

# Capa de Enlace de datos

## Funciones de la capa de enlace

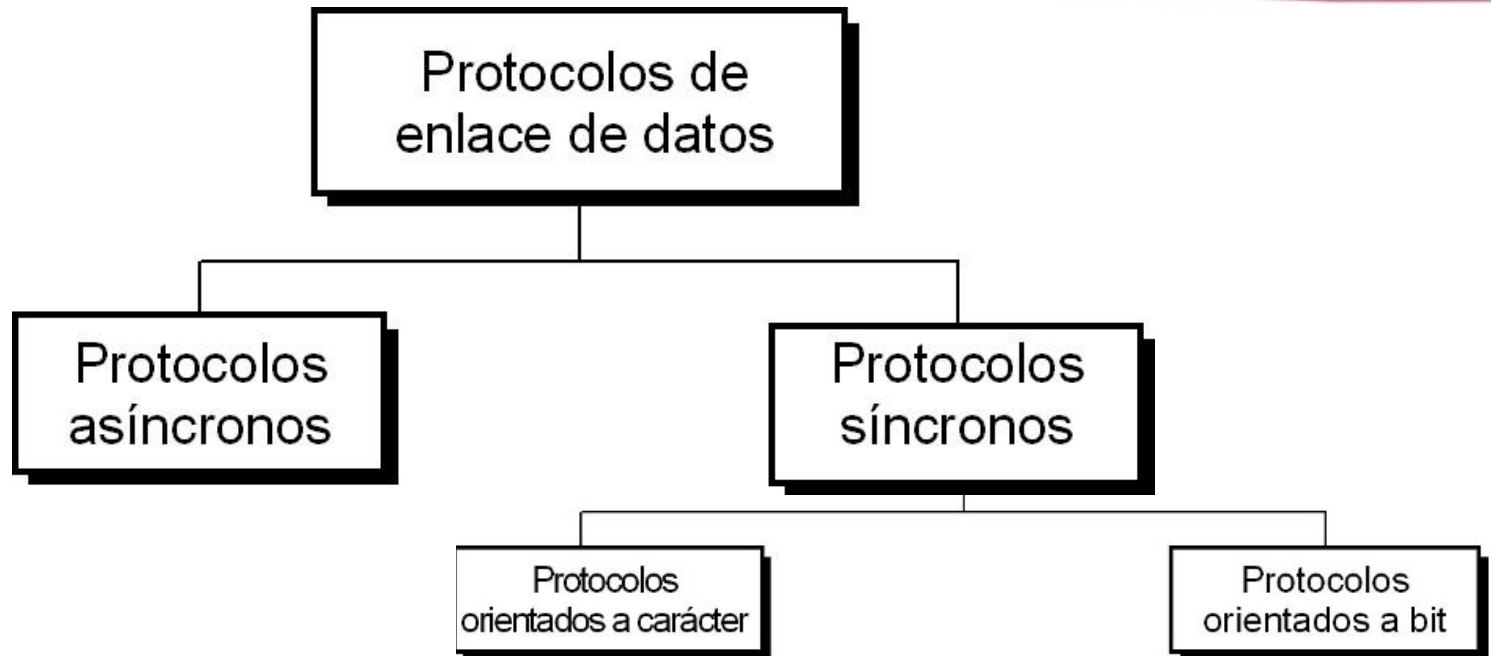
- Obligatorias:
  - Identificar tramas (agrupación de bits que se intercambia a nivel de enlace)
  - Detección de errores
- Opcionales (servicio orientado a conexión):
  - Control de flujo
  - Corrección de errores

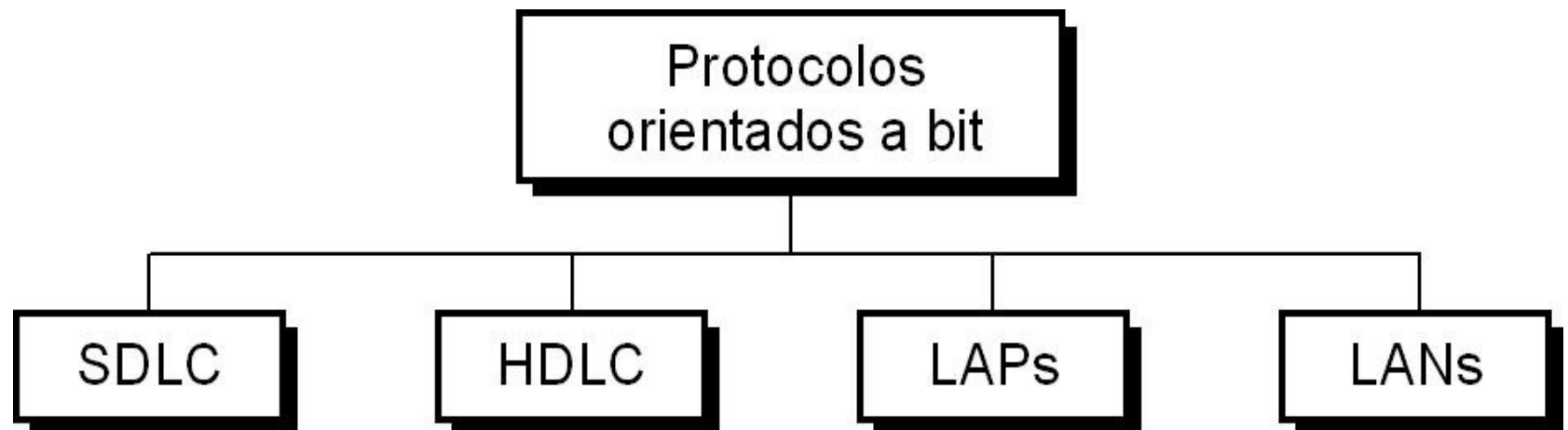
## Tipo de transmisión

- **Asíncrona:** cada byte se envía de forma independiente. Cuando no hay datos que enviar la línea está en silencio
- **Síncrona:** la trama se envía sin separación entre los bytes. Cuando no hay nada que enviar el emisor envía una secuencia determinada de forma ininterrumpida para asegurar que no se pierde el sincronismo.

## Control de flujo

- Necesario para no 'agobiar' al receptor.
- Se realiza normalmente a nivel de transporte, también a veces a nivel de enlace.
- Utiliza mecanismos de retroalimentación (el receptor advierte al emisor). Por tanto:
  - Requiere un canal semi-duplex o full-duplex
  - No se utiliza en emisiones multicast/broadcast
- Suele ir unido a la corrección de errores
- No debe limitar la eficiencia del canal.





