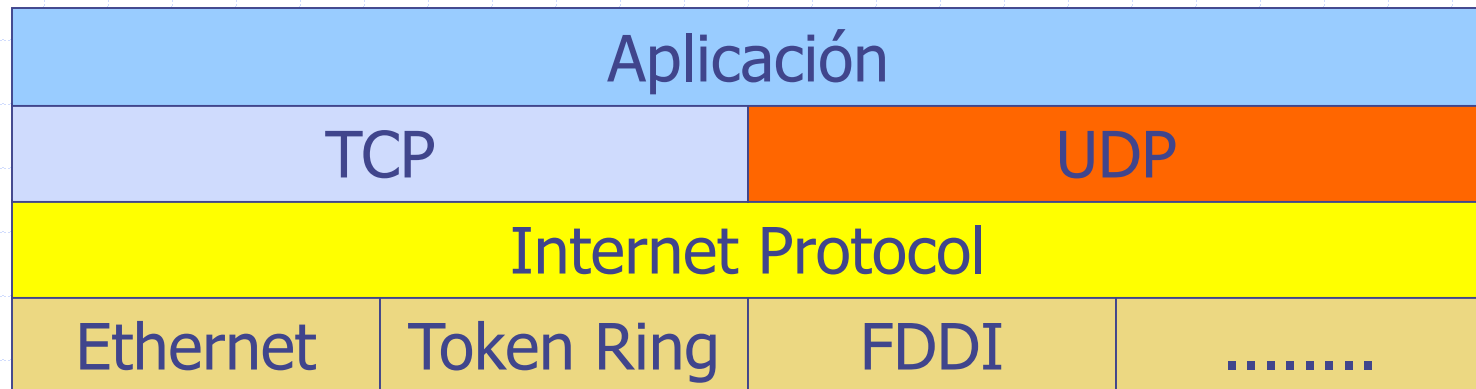
# Introducción

- Entrega de datagramas
  - ♦ IP es un protocolo de **entrega de datagramas** que proporciona un servicio no orientado a conexión.
  - ♦ Es un protocolo **no confiable**, ya que IP envía un paquete sin secuencia y sin una confirmación de que ha llegado al destino.
  - ♦ Es un protocolo del **mejor esfuerzo (best effort)**, ya que hace el mayor esfuerzo para entregar los paquetes al siguiente nodo o al destino final.

# Introducción

- Independencia de la capa de interfaz de red
  - ♦ En la capa de Internet, IP está diseñado para ser independiente de la tecnología de red presente en la capa de interfaz de red.

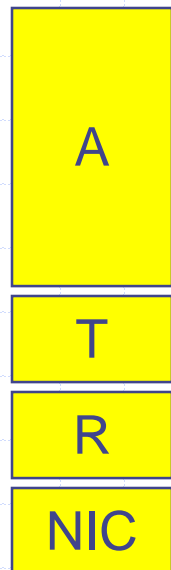
Aplicación  
Transporte  
Red  
NIC



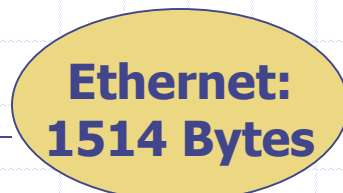
# Introducción

- Fragmentación y reensamblado
  - ♦ Para ser compatible con el MTU (unidad de transmisión máxima) de las tramas de las diferentes tecnologías de la capa de interfaz de red, IP permite la fragmentación de los datos al enviar los paquetes a través de una red que tenga un menor MTU (con respecto al paquete).

**Terminal A**



MTU<sub>IP</sub>=1500 bytes



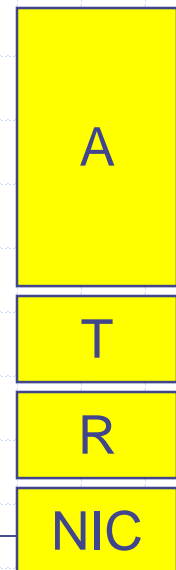
**Ruteador**



MTU<sub>IP</sub>=4500 bytes



**Terminal B**



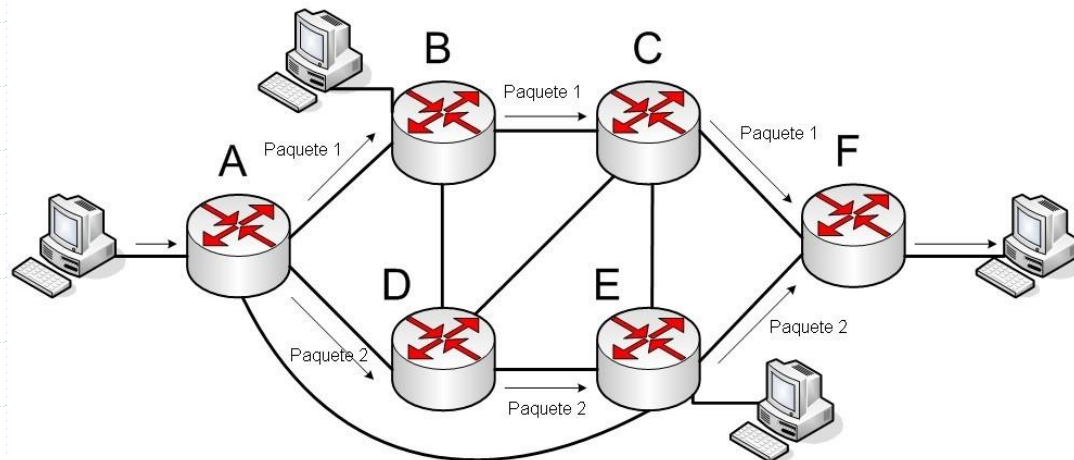


# Introducción

- Extensible mediante opciones IP
  - ◆ Cuando se requieren características que no están disponibles mediante el encabezado IP estándar (20 bytes), se pueden utilizar opciones IP.
  - ◆ Las opciones IP se anexan en la cabecera IP estándar y proporcionan funcionalidad personalizada, como la capacidad de especificar una ruta que puede seguir un datagrama IP en la red.

# Introducción

- Tecnología de intercambio de paquetes de datagrama
  - ♦ Cada paquete es un datagrama, un mensaje no secuenciado sin confirmación que se reenvía a través de los ruteadores de la red conmutada mediante una dirección global.



