

Protocolos de enlace de datos

Ing. Gilberto Sánchez Quintanilla

Introducción

◆ Protocolo

- Es un conjunto de reglas y convenciones que se acuerdan entre dos entidades para realizar un trabajo específico.
- Los protocolos de la capa de enlace de datos, dividen la secuencia de bits en estructuras llamadas tramas (frames)

Introducción

- La capa de enlace realiza las siguientes funciones:
 - ♦ Establecer una comunicación.
 - ♦ Identificar las estaciones transmisora y receptora.
 - ♦ Transmitir el mensaje.
 - ♦ Asegurar la integridad del mensaje.
 - ♦ Transmitir caracteres de control.
 - ♦ Diferencia entre caracteres de control y de datos.
 - ♦ Terminar la comunicación.

Introducción

◆ La capa de enlace define dos tipos de protocolos:

- a) Protocolos orientados a bytes (POBytes)
- b) Protocolos orientados a bits (POBits)

POBytes

◆ Protocolos Orientados a Bytes

- En estos protocolos cada trama se inicia con caracteres especiales, como SYN y SOH, y se termina con caracteres como EOT.
- La mayoría de estos protocolos operan en modo *half duplex* con técnica de control de para y espera (*stop and wait*).
- Requiere software sofisticado para diferenciar el mensaje de información de los caracteres de control (*overhead*).

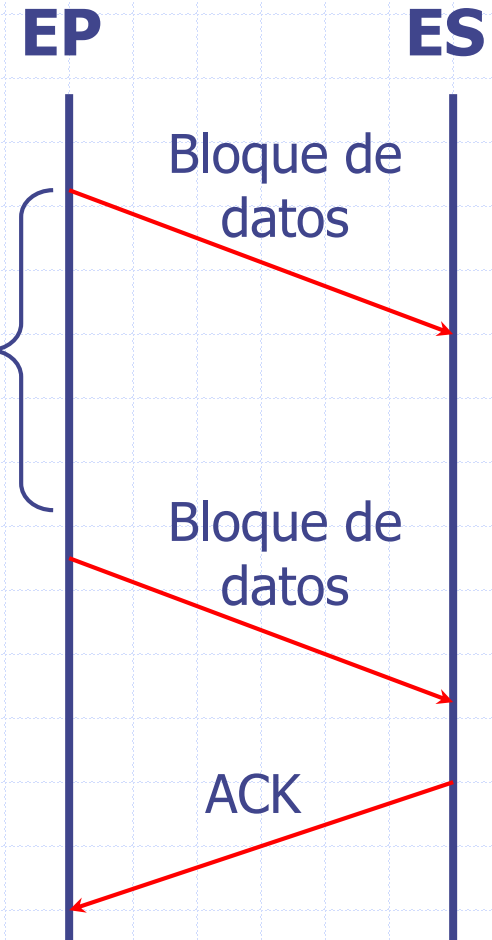
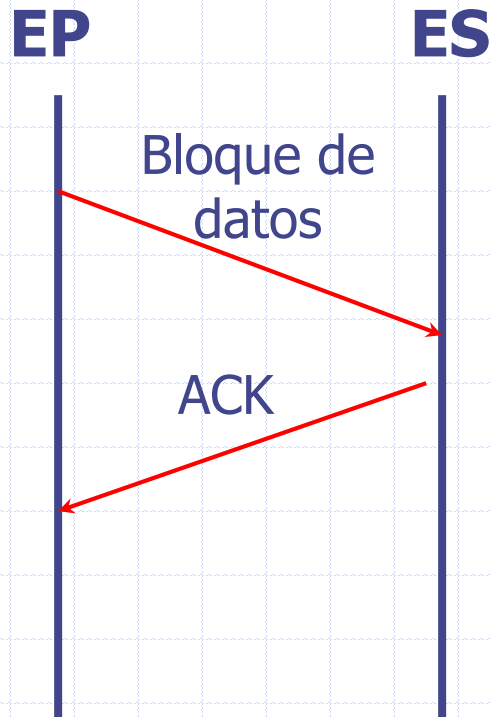
POBytes

◆ Para y Espera

- Cuando una terminal primaria (EP) envía una trama a una estación secundaria (ES), se detiene (*stop*) y espera (*wait*) por alguno de los siguientes eventos:
 - ◆ Una trama de reconocimiento (ACK – Acknowledge) de la estación secundaria.
 - ◆ El transcurso de un intervalo determinado fijado por un temporizador.