## Familia de protocolos HDLC (High level Data Link Control)

- HDLC es un estándar ISO. Deriva del SDLC desarrollado por IBM en 1972
- Es un protocolo de ventana deslizante muy completo
- Prácticamente todos los protocolos de enlace actuales son subsets de HDLC:
  - PPP: Internet
  - LAP-B: X.25
  - LAP-F: Frame Relay
  - LLC (IEEE 802.2): redes locales
  - LAPM: módems RTC

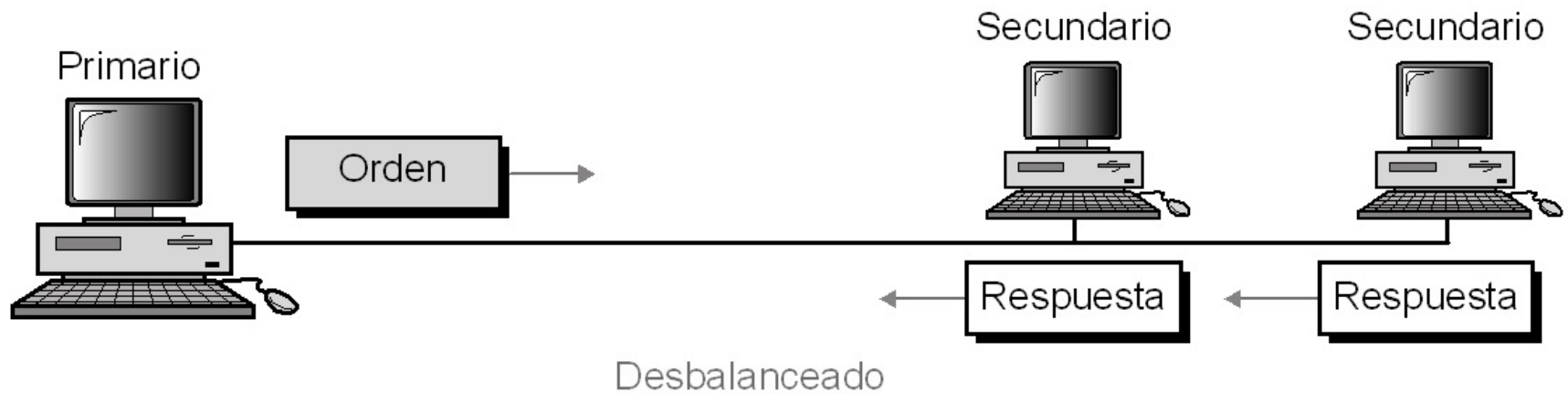


En los diferentes modos de funcionamiento del protocolo HDLC, participan varios tipos de estaciones, según la función que realicen en la comunicación:

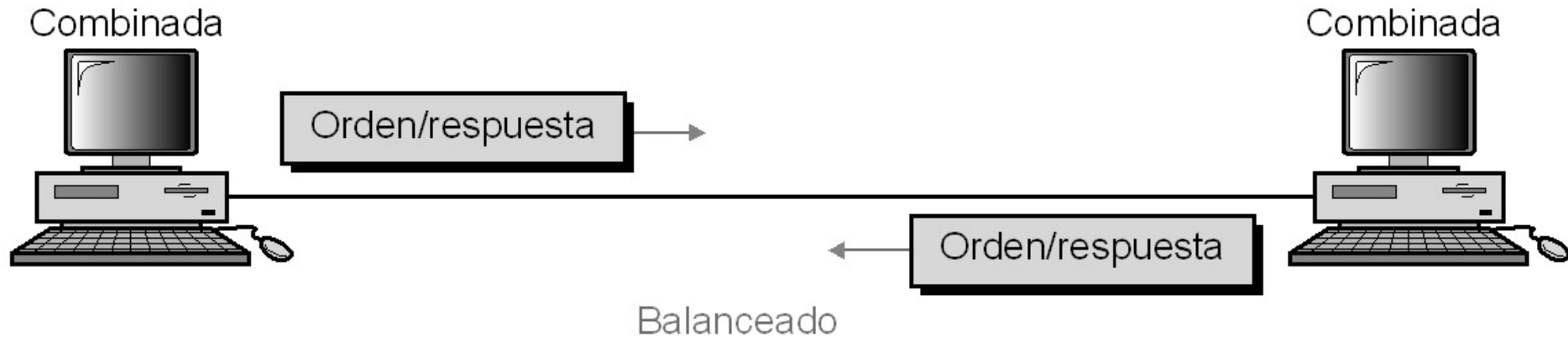
- **Estación primaria:** es la estación que controla el funcionamiento del enlace mediante el envío de tramas denominadas “órdenes”.
- **Estación secundaria:** funciona bajo el control de la estación primaria y responde a ésta mediante tramas denominadas “respuestas”.
- **Estación combinada:** puede generar tanto “órdenes” como “respuestas”.



# Configuración de HDLC



## Configuración de HDLC



## Modos HDLC

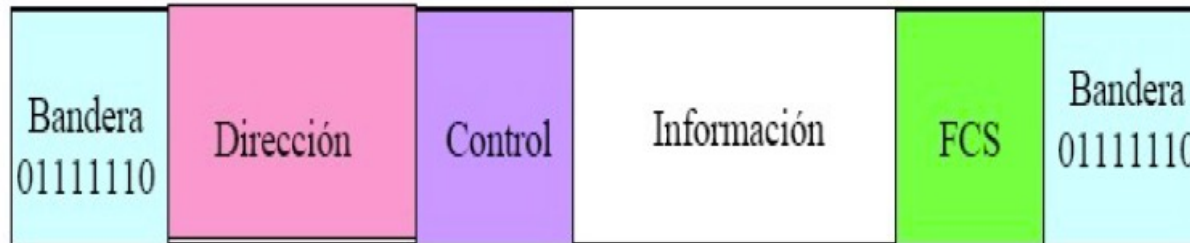
	NRM	ARM	ABM
Tipo de estación	Primaria y secundaria	Primaria y secundaria	Combinada
Iniciador	Primaria	Cualquiera	Cualquiera