# Introducción

## ◆ MTU IP

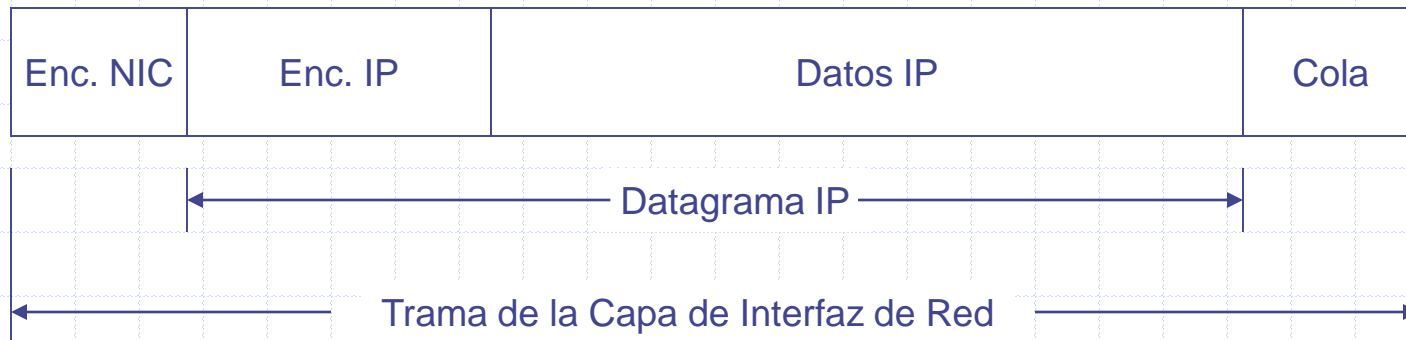
- Cada tecnología de la capa NIC impone un tamaño máximo (MTU) de trama que se puede enviar.

<b>Tecnología de la NIC</b>	<b>MTU IP</b>
Ethernet II	1500
IEEE 802.3 (SNAP)	1492
Token Ring	Varía
FDDI	4352
X.25	1600
Frame Relay	1592
ATM	9180

# Introducción

## ◆ El datagrama IP

- El datagrama IP esta formado por un encabezado IP y datos IP (de subcapa o capa superior).

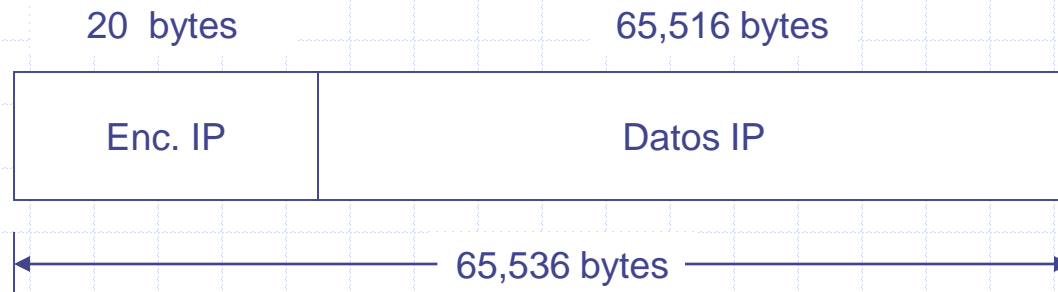


# Datagrama IP

- Encabezado IP: Tiene un tamaño variable , entre 20 y 60 bytes, en incrementos de 4 bytes.
- Proporciona:
  - ◆ Compatibilidad de enrutamiento
  - ◆ Identificación de carga
  - ◆ Indicación del tamaño del encabezado
  - ◆ Indicación del tamaño del datagrama
  - ◆ Compatibilidad de fragmentación
  - ◆ Opciones

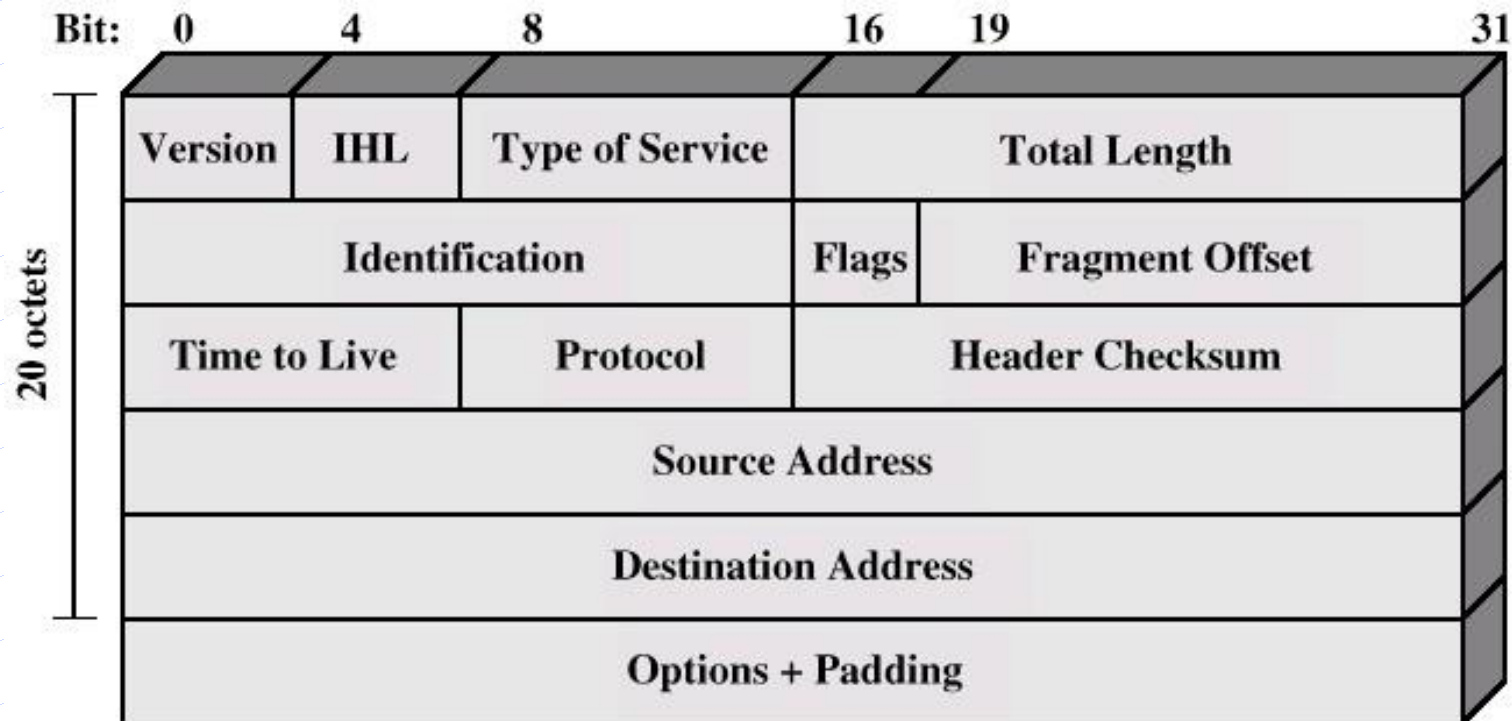
# Datagrama IP

- Carga IP: La carga IP (datos) tiene un tamaño variable de hasta 65,516 bytes (un datagrama IP de 65,536 bytes con un encabezado IP de 20 bytes)