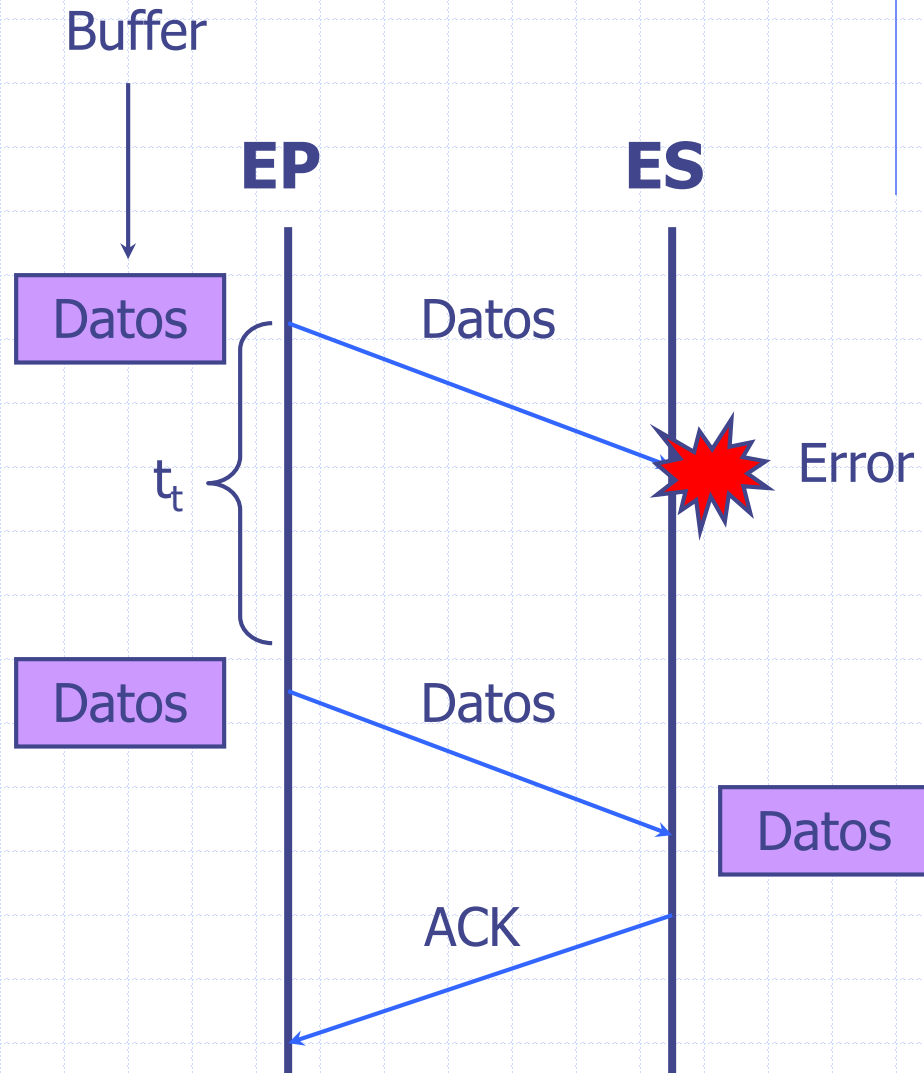
POBytes

◆ Para y espera



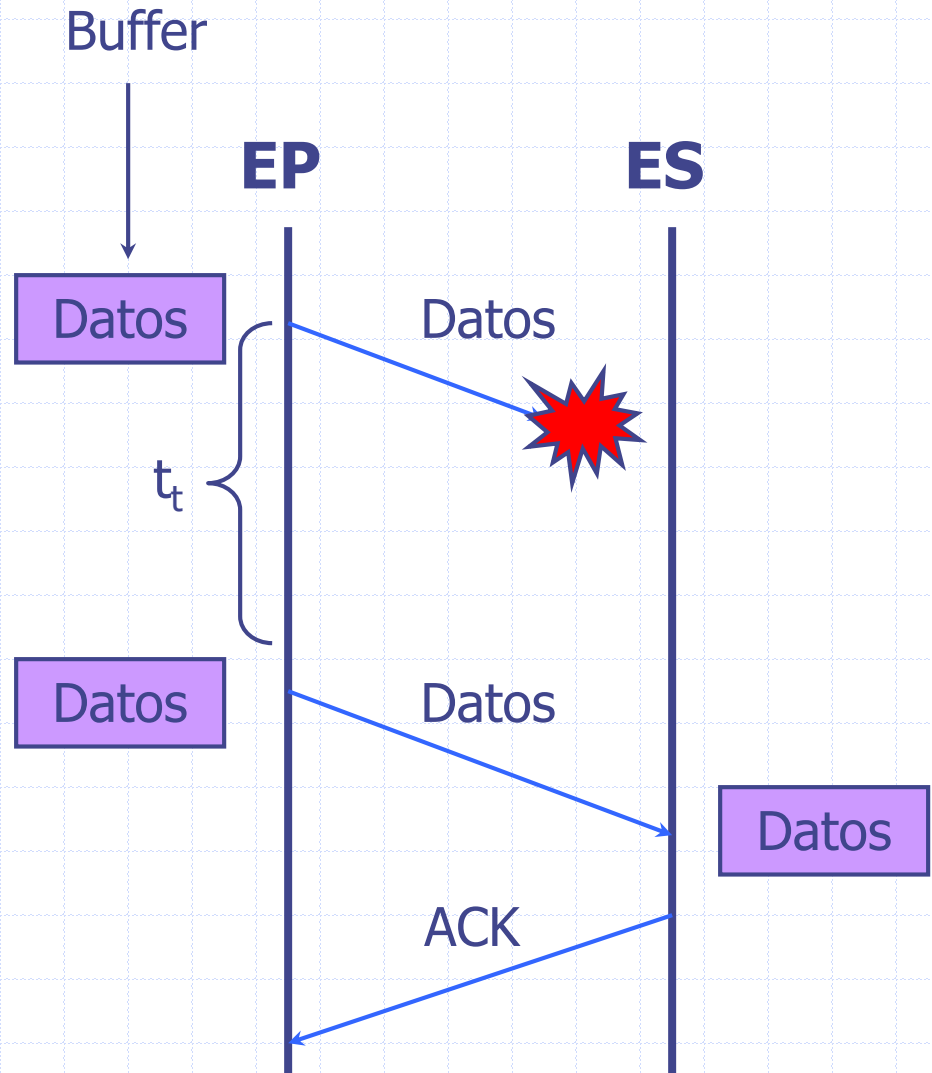
POBytes

- Cuando la trama llega con error a la estación secundaria.



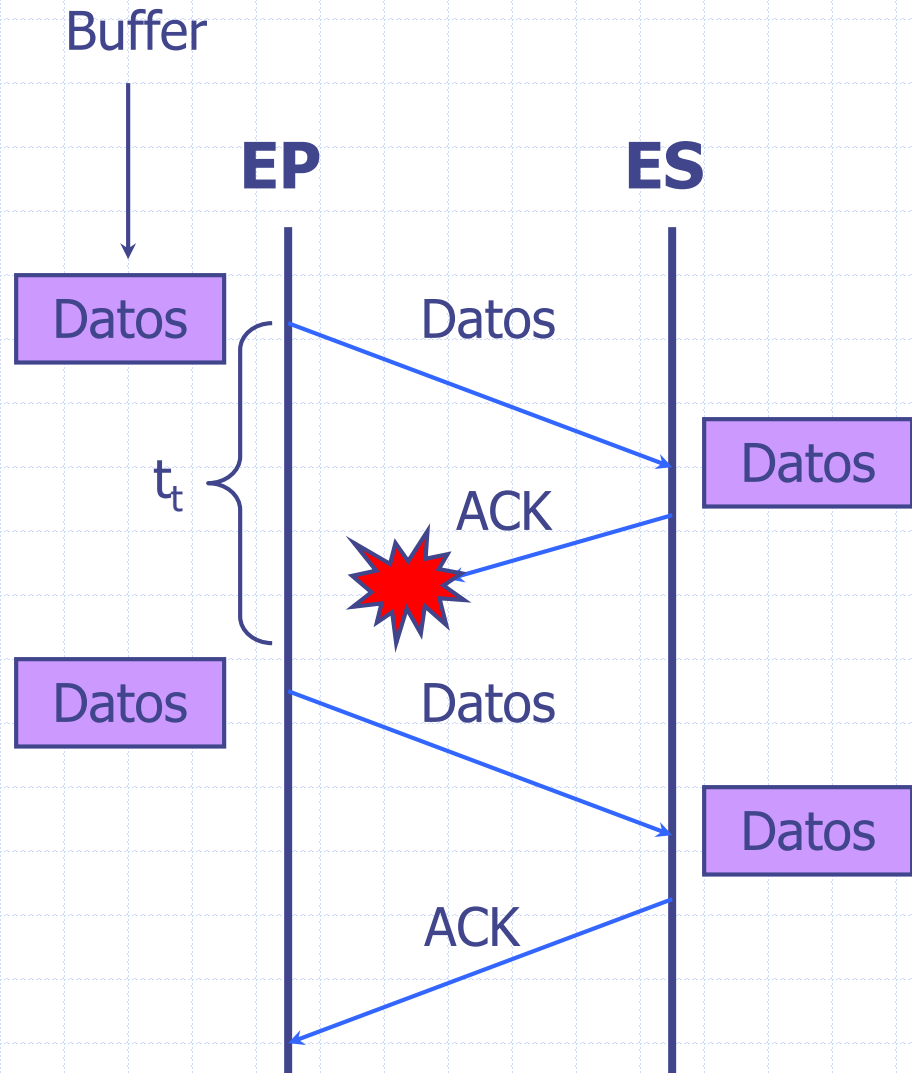
POBytes

- Cuando los datos no llegan a la estación secundaria (ES).



POBytes

- Cuando el reconocimiento no llega a la estación primaria (EP).



POBytes

◆ Protocolo BSC

- BSC (Binary Synchronous Control)
- Es el protocolo orientado a bytes más conocido. BSC o Bisync.
- Se usa para la transmisión de datos entre terminales y un computador central.
- Se utiliza el código ASCII para desarrollar funciones de manejo del enlace y de sincronización.

Protocolo BSC

◆ Código ASCII

Carácteres no imprimibles			
Nombre	Dec	Hex	Car.
Nulo	0	00	NUL
Inicio de cabecera	1	01	SOH
Inicio de texto	2	02	STX
Fin de texto	3	03	ETX
Fin de transmisión	4	04	EOT
enquiry	5	05	ENQ
acknowledge	6	06	ACK
Campanilla (beep)	7	07	BEL
backspace	8	08	BS
Tabulador horizontal	9	09	HT
Salto de línea	10	0A	LF
Tabulador vertical	11	0B	VT
Salto de página	12	0C	FF
Retorno de carro	13	0D	CR
Shift fuera	14	0E	SO
Shift dentro	15	0F	SI
Escape línea de datos	16	10	DLE

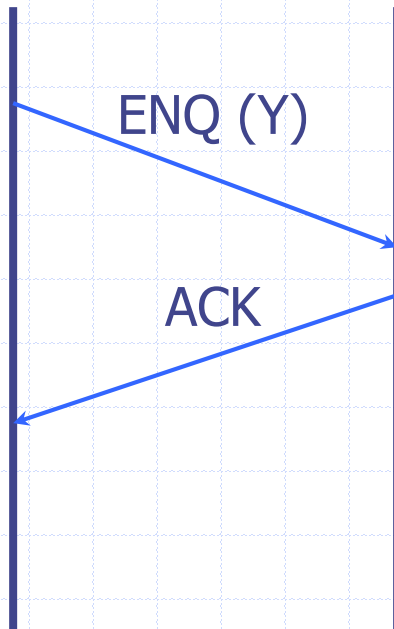
Control dispositivo 1	17	11	DC1
Control dispositivo 2	18	12	DC2
Control dispositivo 3	19	13	DC3
Control dispositivo 4	20	14	DC4
neg acknowledge	21	15	NAK
Sincronismo	22	16	SYN
Fin bloque transmitido	23	17	ETB
Cancelar	24	18	CAN
Fin medio	25	19	EM
Sustituto	26	1A	SUB
Escape	27	1B	ESC
Separador archivos	28	1C	FS
Separador grupos	29	1D	GS
Separador registros	30	1E	RS
Separador unidades	31	1F	US

Protocolo BSC

◆ Establecimiento de conexión

E. Maestra

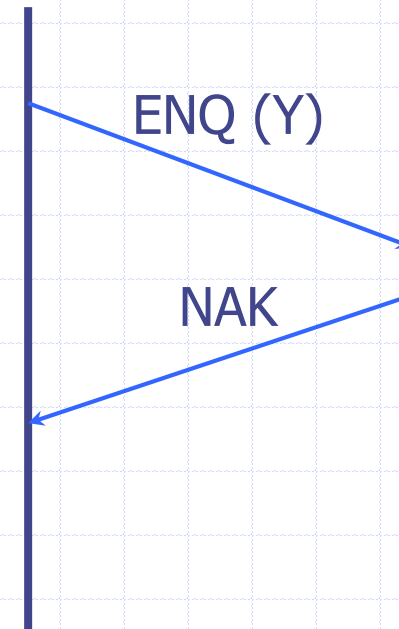
E. Esclava (Y)