## FORMATO DE LAS TRAMAS

HDLC utiliza una trama semejante a la de cualquier protocolo orientado a bit

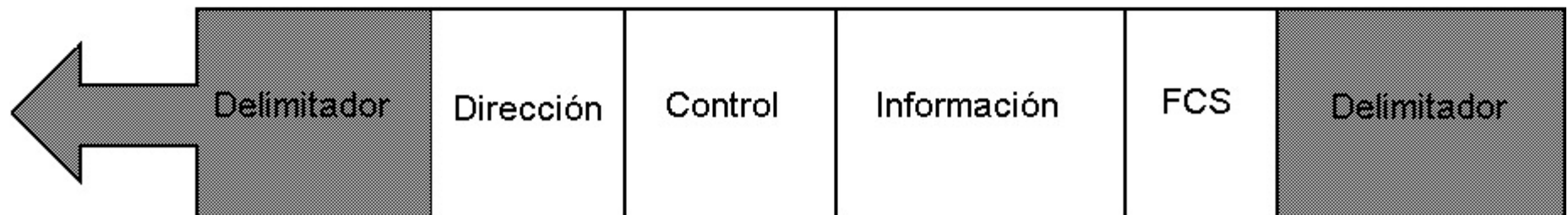
Todas las tramas deben comenzar y acabar con una bandera señalizadora de 8 bits, en concreto se trata de la secuencia “01111110”.

Entre estas dos banderas estará contenida la trama.

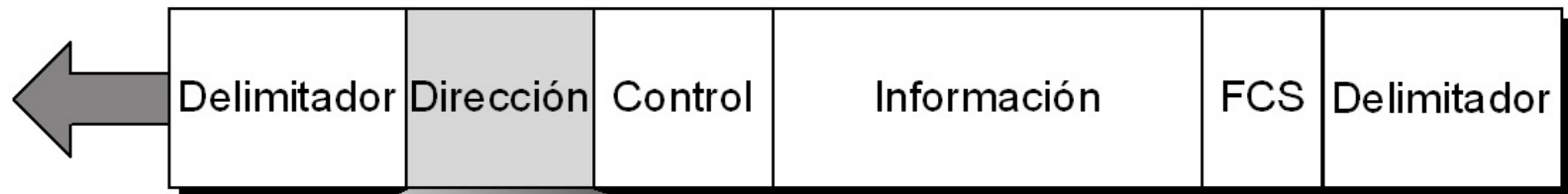


## Campo de etiqueta de HDLC

El delimitador tiene 8 bits con su patrón fijo. Está compuesto por 6 unos y 2 ceros. Hay un delimitador al principio y otro al final de la trama. El delimitador del final de la trama se puede usar como delimitador de inicio de la siguiente: **0111110**



# Campo de dirección de HDLC



La dirección puede tener un byte (8 bits) o múltiples bytes.



Dirección de un byte



Dirección multibyte



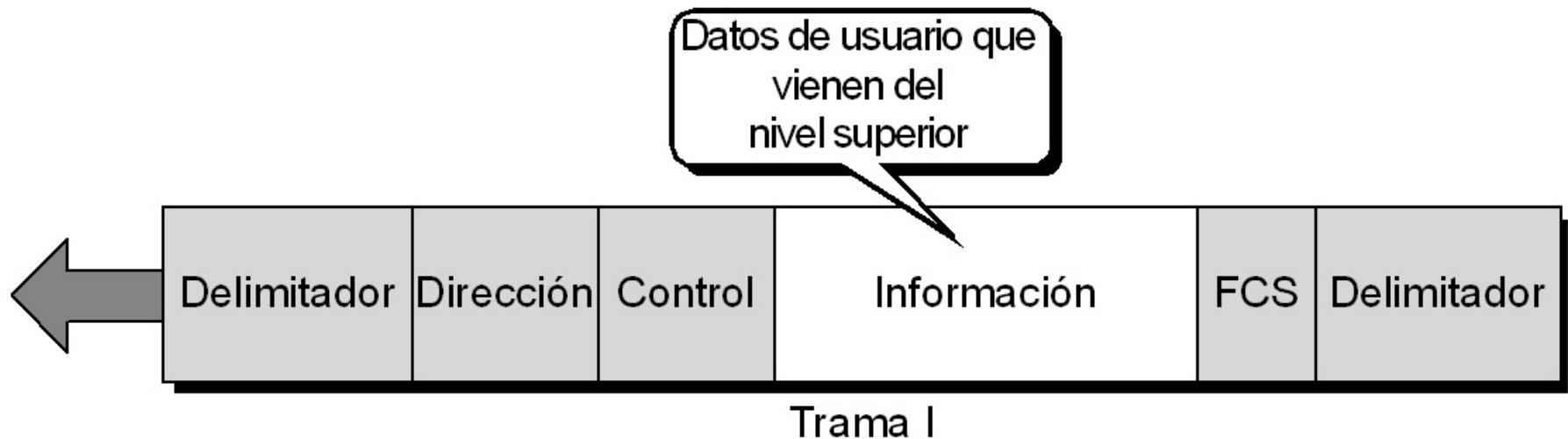
## **El campo de control en HDLC**

Vamos a especificar con mayor precisión las funciones del campo de control, que es esencial para el gobierno del enlace, puesto que define la función de la trama.

Dependiendo de su formato, las tramas se pueden clasificar en :

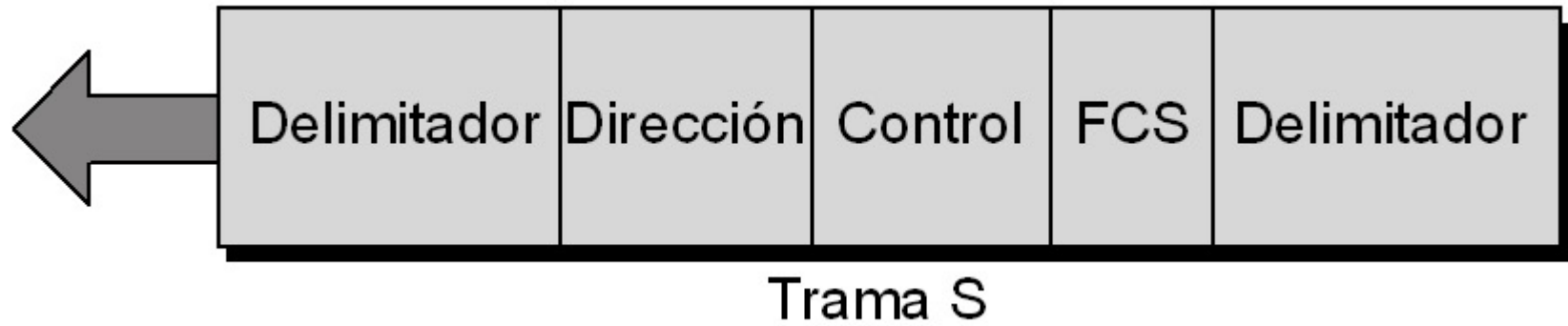
- a).- tramas no numeradas,**
- b).- tramas supervisoras**
- c).- tramas de transferencia de información.**