# Encabezado IP

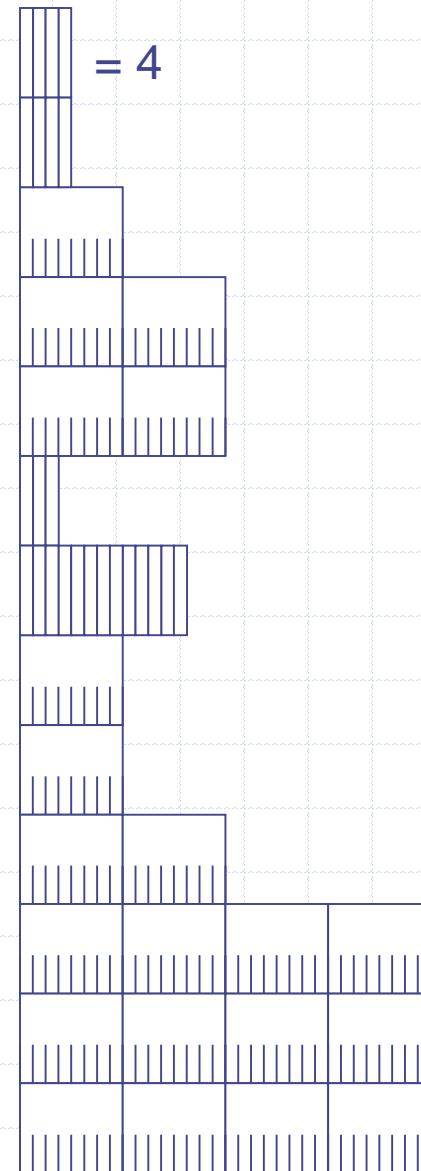
- La estructura del encabezado IP es la siguiente.



# Encabezado IP

○

    Versión  
Long. de encabezado IP  
    Tipo de Servicio  
Long. del datagrama IP  
    Identificador  
    Banderas  
Despl de fragmento  
    Tiempo de Vida  
    Protocolo  
Suma de comprobación  
    Dirección IP origen  
    Dirección IP destino  
Opciones y relleno IP





# Encabezado IP

## ■ Versión.

- ◆ Es un campo de 4 bits de longitud y se utiliza para indicar la versión del encabezado IP.
- ◆ La versión IP estandar utilizada en la actualidad en redes corporativas e Internet es la versión 4
- ◆ La siguiente versión de IP es IPv6 (pero el encabezado IP cambia en esta versión)
- ◆ <http://www.iana.org/assignments/version-numbers>

# Encabezado IP

Registry Name: IP Version Numbers

Reference: [RFC2780]

Registration Procedures: IETF Standards Action

## Registry:

Decimal	Keyword	Version	Reference
0-1	Reserved		[JBP] [RFC4928]
2-3	Unassigned		[JBP]
4	IP	Internet Protocol	[RFC791] [JBP]
5	ST	ST Datagram Mode	[RFC1190] [JWF]
6	IPv6	Internet Protocol v6	[RFC1752]
7	TP/IX	TP/IX: The Next Int.	[RFC1475]
8	PIP	The P Internet Prot.	[RFC1621]
9	TUBA	TUBA	[RFC1347]
10-14		Unassigned	[JBP]
15		Reserved	[JBP]

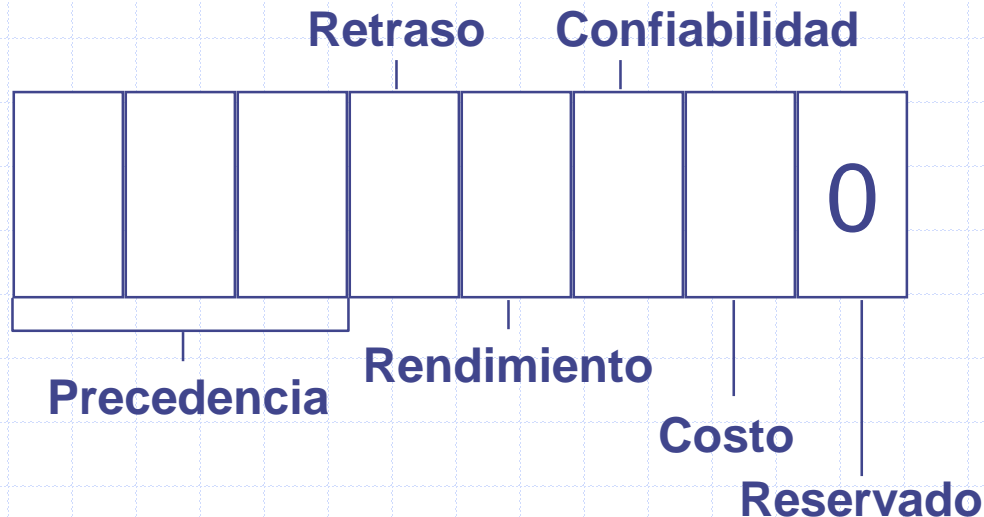
# Encabezado IP

- Longitud del encabezado IP
  - ♦ Es un campo de 4 bits
  - ♦ Con 4 bits se pueden tener valores de 0 a 15.  
 $2^n = 16$  (0 a 15).
  - ♦ Debido a que el encabezado IP estandar (desde versión a IP destino) tiene un tamaño de 20 bytes, el campo versión es un valor múltiplo de 4 bytes.
  - ♦ Por lo tanto el mínimo valor es 5, donde  $5*4=20$ .
  - ♦ El máximo es 15, donde  $15*4=60$ , donde 20 son del campo versión a IP destino y 40 son del campo opciones + relleno.

# Encabezado IP

## ■ Tipo de Servicio

- ◆ Campo de 8 bits de longitud.
- ◆ Se utiliza para indicar la calidad de servicio con la que el datagrama será entregado por el ruteador.



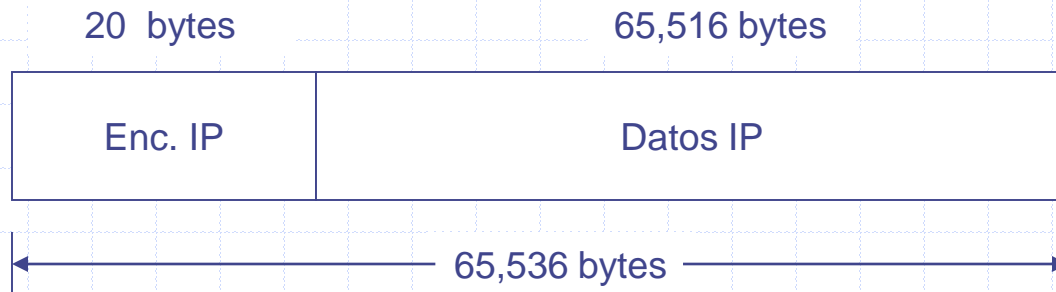
# Encabezado IP

- Tipo de servicio

- ◆ Normalmente un host emisor envía un datagrama IP con el campo TOS configurado con el valor de 0x00.
- ◆ Habitualmente, los ruteadores omiten los valores del campo TOS y reenvían todos los datagramas IP como si los campos no estuvieran configurados.
- ◆ Eso se conoce como enrutamiento **TOS0**.

# Encabezado IP

- Longitud del datagrama IP
  - ♦ Es un campo de 2 bytes de longitud y se usa para indicar el tamaño del datagrama IP.
  - ♦ Con 16 bits la longitud máxima total que puede indicarse es de 65536 bytes.