Positivo

E. Maestra

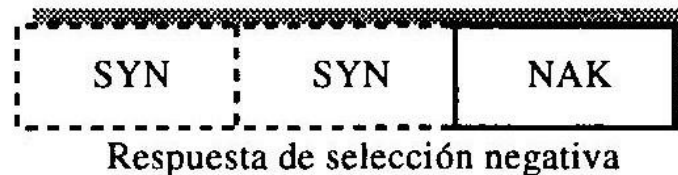
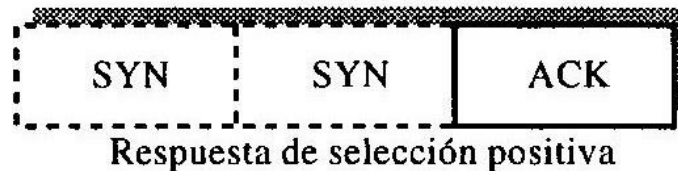
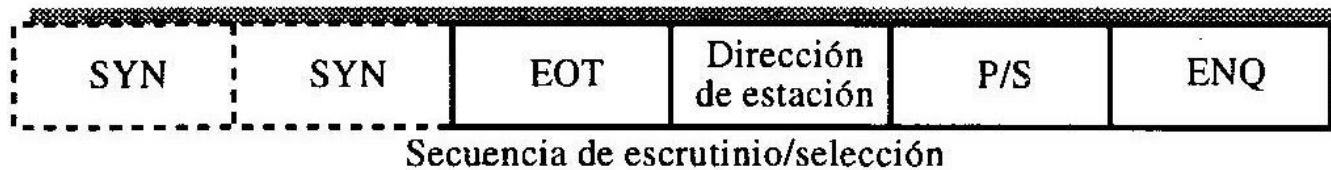
E. Esclava (Y)



Negativo

Protocolo BSC

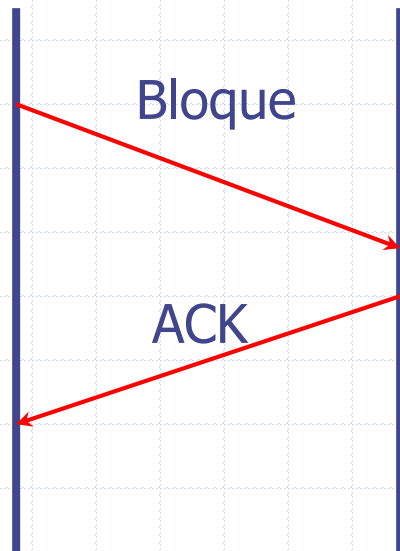
◆ Establecimiento de conexión



Protocolo BSC

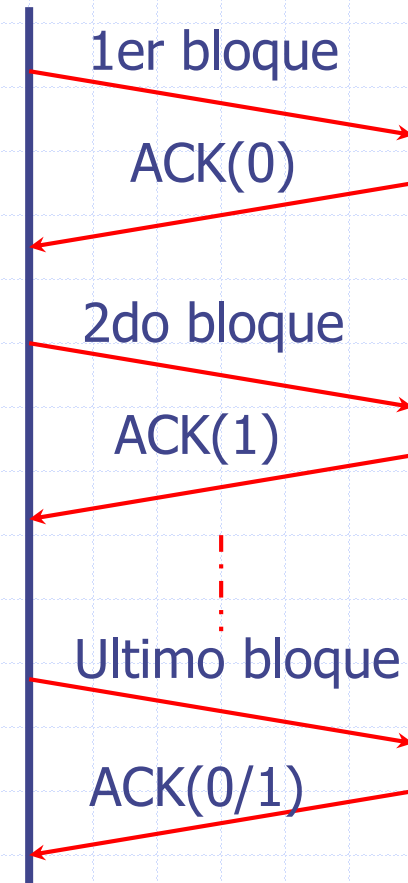
◆ Transmisión de datos

E. Maestra **E. Secundaria**



**Transmisión en
un bloque**

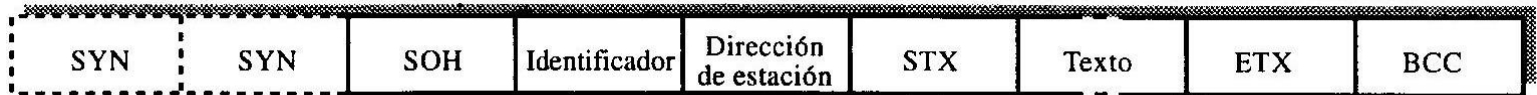
E. Maestra **E. Secundaria**



**Transmisión en
varios bloque**

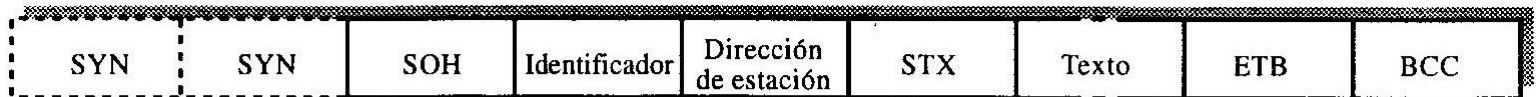
Protocolo BSC

■ Trama de datos en un solo bloque

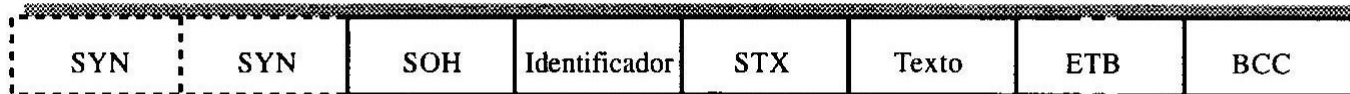


Mensaje de un solo bloque

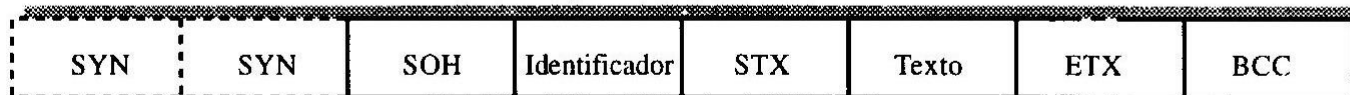
■ Tramas de datos en n bloques



Primer bloque de un mensaje de varios bloques



Bloque(s) intermedio(s)



Último bloque

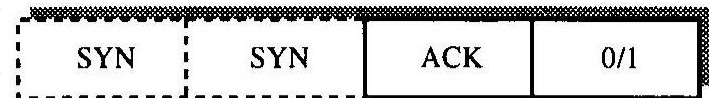
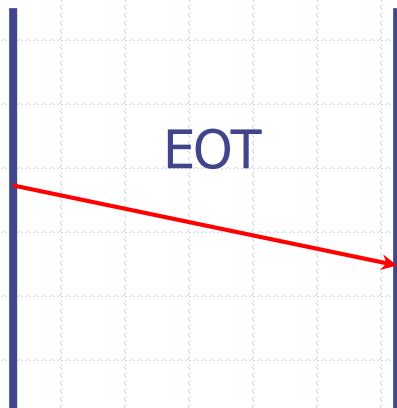
Identificador = Número de secuencia de transmisión del bloque