# Tramas de información



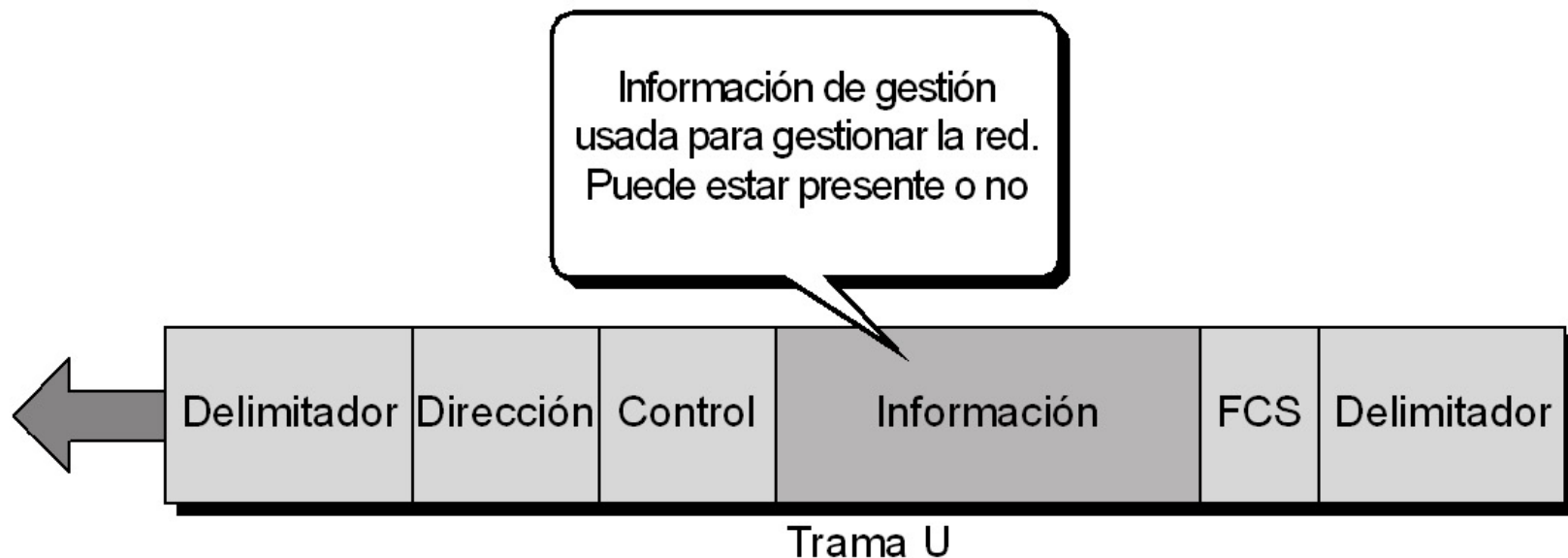
- Se utiliza para transportar los datos del usuario entre dos dispositivos de la red.
- Estas tramas pueden ser confirmadas en el destino

# Tramas de supervisión



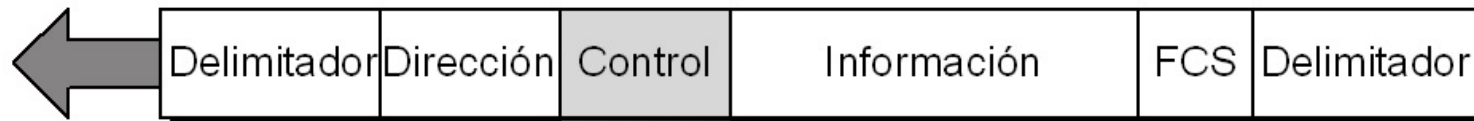
- Estas tramas supervisoras efectúan funciones de control, tales como bloqueos y desbloques de las transmisiones, la confirmación de las tramas recibidas, las peticiones de retransmisión, etc.

## Tramas no numeradas

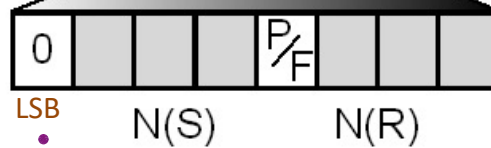


- También tienen funciones de control
- Se utilizan para el gobierno del enlace en todo lo que se refiere a la conexión y desconexión

# Campo de control HDLC



Trama I



P/F

Sondeo/Bit final

N(S)

N.º de secuencia de trama enviado

Trama S



N(R)