- ♦  $\text{Datos IP} = \text{Long. datagrama IP} - \text{Long. enc. IP}$

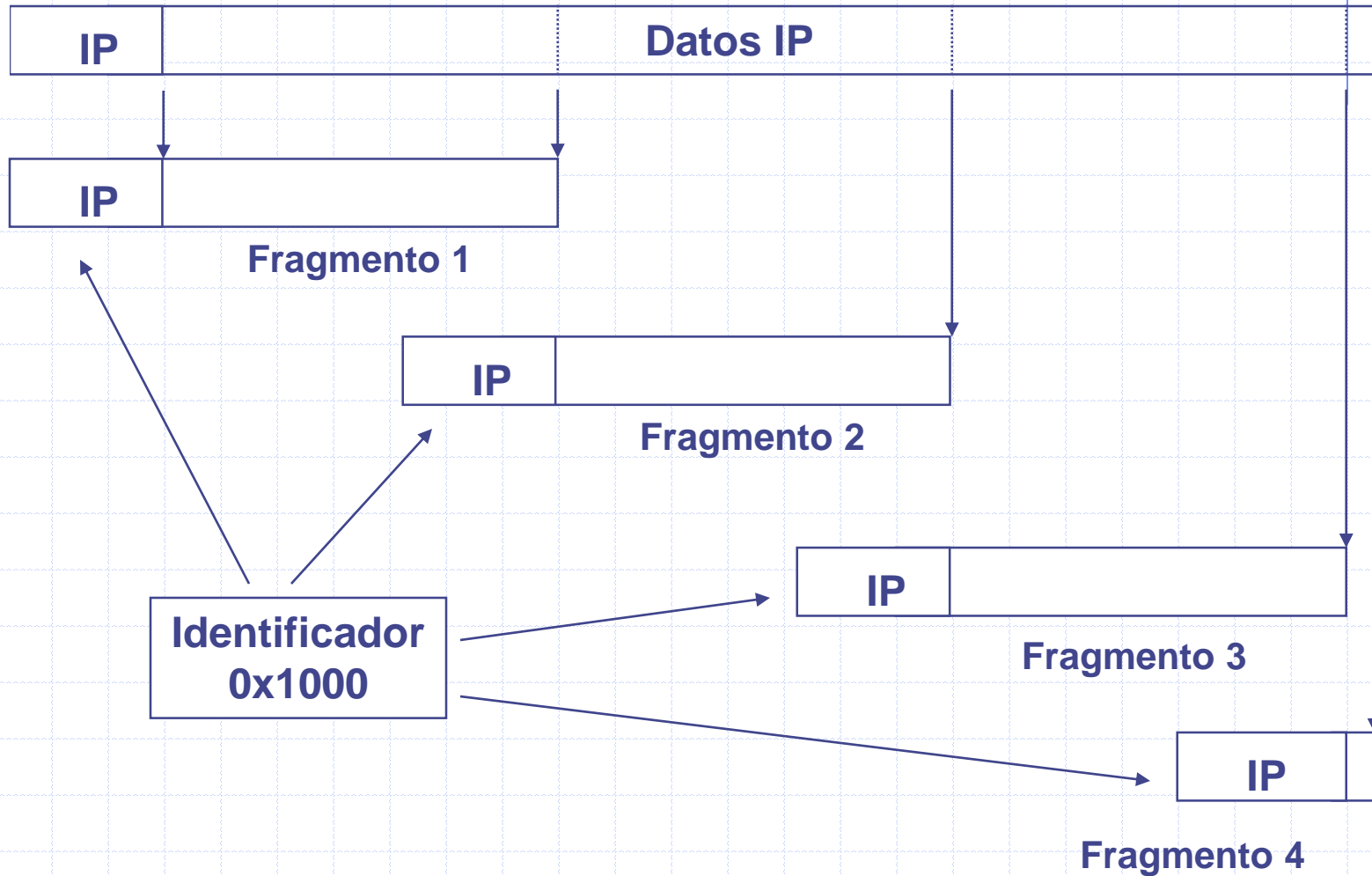
# Encabezado IP

## ■ Identificador

- ◆ Este campo tiene 2 bytes de longitud y se utiliza para identificar el paquete IP específico enviado entre el nodo origen y el nodo destino.
- ◆ El host emisor define el valor del campo, y el campo se incrementa para datagramas IP posteriores.
- ◆ El campo identificador se utiliza para identificar los fragmentos de un datagrama IP original.

# Encabezado IP

Identificador  
0x1000





# Encabezado IP

## ■ Banderas (Indicadores)

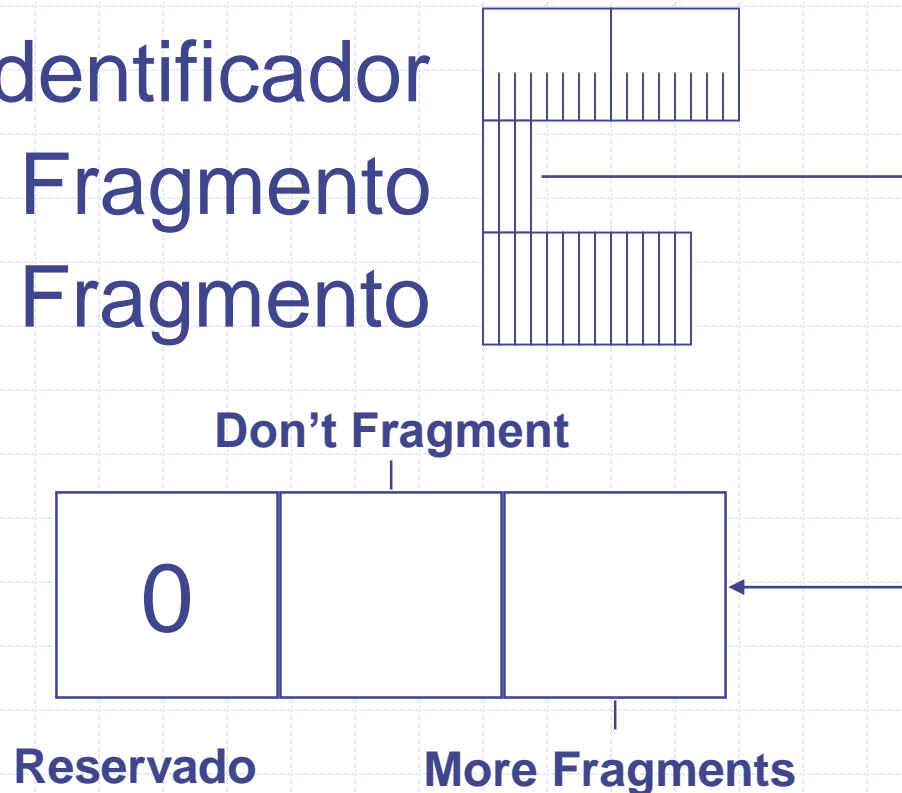
- ◆ Campo de 3 bits, que contiene 2 indicadores de fragmentación.
- ◆ No Fragmentar (DF - Don't Fragment).  
Bandera que se utiliza para indicar si un paquete (datos IP) son adecuados para la fragmentación.
  - DF = 0, se puede fragmentar el paquete.
  - DF = 1, no se puede fragmentar el paquete
- ◆ Mas Fragmentos (MF – More Fragments).  
Bandera que indica si existen más gfragmentos a seguir para este datagrama IP.
  - MF = 0, no hay más fragmentos.
  - MF = 1, hay más fragmentos

# Encabezado IP

## ■ Banderas (Indicadores)

- ◆ Los datos IP (carga útil – Payload) es segmentado y cada segmento es enviado con su propio encabezado IP.