Protocolo BSC

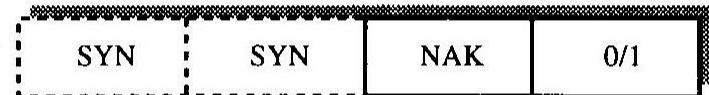
◆ Terminación de conexión

E. Maestra

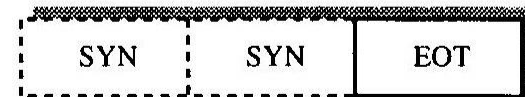
E. Secundaria



Confirmación positiva para tramas numeradas par/impar



Confirmación negativa para tramas numeradas par/impar

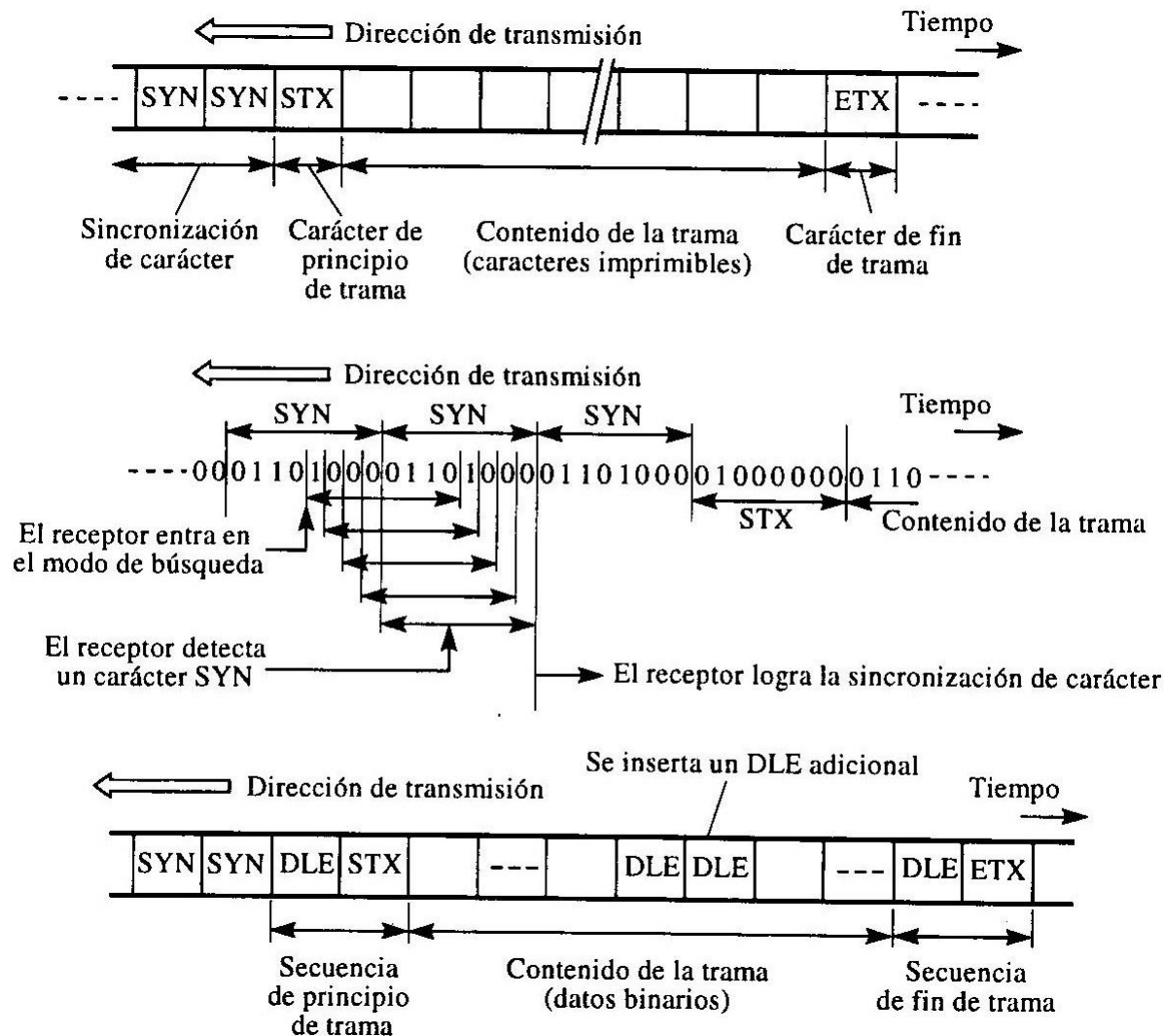


Fin de transmisión/ningún mensaje por enviar

Protocolo BSC

- En los casos donde el mensaje de datos transmitidos no es una secuencia de caracteres sino **un archivo binario**, puede ocurrir que una **secuencia de bits** sea detectada como un **fin de mensaje**.
- Para evitar esto y hacer transparente el protocolo BSC al tipo de archivos transmitido, se usa el **carácter DEL** asociado con los caracteres STX, ETX, etc.

Protocolo BSC



Protocolo Orientado a Bits

◆ Introducción

- Son protocolos mas simples y eficientes que los protocolos orientados a bytes.
- Pueden ser aplicados en *hardware* sin intervención del *sotware*.

Protocolo Orientado a Bits

- En estos protocolos las tramas se delimitan por una secuencia de bits:

01111110

- Esta secuencia identifica el comienzo y fin de una trama.

01111110

Trama

01111110

Protocolo Orientado a Bits

- La secuencia 01111110 sirve tambien para indicar el comienzo de la siguiente trama



Fin de la trama 1 y
comienzo de la trama 2

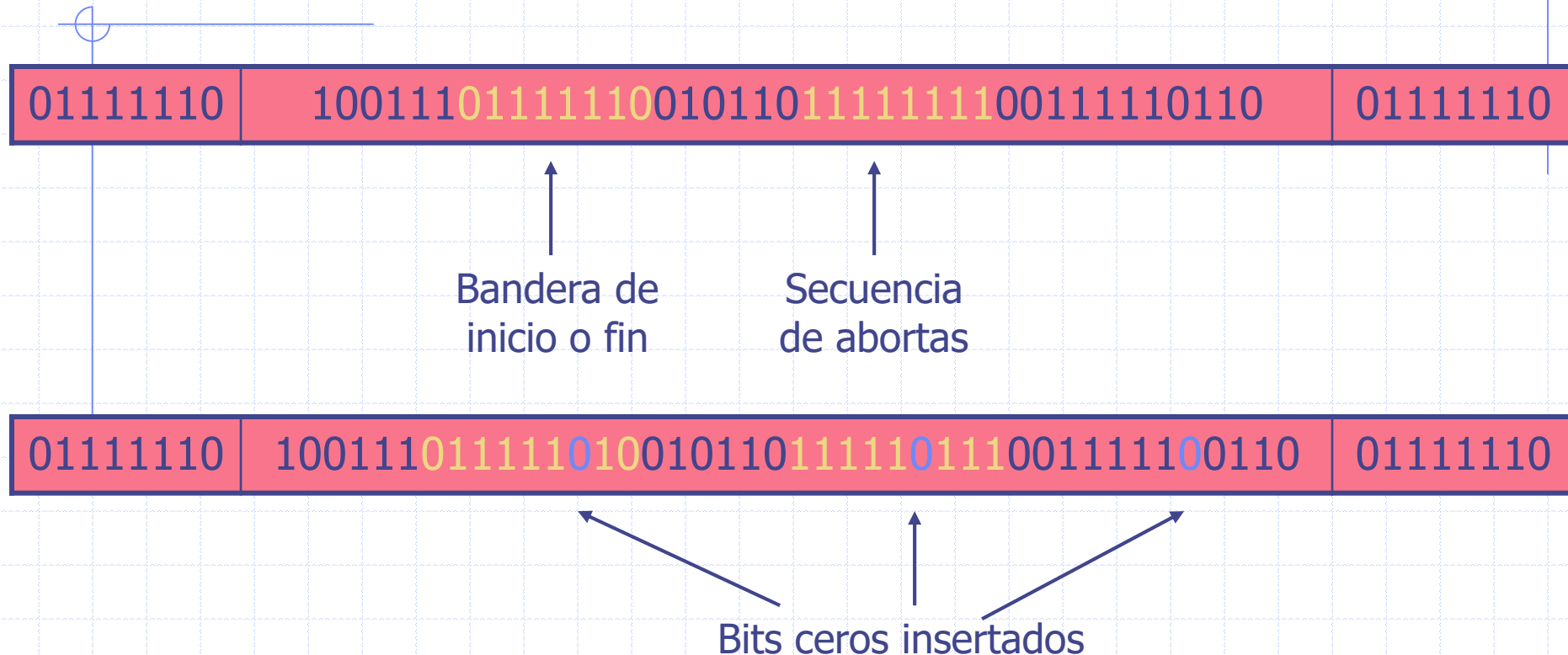
- Para enviar una señal de abortar, se envia una secuencia de siete o mas "unos".

1111111X

Protocolo Orientado a Bits

- Puesto que estas dos secuencia de bits tienen un significado preciso: comienzo o fin de trama y señal de aborto, no se permite que en la trama el número de bits "uno" consecutivos exceda de cinco.
- Para lograr esto, siempre que cinco bits consecutivos aparecen en la secuencia de bits transmitidos, el subsistema del protocolo en la estación transmisora inserta un bit "cero" extra después del quinto bit "uno" (como un mecanismo de hardware).

Protocolo Orientado a Bits



- En la estación receptora el subsistema de protocolo hace la operación inversa eliminando el primer bit cero despues de una cadena de cinco bits unos.

Protocolo Orientado a Bits

◆ Protocolo HDLC

- Protocolo orientado a bits.
- HDLC por High-level Data Link Control.
- Funciona bajo el esquema de operación siguiente:
 - ◆ Enlace punto a punto y enlace multipunto
 - ◆ Modo half duplex o full duplex
 - ◆ Enlace entre entidades iguales o entre entidades maestro-esclavo.

HDLC

- Define tres tipos de estaciones
 - ◆ **Estación primaria:** se caracteriza porque tiene la responsabilidad de controlar el funcionamiento del enlace. Las tramas generadas por la primaria se denominan órdenes.
 - ◆ **Estación secundaria:** funciona bajo el control de la estación primaria. Las tramas generadas por la estación secundaria se denominan respuestas. La primaria establece un enlace lógico independiente para cada una de las secundarias presentes en la línea.

HDLC



- ♦ **Estación combinada:** es una mezcla entre las características de las primarias y las secundarias. Una estación de este tipo puede generar tanto órdenes como respuestas.