N.º de secuencia de la próxima trama esperada

Trama U



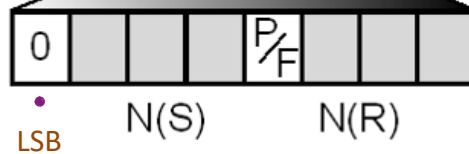
Código

Código para trama de supervisión o no numerada

# Campo de control HDLC



Trama I



Trama S

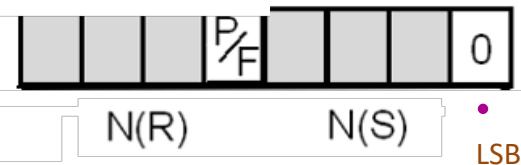


Trama U



ELÉTRICOS

Trama I



Trama S



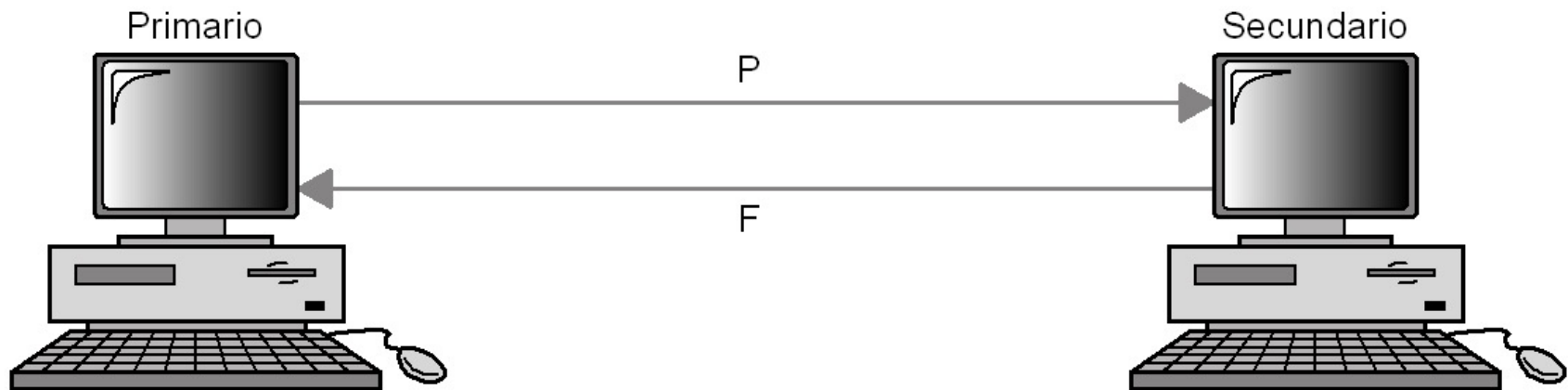
Trama U



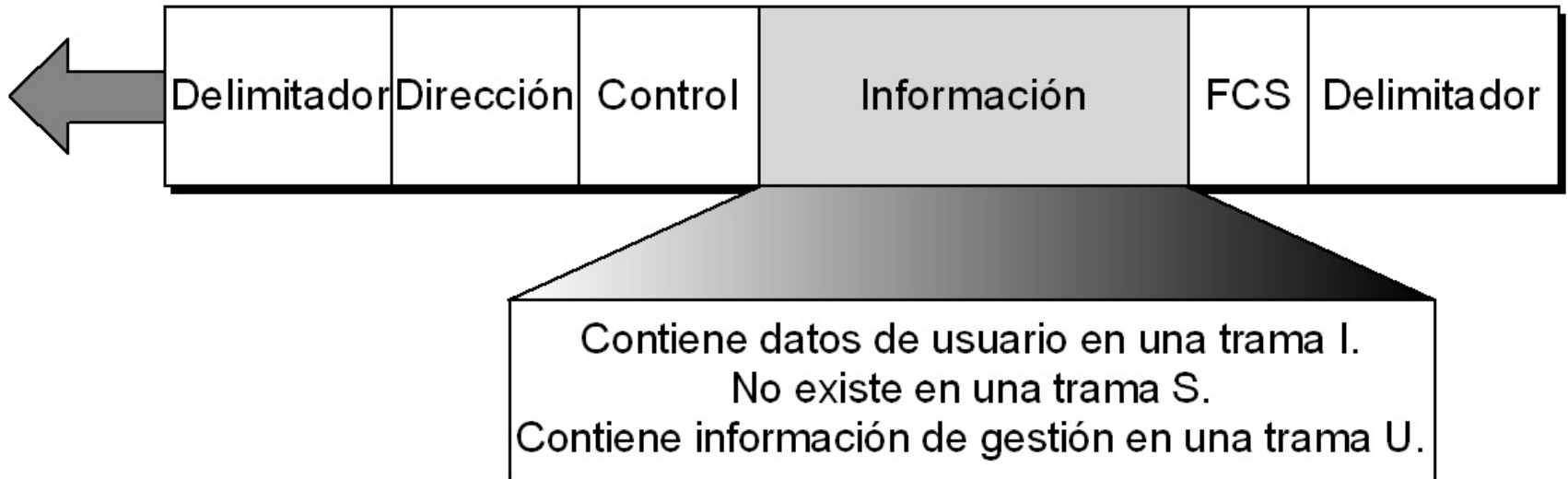
ELECTRÓNICOS



# Campo sondeo/final en HDLC



## Campo de información de HDLC

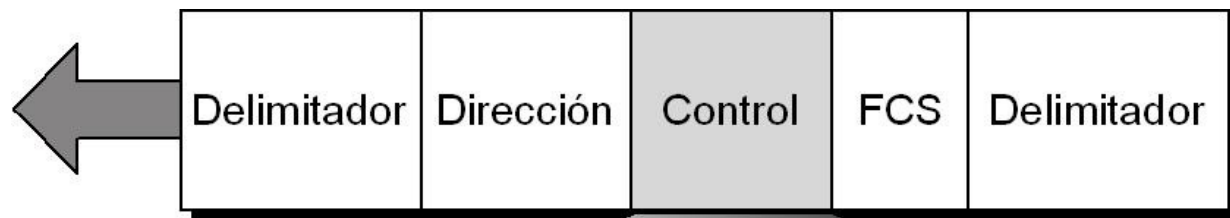


## Campo de secuencia de comprobación de trama (FCS) en HDLC



La secuencia de comprobación de trama es el campo de detección de errores. Puede ser una CRC de dos o cuatro bytes.

# Campo de control de una trama S en HDLC



Trama S

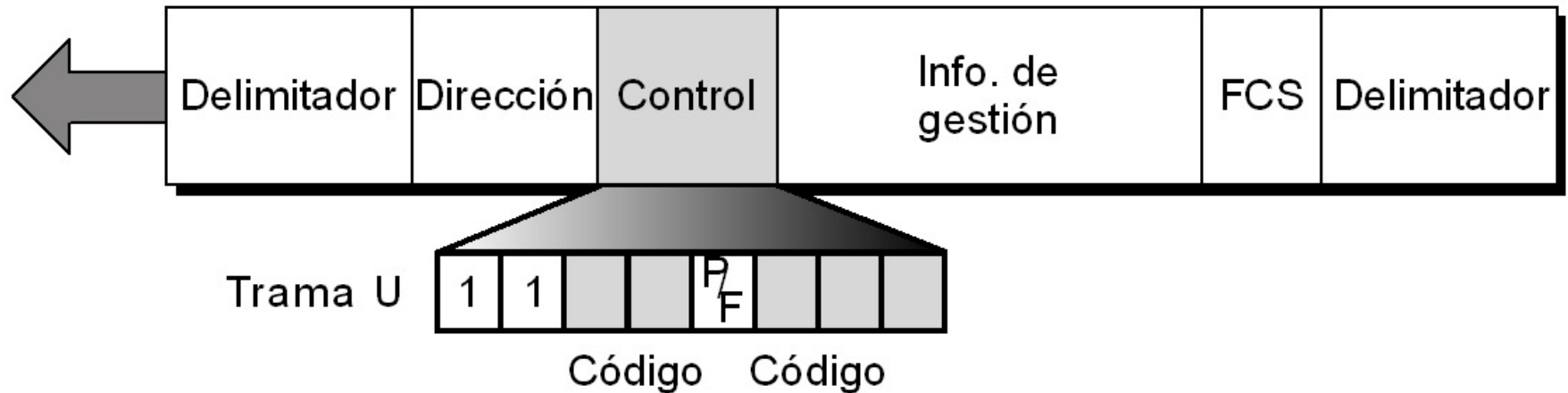


Código N(R)