Identificador  
Banderas de Fragmento  
Desplaz. de Fragmento



# Encabezado IP

ID=0x1000  
DF=0, MF=0



ID=0x1000  
DF=0, MF=1



Fragmento 1

ID=0x1000  
DF=0, MF=1



Fragmento 2

ID=0x1000  
DF=0, MF=1



Fragmento 3

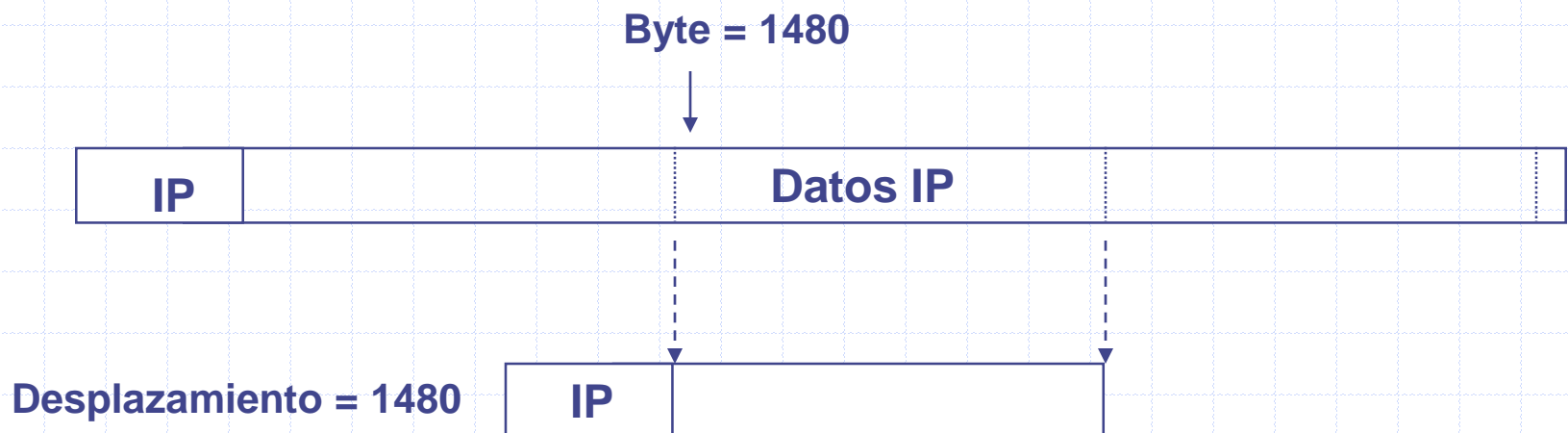
ID=0x1000  
DF=0, MF=0



Fragmento 4

# Encabezado IP

- Desplazamiento de fragmento
  - ◆ Campo de 13 bits que indica el desplazamiento del lugar donde empieza ese fragmento, en relación con los datos IP (carga IP) original no fragmentada.



# Encabezado IP

- Desplazamiento de fragmento
  - ♦ Con 13 bits se pueden direccionar  $2^{13} = 8192$  bytes.
  - ♦ Si el paquete fuera tan grande como 65,516 bytes de datos (de 0 a 65,515), con el campo desplazamiento de fragmento no se podría direccionar un valor de 664,980.