HDLC

- Se tienen las configuraciones siguientes
 - ◆ **Configuración no balanceada:** está formada por una estación primaria y una o más secundarias. Permite transmisión full-duplex y half-duplex. El enlace puede ser punto-punto o multipunto.
 - ◆ **Configuración balanceada:** consiste en dos estaciones combinadas. Permite igualmente transmisión full-duplex o half-duplex. Solo opera con enlaces punto-punto.

HDLC

- Soporta los modos de configuración siguientes:
 - ◆ **Modo de respuesta normal (NRM, Normal Response Mode):** se utiliza en la configuración no balanceada. La estación primaria puede iniciar la transferencia de datos a la secundaria, pero la secundaria solo puede transmitir datos usando respuestas a las órdenes emitidas por la primaria.

HDLC

- ♦ **Modo balanceado asíncrono (ABM, Asynchronous Balanced Mode):** se utiliza en la configuración balanceada. En este modo cualquier estación combinada podrá iniciar la transmisión sin necesidad de recibir permiso por parte de la otra estación combinada.
- ♦ **Modo de respuesta asíncrono (ARM, Asynchronous Response Mode):** se utiliza en la configuración no balanceada. La estación secundaria puede iniciar la transmisión sin tener permiso explícito por parte de la primaria. La estación primaria sigue teniendo la responsabilidad del funcionamiento de la línea, incluyendo la iniciación, la recuperación de errores, y la desconexión lógica.

HDLC

- Se han diseñado varios protocolos orientados a bits basados en HDLC; estos incluyen los siguientes:
 - ♦ LLC (Logical Link Control): empleado en redes locales (LAN)
 - ♦ LAPB(Link Access Procedure, Balanced): empleado en redes X.25
 - ♦ SDLC(Synchronous Data Link Control): empleado en mainframe IBM

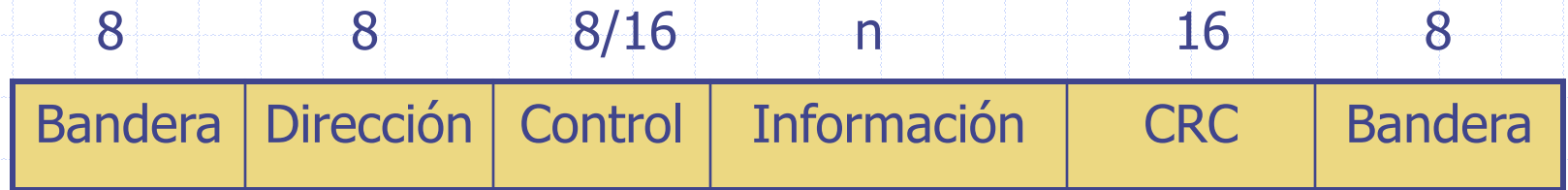
HDLC

◆ Ventajas de HDLC sobre BSC

- Tiene capacidad full duplex
- Es transparente a los datos
- Permite transmitir múltiples bloques de datos sin esperar reconocimiento.

HDLC

◆ Formato de la trama HDLC



Tomados en cuenta para generar el CRC

Inserción de ceros cuando es necesario

HDLC

◆ Bandera:

- Es una secuencia de bits del tipo 01111110 que se usa para indicar al receptor el comienzo y fin de la trama.



HDLC

◆ Dirección

- Identifica a la estación secundaria
- El contenido del campo, depende del modo de operación:
 - ◆ En NRM, en un esquema multipunto, a cada estación secundaria (ES) se le asigna una dirección (ID). Cuando la EP se comunica con la ES, el campo dirección contiene el ID de la ES.
 - ◆ La ES responde al mensaje transmitido por la EP, el campo de direcciones contiene el ID de la ES.

HDLC



- ♦ En ABM, el campo de dirección se usa para distinguir los comandos de las respuestas, porque en este caso se tienen mensajes punto a punto, por lo que no es necesario identificar cada estación

HDLC

◆ Control

- El campo de control puede tener 8 o 16 bits de longitud, e identifica el tipo de trama transmitida como:
 - ◆ Trama de información
 - ◆ Trama de supervisión
 - ◆ Trama no numerada

HDLC

◆ Información

- Este campo tiene una longitud que va de 0 a n bits, y el mensaje es tratado como información binaria pura.

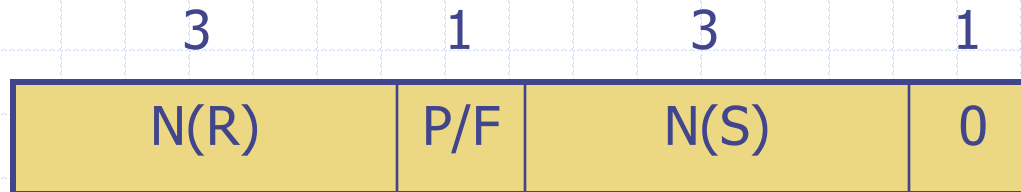
◆ Cyclic Redundancy Check (CRC)

- Es una secuencia de 16 bits generada en base a un mensaje $M(x)$, usando el algoritmo de redundancia cíclica.

HDLC

◆ 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.



HDLC

- 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:
 - ◆ 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): Lo utiliza el Tx para indicar al Rx que **requiere una respuesta inmediata** a la trama transmitida (**Poll, P/F=1**). El receptor reconoce esta trama, retornando una trama de **respuesta** con (**Final, P/F=1**). El bit P/F=0 indica que es una trama de información.

HDLC

Terminal A

Terminal B

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

N(S),N(R)

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

0,0

1,0

2,0

3,0

0,4

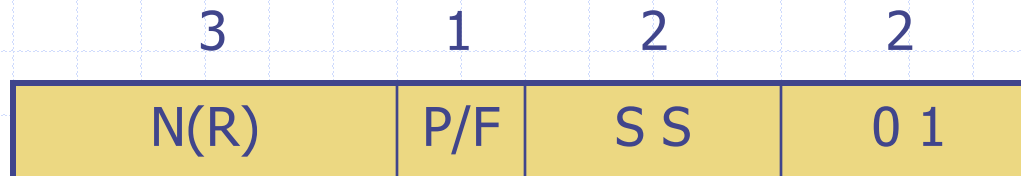
4,1

5,1

HDLC

◆ 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.