Código	Orden	
00	RR	Listo para recibir
01	REJ	Rechazo
10	RNR	No listo para recibir
11	SREJ	Rechazo selectivo

	S	S	Comando
0	0	0	RR
1	0	1	RNR
2	1	0	REJ
3	1	1	SREJ

## Campo de control de una trama U en HDLC



# Campo de control de una trama U en HDLC



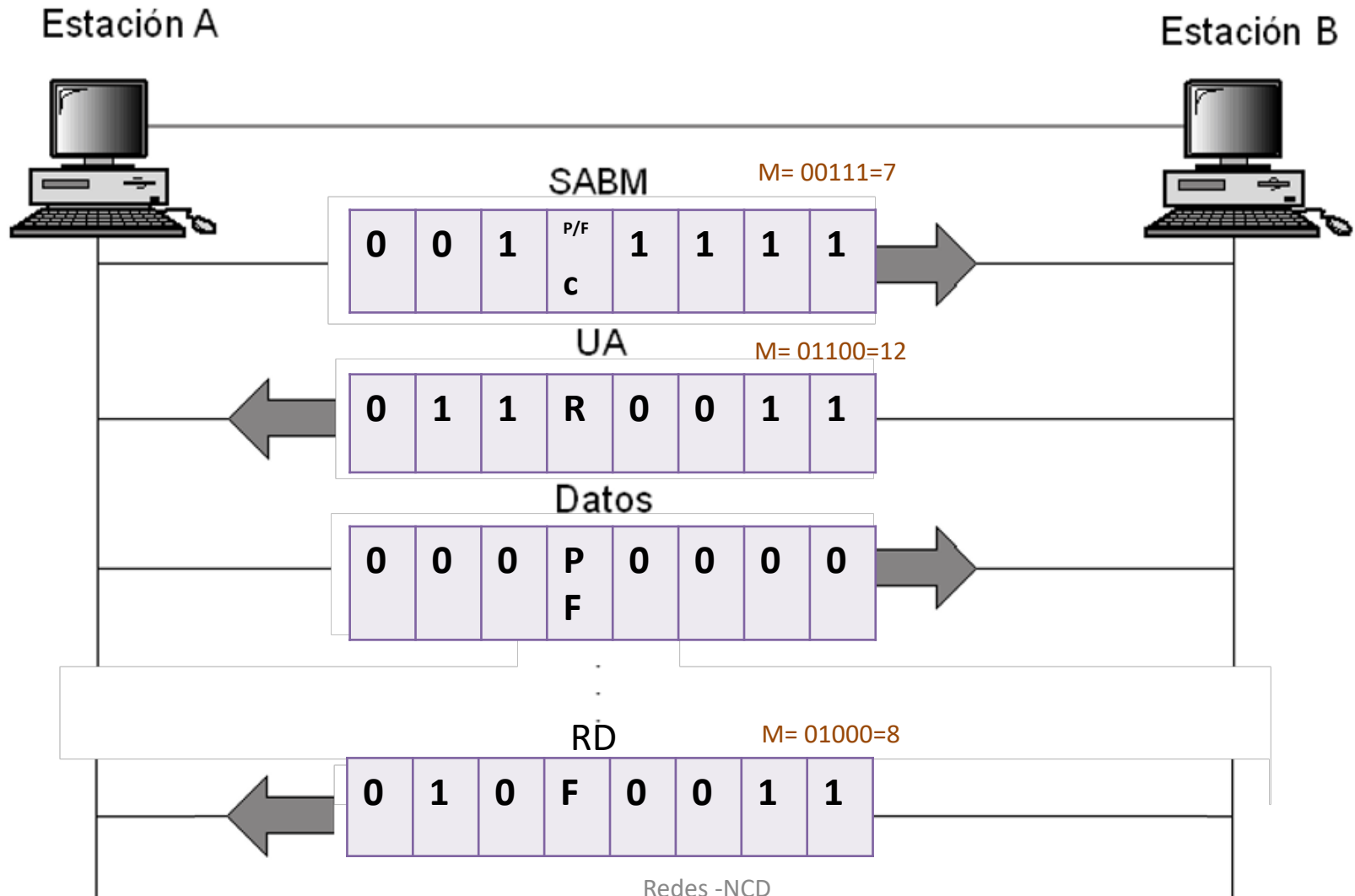
LSB

Código	Orden	Respuesta
00 001	SNRM	DM
11 011	SNRME	
11 000	SARM	
11 010	SARME	
11 100	SABM	
11 110	SABME	UI
00 000	UI	
00 110		
00 010	DISC	
10 000	SIM	
00 100	UP	XID
11 001	RSET	
11 101	XID	
10 001		

	Comando	Respuesta
0	UI	UI
1	SIM	RIM
3	SARM	DM
4	UP	--
7	SABM	--
8	DISC	RD
11	SARME	--
12	--	UA
15	SABME	--
16	SNRM	--
17	--	FRMR
19	RSET	--
23	XID	XID
27	SNRME	--

Orden/Respuesta	Significado
SNRM	Activación de modo de respuesta normal
SNRME	Activación de modo de respuesta normal (ampliado)
SARM	Activación de modo de respuesta asíncrona
SARME	Activación de modo de respuesta asíncrona (ampliado)
SABM	Activación de modo de respuesta asíncrona balanceada
SABME	Activación de modo de respuesta asíncrona balanceada (ampliado)
UP	Sondeo sin numerar
UI	Información sin numerar
UA	Reconocimiento sin numerar
RD	Petición de desconexión
DISC	Desconexión
DM	Modo de desconexión
RIM	Modo de petición de información
SIM	Activación de modo de iniciación
RSET	Reinicio
XID	Intercambio de ID
FRMR	Rechazo de trama