# Encabezado IP

Desplaz. de fragmento = Long. datagrama IP

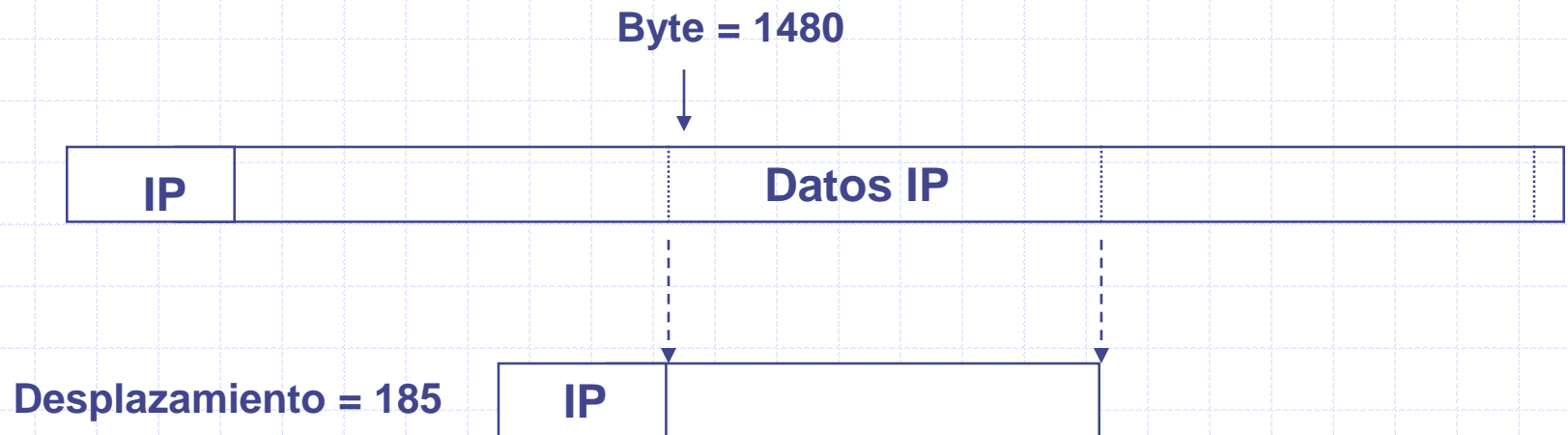
$$X \cdot 2^{13} = 2^{16}$$

$$X = 2^{16}/2^{13}$$

$$X = 2^3$$

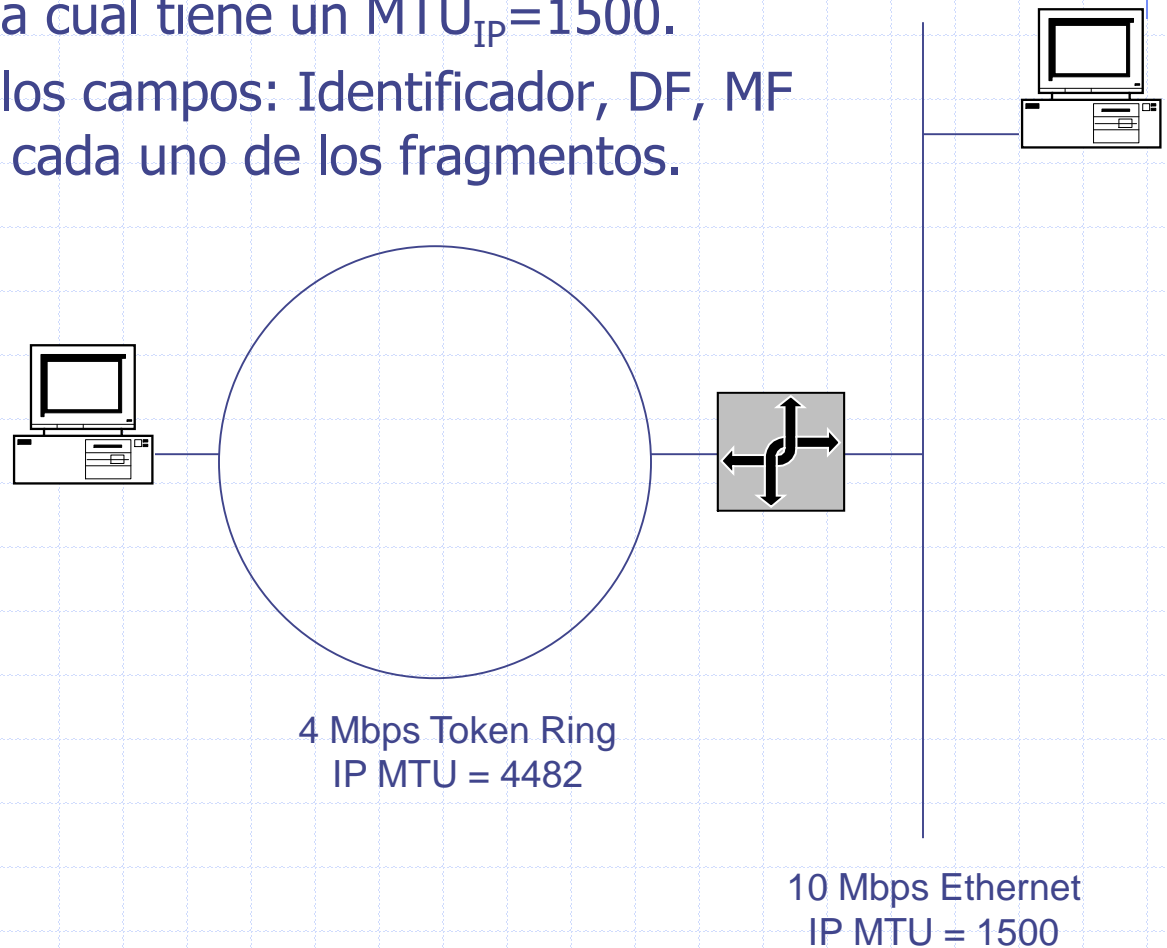
$$X = 8$$

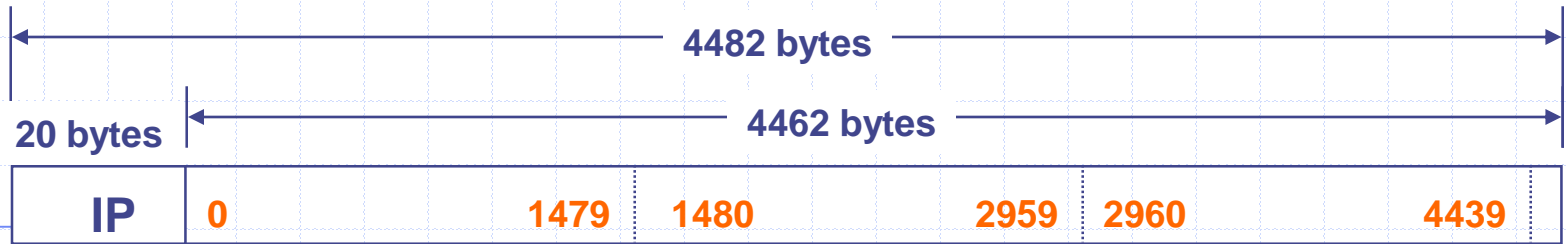
- ♦ Por lo tanto el campo desplazamiento es un valor que es múltiplo de 8.



# Encabezado IP

- Ejemplo: Se tiene una red Token Ring de 4 Mbps, con un  $MTU_{IP}=4482$ , la cual esta conectada a una red Ethernet de 10 Mbps, la cual tiene un  $MTU_{IP}=1500$ .
- Indique los valores de los campos: Identificador, DF, MF y desplazamiento para cada uno de los fragmentos.