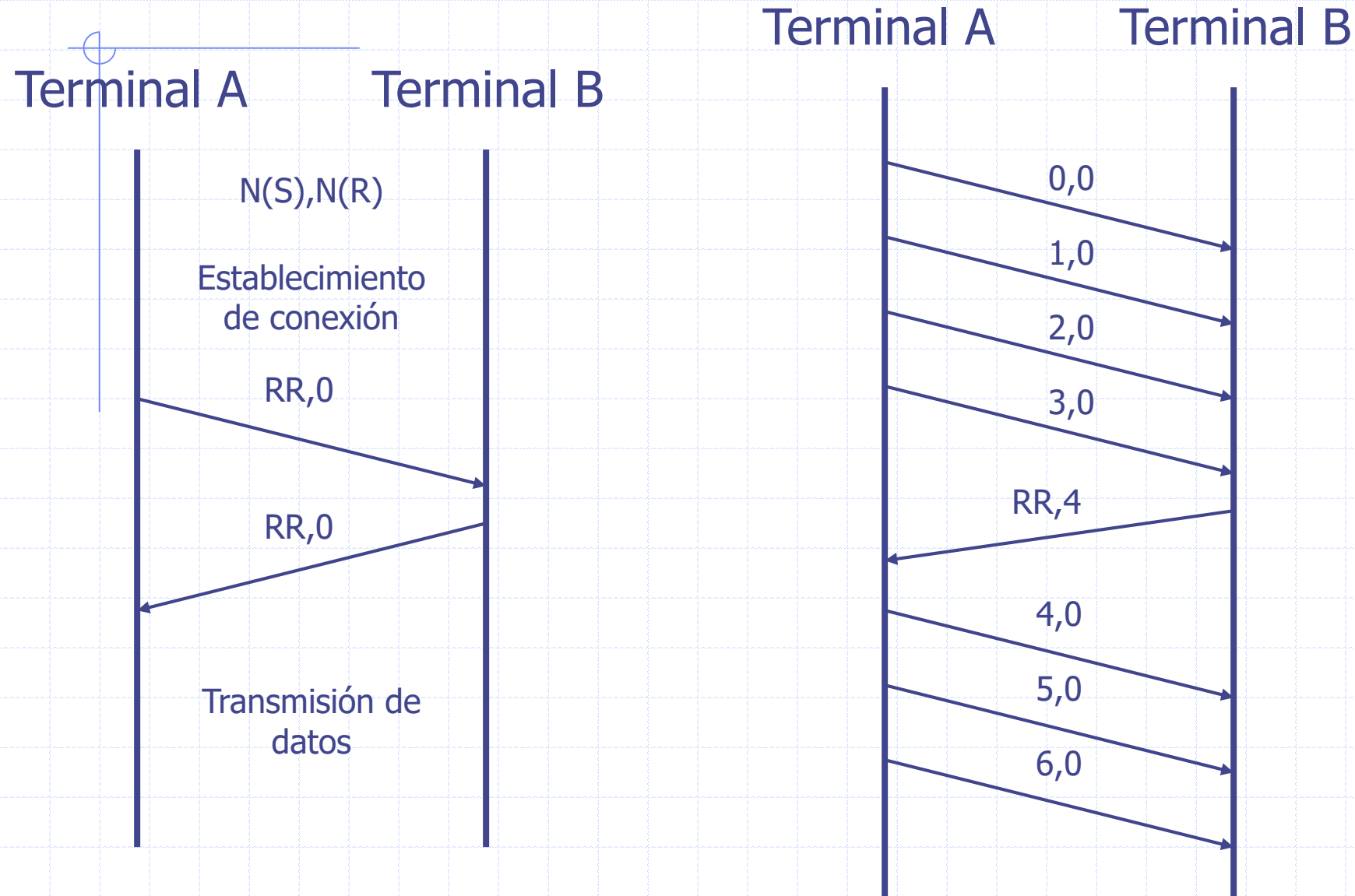
HDLC

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

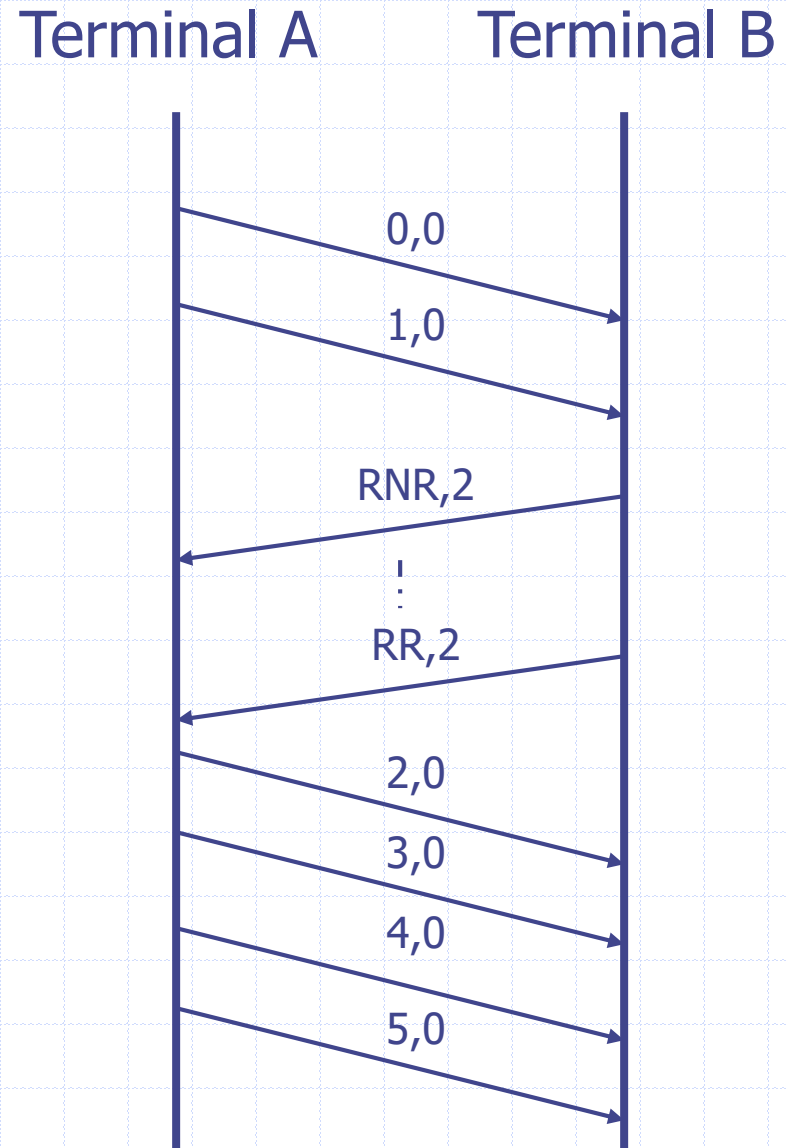
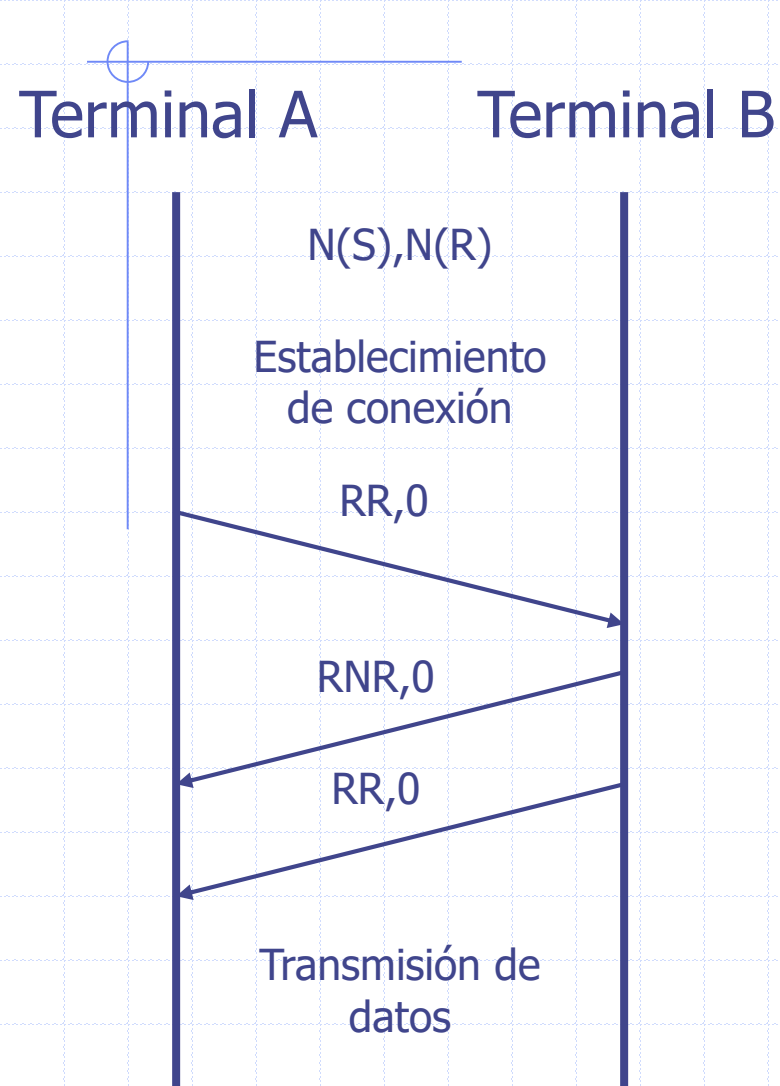
Bits SS	Significado
0 0	Receive Ready(RR)
0 1	Receive Not Ready (RNR)
1 0	Reject (REJ)
1 1	Selective Reject (SREJ)

- N(R): Indica el número de trama que espera recibir de la terminal remota.
- P/F: (Poll/Final): Opera de la misma forma que con las tramas de información.