# LLC

## Logical Link Control

# Protocolo de enlace LLC

## Características generales de LLC

---

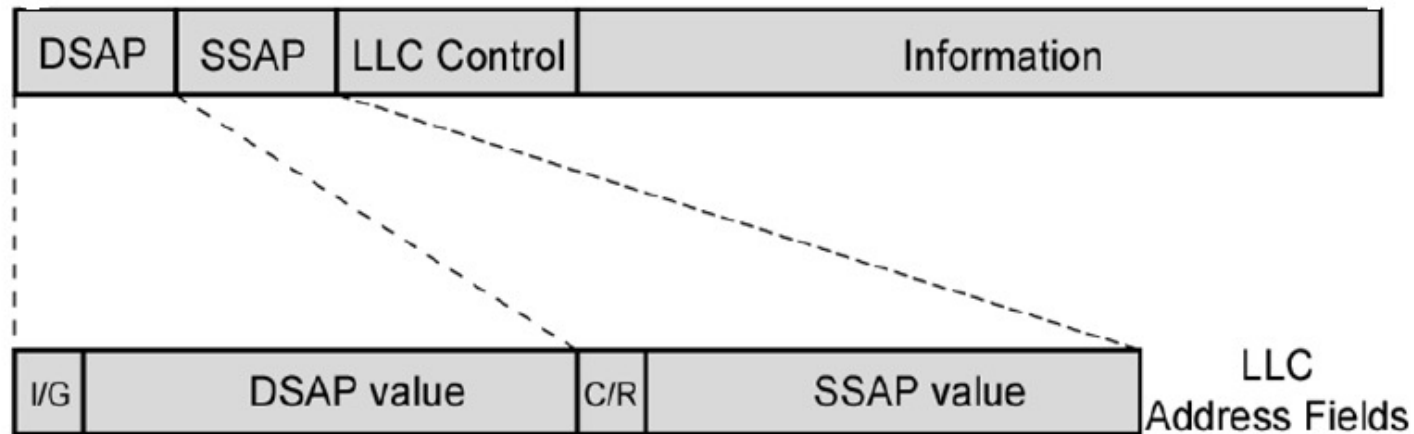
LLC = control del enlace lógico (Logic Link Control)

- Es el protocolo de enlace de las redes de área local
- Descrito en el estándar IEEE 802.2

LLC está basado en HDLC

- Formato de trama similar
- Mismos tipos de tramas
- Información (I)
- Supervisoras (RR, REJ, RNR)
- Sin numerar (SABM, SABME, DISC, UA, UI, ...)
- Orientados a conexión
- Sin conexión

# Cabecera LLC



I/G = Individual/Group  
C/R = Command/Response



## DSAP

Dirección del SAP destino

- I/G = 0 es un SAP individual
- I/G = 1 es un SAP grupo



## SSAP

Dirección del SAP fuente

- C/R = 0 es un comando
- C/R = 1 es una respuesta

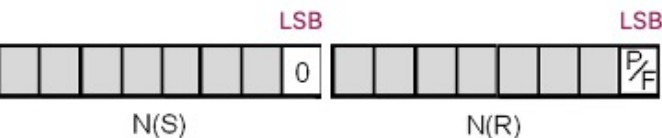
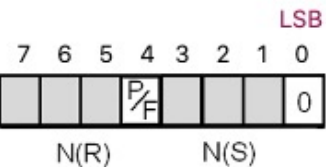
# Tramas LLC

---

Al igual que en HDLC, LLC tiene tramas de información, supervisión y no numeradas

- TRAMAS I: Se utilizan para transmisión de datos y reconocimiento.
- TRAMAS S: Se utilizan para el control de flujo y de control de erros.
- TRAMAS U: Se utilizan para el establecimiento, mantenimiento y terminación de la conexión.

# TRAMA DE INFORMACIÓN

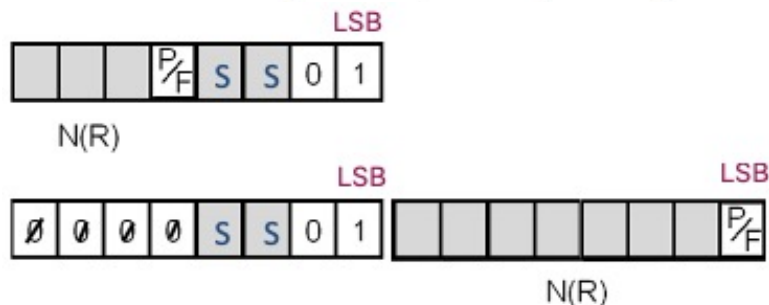


Se usan para llevar información (datos) en una dirección y para llevar información de reconocimiento acerca de las tramas recibidas en la dirección inversa.

- 0: Indica que la trama es de información
- N(S) y N(R): Se emplea para el control de flujo y el control de error:
  - Pueden ser de 3 bits (conexión normal) o de 7 bits (conexión extendida)
    - N(S): Indica el número de folio de la trama que transmite la estación.
    - N(R): Indica el número de folio de la trama que espera recibir
- P/F: (Poll/Final): bit sondeo/final
  - Solamente tiene significado cuando está activo (bit = 1) y puede significar sondeo o final
  - Significa SONDEO cuando la trama ha sido enviada desde una estación primaria a una secundaria
  - Significa FINAL cuando la trama se envía de un secundario a un primario



# TRAMA DE SUPERVISIÓN



Se emplean para proveer funciones de control de flujo y control de error, por lo que contiene números de secuencia de transmisión y recepción

- 0 1: Indica que la trama es de supervisión
- Los bits SS indican los 4 tipos de tramas de supervisión

Bits SS	Significado
0 0	Receive Ready (RR)
0 1	Receive Not Ready (RNR)
1 0	Reject (REJ)
1 1	Selective Reject (SREJ)

- N(R): Indica el número de trama que espera recibir de la terminal remota
- P/F: (Poll/Final). bit sondeo/final
  - Solamente tiene significado cuando está activo (bit =1) y puede significar sondeo o final