ID=0x0900  
DF=0, MF=0



ID=0x0900  
DF=0, MF=1

**Fragmento 1**  
Longitud Total: 1500

ID=0x0900  
DF=0, MF=1



**Fragmento 2**  
Longitud Total: 1500

ID=0x0900  
DF=0, MF=01



**Fragmento 3**  
Longitud Total: 1500

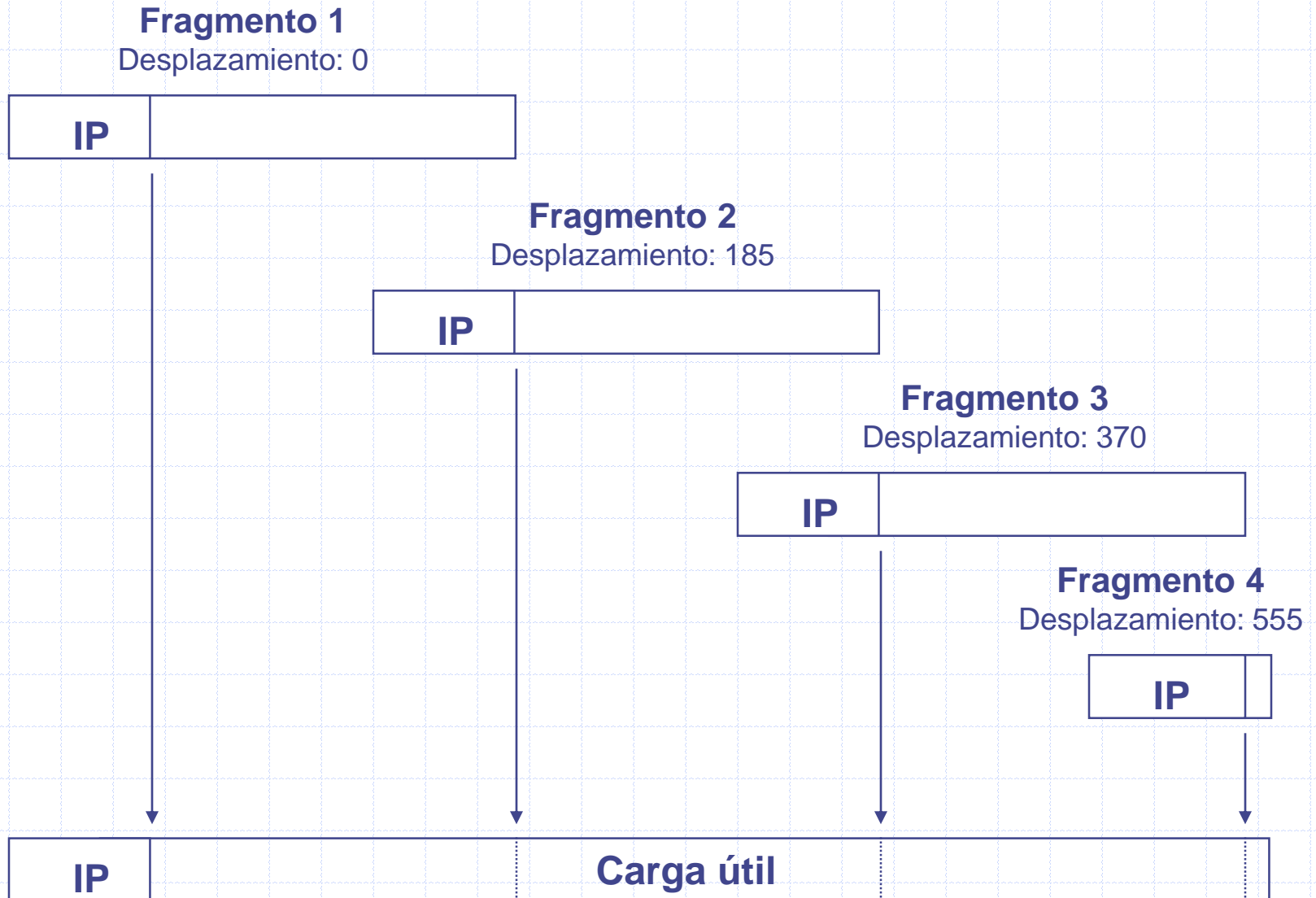
ID=0x0900  
DF=0, MF=0



**Fragmento 4**  
Longitud Total:42



# Ejemplo de reensamblado



# Encabezado IP

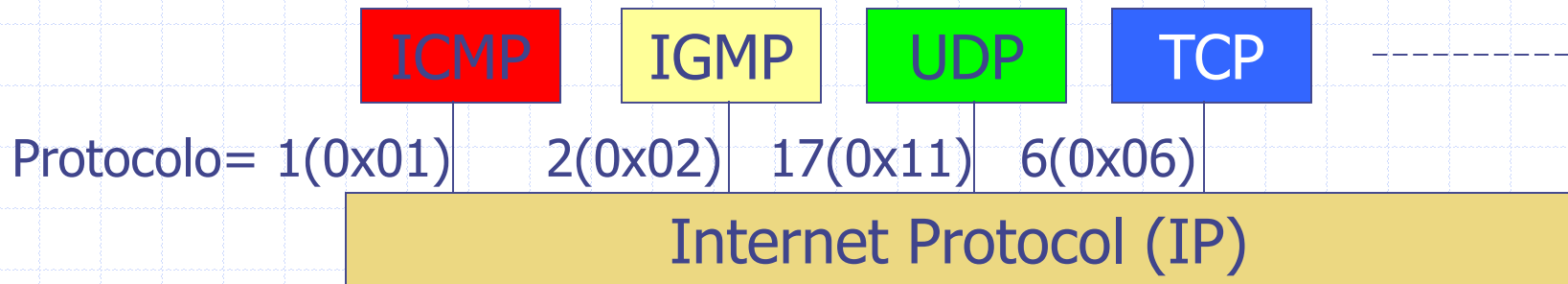
## ■ Tiempo de vida

- ◆ Este campo (TTL – Time to Live) es de 1 byte de longitud.
- ◆ El TTL es un número de enlaces inverso.
- ◆ El host emisor define el TTL inicial, que actúa como un número máximo de ruteadores, por los que puede viajar el datagrama, e impide que un datagrama realice bucles indefinidamente.
- ◆ Los ruteadores decrementan el TTL en 1 antes de reenviar un datagrama IP. El ruteador que logra que TTL sea cero, elimina el paquete y envía un mensaje ICMP al origen indicando que el paquete fue eliminado porque el TTL expiro.

# Encabezado IP

## ■ Protocolo

- ◆ Campo de 1 byte que indica el protocolo de subcapa o capa superior incluido en la carga IP.



# Encabezado IP

- Suma de comprobación (checksum)
  - ◆ Es un campo de 2 bytes y realiza una comprobación de la integridad de nivel de bit del encabezado IP.
  - ◆ El host emisor al principio tiene el campo suma de comprobación en cero, calcula el checksum con el encabezado IP y lo agrega al mismo.
  - ◆ Al recibir el receptor el paquete, el calcula el checksum con el encabezado IP recibido, si el resultado da cero, el encabezado no tiene error, si es diferente de cero el encabezado tiene error.

# Encabezado IP

C:\>ping 192.168.2.2

Haciendo ping a 192.168.2.2 con **32 bytes** de datos:

0000	00	14	d1	c2	38	be	00	18	e7	33	3d	c3	08	00	45	00	....8.... .3=...E.
0010	00	3c	00	32	00	00	80	01	00	00	c0	a8	02	3c	c0	a8	.<.2.... ..<..
0020	02	02	08	00	42	5c	02	00	09	00	61	62	63	64	65	66	....B\.. ..abcdef
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76	ghijklmn opqrstuv
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69							wabcdefg hi

abcdef...

32 bytes

Enc. ICMP    abcdef...

Subcapa de RED

Enc. IP    Enc. ICMP    abcdef...

Capa de RED

Enc. MAC    Enc. IP    Enc. ICMP    abcdef...    CRC

Interfaz de Red

# Encabezado IP

En el transmisor:

45 00

00 3c

00 32

00 00

80 01

00 00

c0 a8

02 3c

c0 a8

02 02

24A FD

4A FD

+ 2

4A FF

FF FF

4A FF

B5 00

Checksum

45 00

00 3c

00 32

00 00

80 01

B5 00

c0 a8

02 3c

c0 a8

02 02

En el receptor:

45 00

00 3c

00 32

00 00

80 01

B5 00

c0 a8

02 3c

c0 a8

02 02

2FF FD

FF FD

+ 2

FF FF

FF FF

FF FF

00 00

Checksum es igual a  
cero. Por lo tanto no  
hay error

# Encabezado IP

- Dirección origen
  - ◆ Campo de 4 bytes que indica la dirección IP de host de origen.
  - ◆ La dirección IP origen es de unicast
- Dirección destino
  - ◆ Campo de 4 bytes que indica la dirección IP de host de destino.
  - ◆ La dirección IP destino puede ser de unicast, multicast o broadcast.