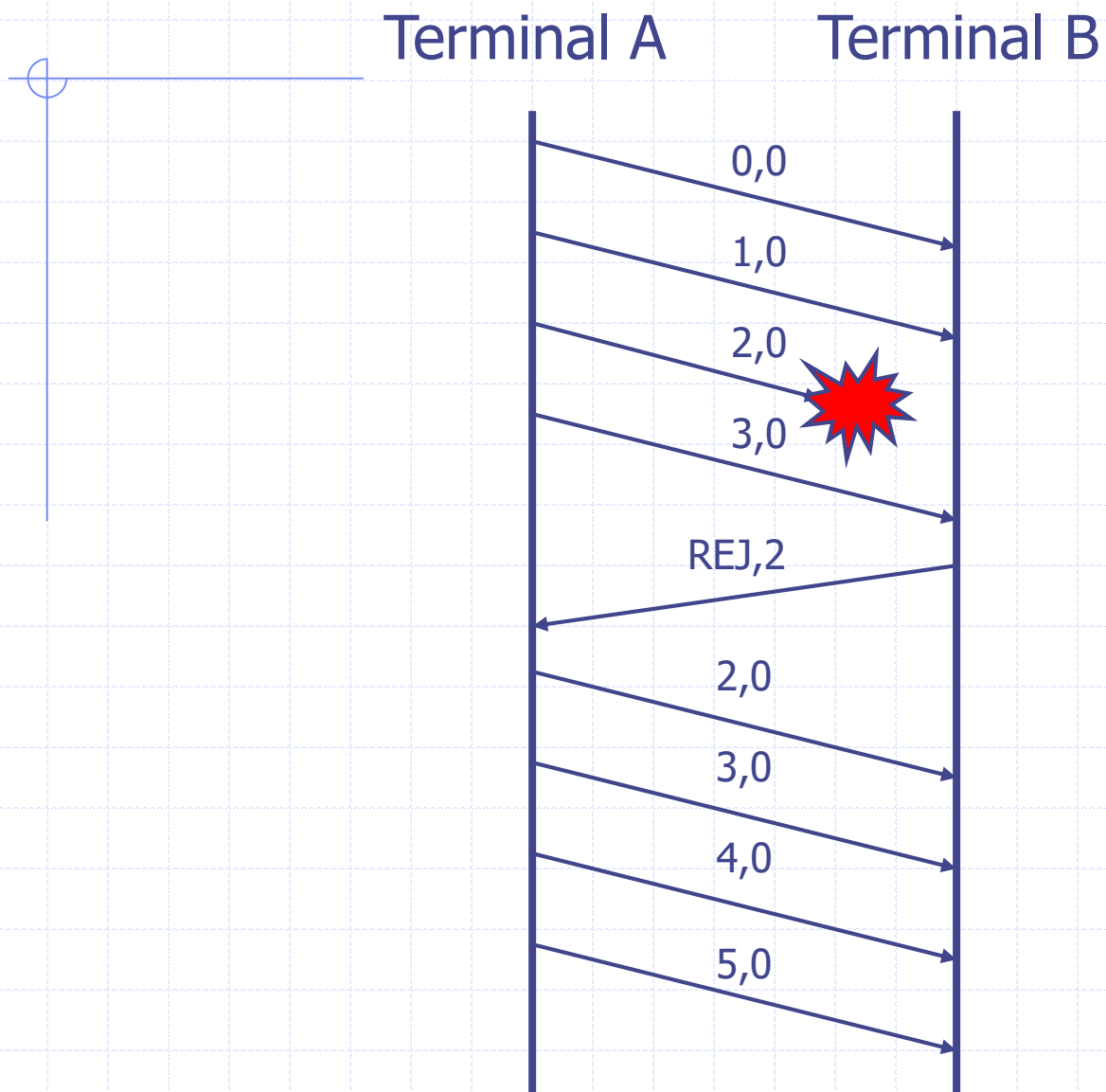
Receptor Listo (RR - Receive Ready)



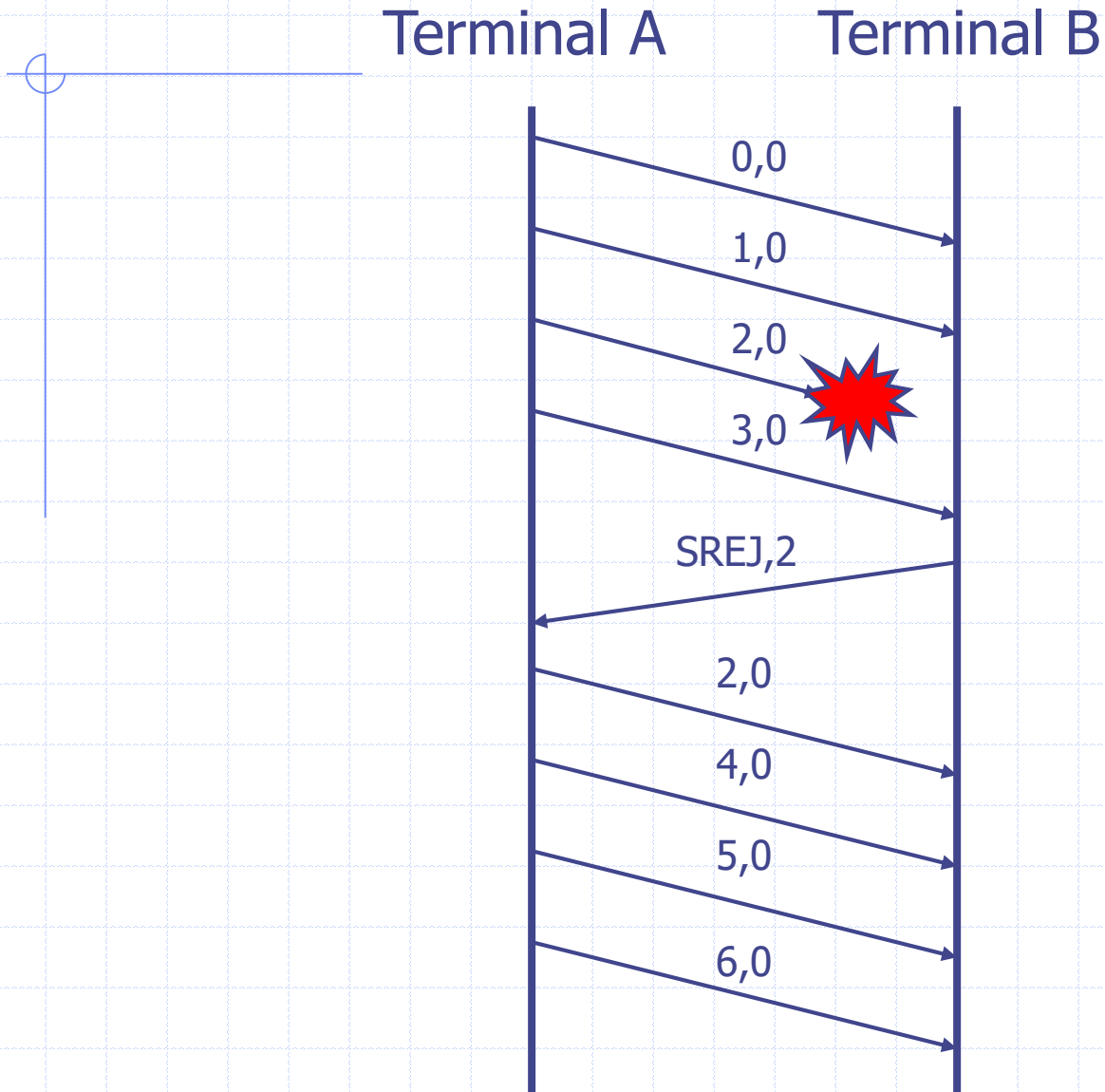
Receptor No Listo (RNR – Receive Not Ready)



Retransmisión (REJ - Reject)



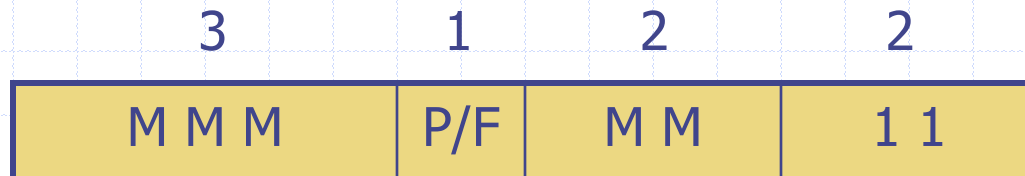
Retransmisión Selectiva (REJ – Selective Reject)



HDLC

◆ Trama no numerada

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



HDLC

- 11: Indica que la trama es no numerada.
- Los bits MM MMM indican el tipo de tramas no numerada:

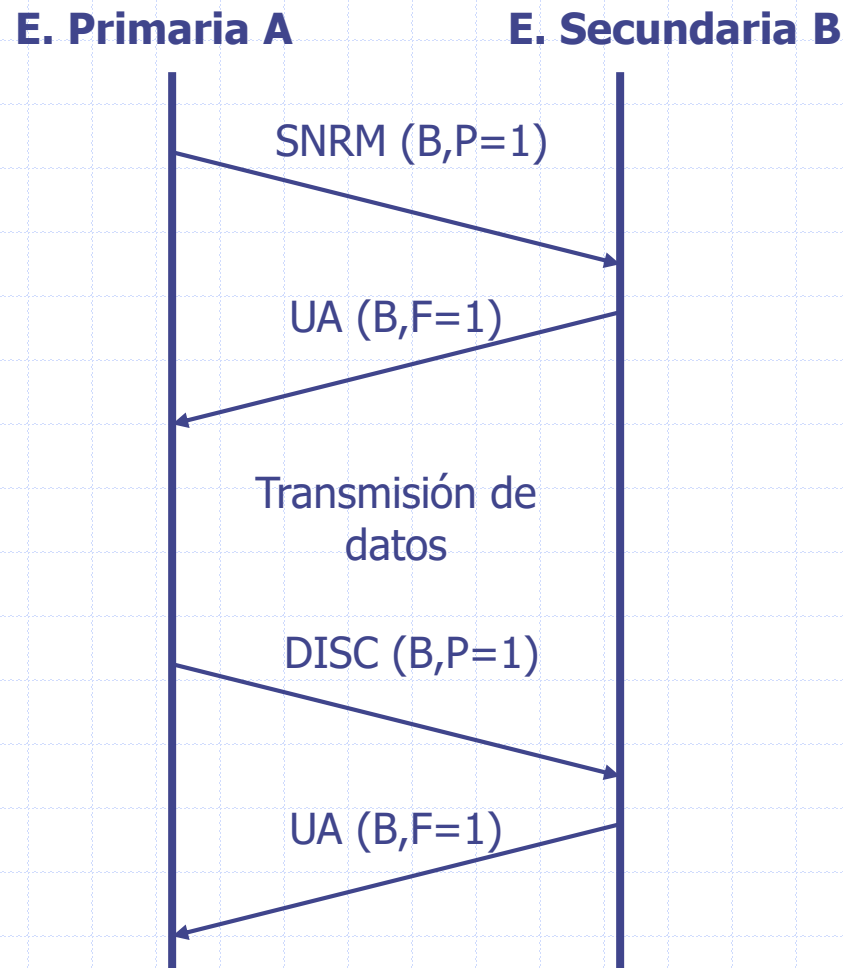
Nombre	Comando/ Respuesta	Descripción	Información	Formato de los campos M							
				7	6	5	4	3	2	1	0
Set normal response SNRM	C	Modo de configuración	Usa 3 bits para números de secuencia	1	0	0	P	0	0	1	1
Set normal response extended mode SNRME	C	Modo de configuración; extendido	Usa 7 bits para números de secuencia	1	1	0	P	1	1	1	1
Set asynchronous response SARM	C	Modo de configuración	Usa 3 bits para números de secuencia	0	0	0	P	1	1	1	1
Set asynchronous response extended mode SARME	C	Modo de configuración; extendido	Usa 7 bits para números de secuencia	0	1	0	P	1	1	1	1
Set asynchronous balanced mode SABM	C	Modo de configuración	Usa 3 bits para números de secuencia	0	0	1	P	1	1	1	1
Set asynchronous balanced extended mode SABME	C	Modo de configuración; extendido	Usa 7 bits para números de secuencia	0	1	1	P	1	1	1	1

Set initialization mode SIM	C	Iniciar función de control de enlace	Dirigido a la estación	0	0	0	P	0	1	1	1
Disconnect DISC	C	Terminar la conexión de enlace lógico	Para futuras tramas de I y S regresa DM	0	1	0	P	0	0	1	1
Unnumbered Acknowledgment UA	R	Reconoce la conexión	De uno de los comandos de modo de configuración.	0	1	1	F	0	0	1	1
Disconnect Mode DM	R	Responder en modo de desconexión	Modo de configuración requerido	0	0	0	F	1	1	1	1
Request Disconnect RD	R	Solicitud por el comando DISC		0	1	0	F	0	0	1	1
Request Initialization Mode RIM	R	Inicialización necesaria	Solicitud de comando SIM	0	0	0	F	0	1	1	1
Unnumbered Information UI	C/R	Datos no reconocidos	Tiene una carga útil	0	0	0	P/F	0	0	1	1
Unnumbered Poll (UP)	C	Se utiliza para solicitar	Información de control	0	0	1	P	0	0	1	1
Reset RSET	C	Utilizado para la recuperación	Restablece N(R), pero no N(S)	1	0	0	P	1	1	1	1
Exchange Identification XID	C/R	Se utiliza para Solicitar	Reporte de capacidades	1	0	1	P/F	1	1	1	1
Test TEST	C/R	Intercambio de información idéntica	campos para la realización de pruebas	1	1	1	P/F	0	0	1	1
Frame Reject FRMR	R	Informe de recepción	De trama inaceptable	1	0	0	F	0	1	1	1

- P/F: (Poll/Final): Opera de la misma forma que con las tramas de información y supervisión.

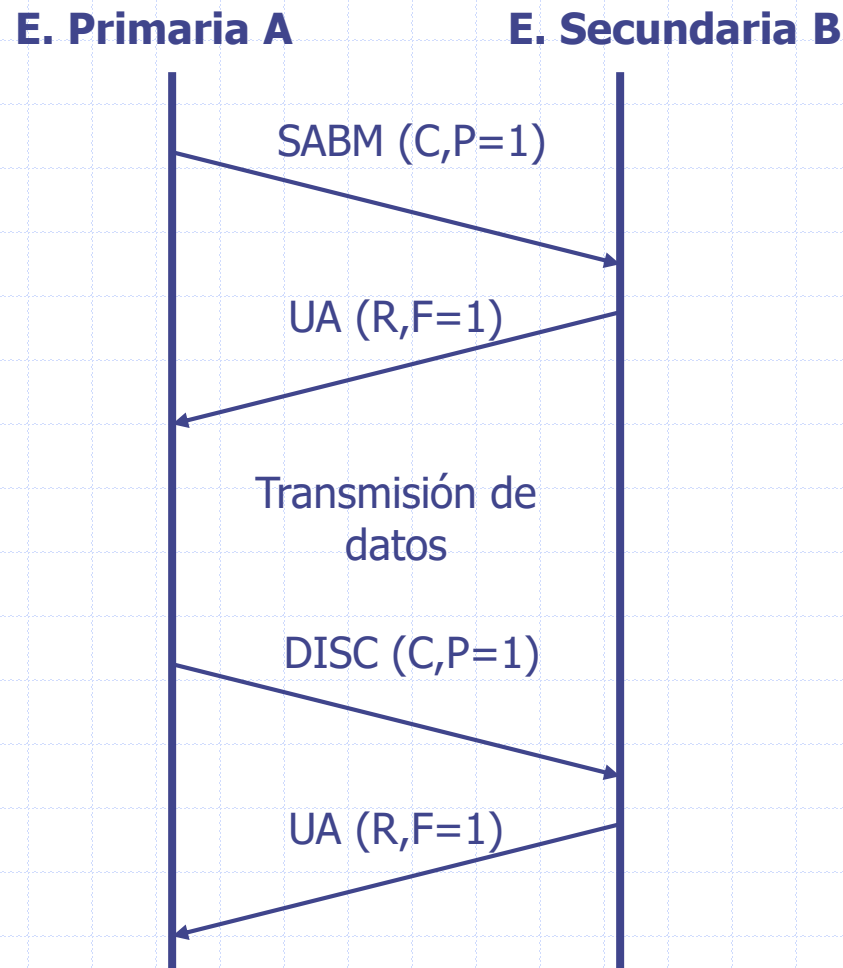
HDLC

- Establecimiento de un enlace multipunto.



HDLC

- Establecimiento de un enlace punto a punto



HDLC

■ Control de error

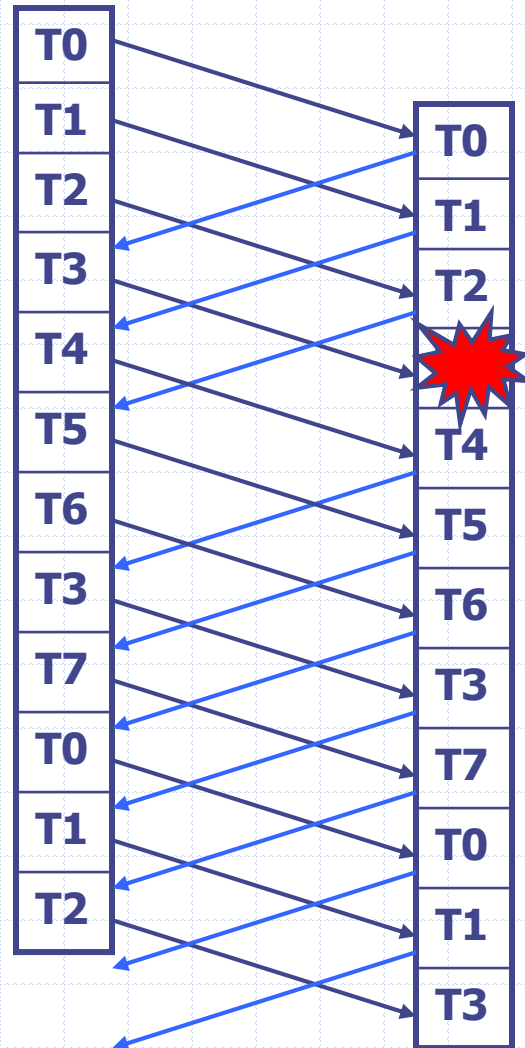
- ◆ El control de error se realiza comúnmente con un procedimiento de requerimiento de repetición automática o ARQ (*Automatic Repeat reQuest*)
- ◆ En este método, el receptor envía una trama de control ACK o NAK para indicar al transmisor una recepción correcta o incorrecta de la trama de información.

HDLC

- Hay dos alternativas de la técnica ARQ
 - ♦ RQ inactivo (para y espera)
 - ♦ RQ continuo: donde las tramas de información, se envían una tras otra sin esperar un reconocimiento, sino que se transmiten en un numero determinado por la ventana:
 - La ventana es calculada por:

$$\text{Ventana} = 2^n - 1$$

Retransmisión selectiva



Retransmisión Regresa N