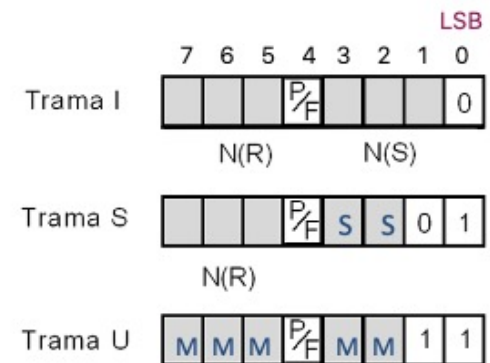
# TRAMA NO NUMERADA

Trama U



Provee funciones de establecimiento de conexión y desconexión del enlace, por lo cual no contiene números de secuencia de las tramas, de ahí en nombre de no numeradas

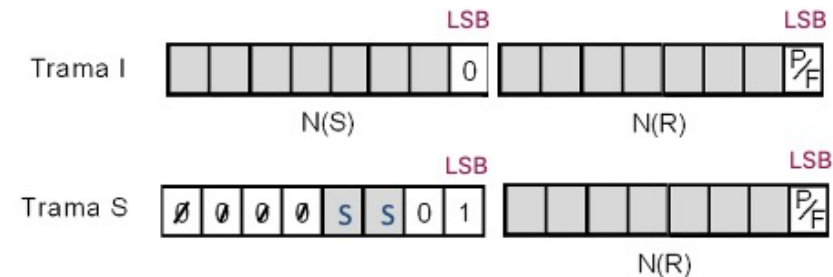
- 11: Indica que la trama es no numerada
- Los bits MM MMM indican el tipo de tramas no numerada
- P/F: (Poll/Final).
  - El receptor reconoce esta trama, retomando una trama de respuesta con Final, P/F = 1.
  - El bit P/F = 0 indica que es una trama de información.



a) Formato para el campo de control de 8 bits



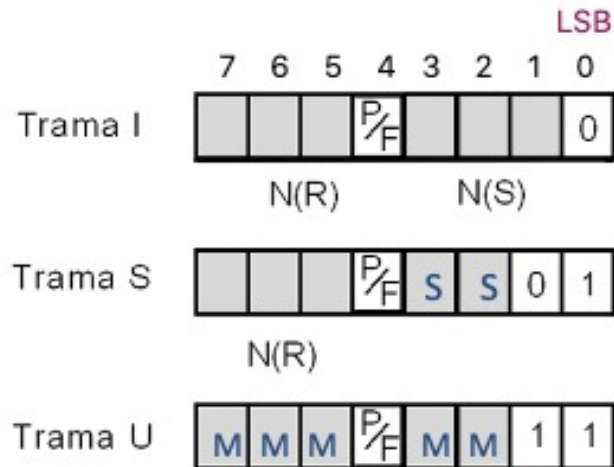
Figura 7.7. Estructura de la trama HDLC.



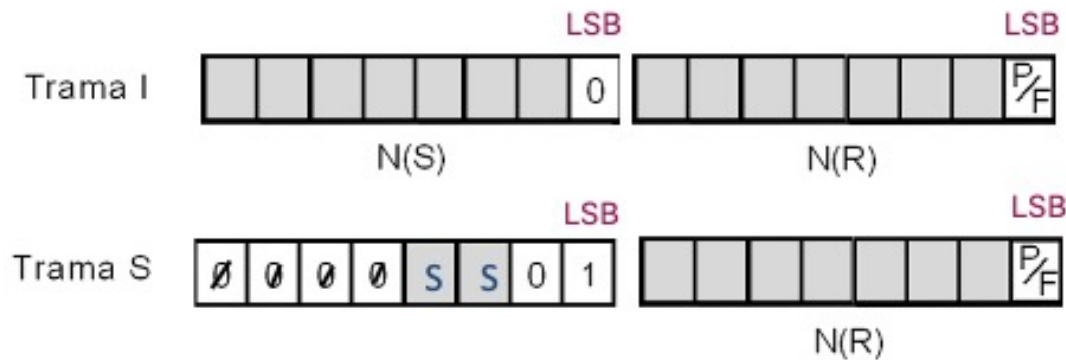
b) Formato para el campo de control de 16 bits (extendido)

Fig. Estructura del campo de control para tramas HDLC y LLC

ido  
ido



a) Formato para el campo de control de 8 bits



b) Formato para el campo de control de 16 bits (extendido)

Fig. Estructura del campo de control para tramas HDLC y LLC



Código		Orden	Respuesta
00	001	SNRM	DM
11	011	SNRME	
11	000	SARM	
11	010	SARME	
11	100	SABM	
11	110	SABME	
00	000	UI	UI
00	110		UA
00	010	DISC	RD
10	000	SIM	RIM
00	100	UP	
11	001	RSET	
11	101	XID	XID
10	001		FRMR

	S	S	Comando
0	0	0	RR
1	0	1	RNR
2	1	0	REJ
3	1	1	SREJ

	Comando	Respuesta
0	UI	UI
1	SIM	RIM
3	SARM	DM
4	UP	--
7	SABM	--
8	DISC	RD
11	SARME	--
12	--	UA
15	SABME	--
16	SNRM	--
17	--	FRMR
19	RSET	--
23	XID	XID
27	SNRME	--

Orden/Respuesta	Significado
SNRM	Activación de modo de respuesta normal
SNRME	Activación de modo de respuesta normal (ampliado)
SARM	Activación de modo de respuesta asíncrona
SARME	Activación de modo de respuesta asíncrona (ampliada)
SABM	Activación de modo de respuesta asíncrona balanceada
SABME	Activación de modo de respuesta asíncrona balanceada (ampliada)
UP	Sondeo sin numerar
UI	Información sin numerar
UA	Reconocimiento sin numerar
RD	Petición de desconexión
DISC	Desconexión
DM	Modo de desconexión
RIM	Modo de petición de información
SIM	Activación de modo de iniciación
RSET	Reinicio
XID	Intercambio de ID
FRMR	Rechazo de trama



## Cabecera Ethernet

Tamaño fijo de 14 bytes

6 bytes	6 bytes	2 bytes
Dir. Destino	Dir . Origen	Tamaño /tipo

Tot 2bytes= 16 bits

65536 combinaciones

Tot <1500 tamaño de la cabecera LLC  
que es la que sigue

Tot > 1500 tipo

Tot= 2048 sigue Cabecera IP

Tot=2054 sigue Cabecera ARP

## Cabecera LLC

1 byte	1 byte	1 ó 2 bytes	variable	variable
SAP Destino	SAP Origen	Control	Información	Relleno