0000	00	14	d1	c2	38	be	00	18	e7	33	3d	c3	08	00	45	00	....8... .3=...E.
0010	00	3c	00	32	00	00	80	01	b5	00	c0	a8	02	3c	c0	a8	.<.2.... ..<..
0020	02	02	08	00	42	5c	02	00	09	00	61	62	63	64	65	66	....B\.. ..abcdef
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76	ghijklmn opqrstuv
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69							wabcdefghg hi

0000	00	18	e7	33	3d	c3	00	14	d1	c2	38	be	08	00	45	00	...3=... ..8...E.
0010	00	3c	97	00	00	00	40	01	5e	32	c0	a8	02	02	c0	a8	.<....@. ^2.....
0020	02	3c	00	00	4a	5c	02	00	09	00	61	62	63	64	65	66	.<..J\.. ..abcdef
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76	ghijklmn opqrstuv
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69							wabcdefghg hi



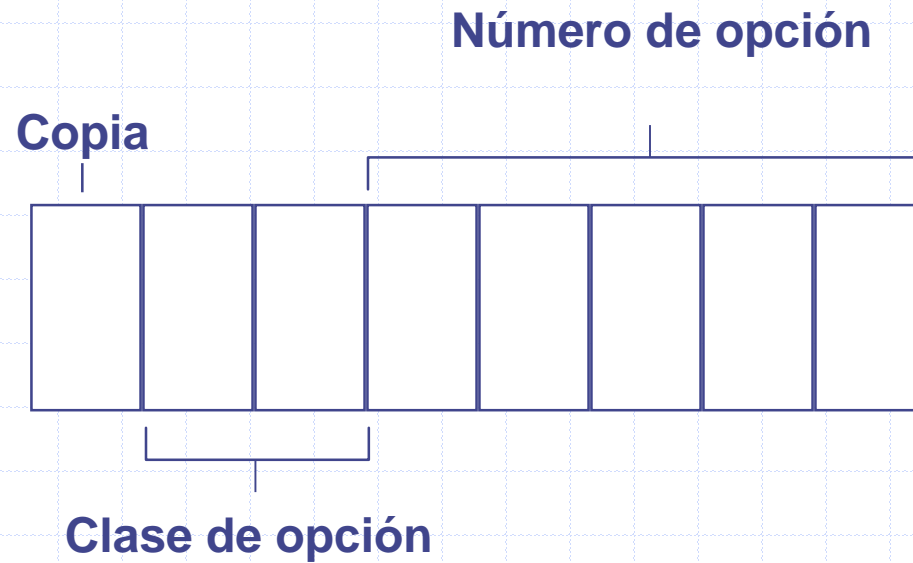
# Encabezado IP

## ■ Opciones IP

- ◆ Son campos adicionales anexados al encabezado IP estándar de 20 bytes.
- ◆ Las opciones IP se utilizan con poca frecuencia para pruebas de redes.
- ◆ El tamaño de las opciones IP (más relleno) pueden variar desde 4 bytes hasta 40 bytes, creciendo siempre en múltiplos de 4 bytes.
- ◆ El primer byte de opciones, me indica el tipo de opción IP que se esta utilizando.

# Encabezado IP

- Opciones IP



# Encabezado IP

- Copia

- ◆ Tiene 1 bit de longitud y se utiliza cuando un enrutador o host emisor debe fragmentar el datagrama IP.

Copia = 0, el campo opciones IP solo debe copiarse en el primer fragmento.

Copia = 1, el campo opciones IP debe copiarse en todos los fragmentos.

# Encabezado IP

- Clase de opción
  - ◆ Tiene dos bits de longitud y se utiliza para indicar la clase general de la opción.

Clase de opción	Descripción
0	Control de Red
1	Reservada para su uso posterior
2	Depuración y Medida
3	Reservada para uso posterior

# Encabezado IP

- Número de opción
  - ◆ Campo de 5 bits de longitud, que indica una opción específica de la clase.

Clase de opción	Número de opción	Descripción
0	0	Fin de lista de opciones
0	1	Sin operación
0	3	Ruta de origen no estricta
0	7	Registrar ruta
0	9	Ruta de origen estricta
0	20	Alerta de enrutador IP
2	4	Marca de hora de Internet

# Encabezado IP

- Fin de la lista de opción

Código de opción  = 0

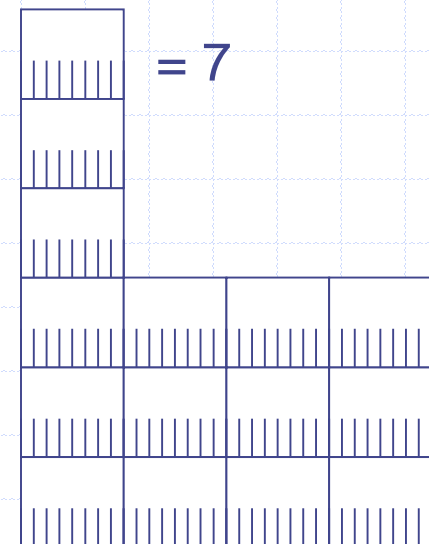
- Sin operación

Código de opción  = 1

# Encabezado IP

- Registrar ruta

Código de opción  
Longitud de opción  
Siguiendo puntero de ranura  
Primera dirección IP  
Segunda dirección IP  
...

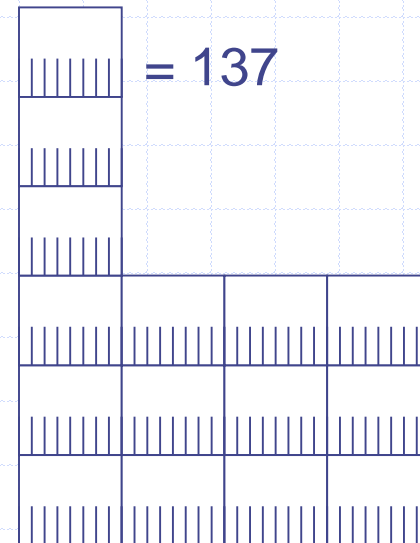


```
C:/>ping -r 7 10.0.0.1
```

# Encabezado IP

- Ruta de origen estricta

Código de opción  
Longitud de opción  
Siguiendo puntero de ranura  
Primera dirección IP  
Segunda dirección IP  
...



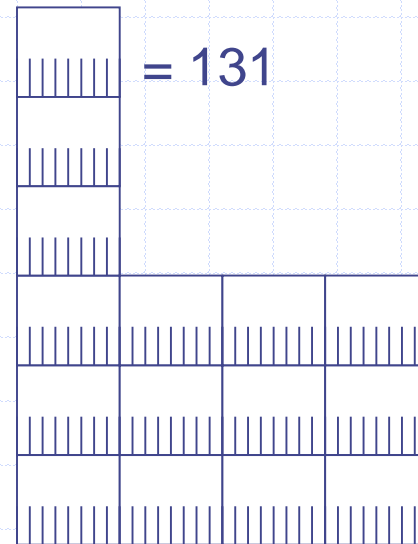
```
C:/>ping -k 192.168.1.1 192.168.2.1 10.0.0.1
```



# Encabezado IP

- Ruta de origen no estricta

Código de opción  
Longitud de opción  
Siguiendo puntero de ranura  
Primera dirección IP  
Segunda dirección IP  
...

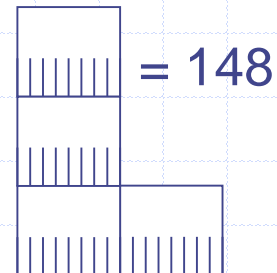


```
C:/>ping -j 192.168.1.1 192.168.2.1 10.0.0.1
```

# Encabezado IP

- Alerta de enrutador IP

Código de opción  
Longitud de opción  
Valor



# Encabezado IP

- Marca de hora de Internet

Código de opción  
Longitud de opción  
Siguiendo puntero de ranura  
Desbordamiento  
Indicadores  
Primera dirección IP  
Segunda dirección IP

