

Universidad Politécnica de Cartagena



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación

TELEMÁTICA

Práctica 3: Protocolo HDLC.

Profesores:

Felipe García Sánchez
María Dolores Cano Baños

ÍNDICE

1. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA	3
2. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA PRÁCTICA	3
3. ESTRUCTURA DE LA TRAMA HDLC.	4
3.1. CAMPO DE DELIMITACIÓN.	4
3.2. CAMPO DE DIRECCIÓN.	4
3.3. CAMPO DE CONTROL.	4
3.4. CAMPO DE INFORMACIÓN.	5
3.5. CAMPO PARA LA SECUENCIA DE COMPROBACIÓN DE TRAMA.	5
3.6. FUNCIONAMIENTO.	6
3.6.1. Iniciación.	6
3.6.2. Transferencia de datos.	6
3.6.3. Desconexión.	6
3.6.4. Ejemplos de funcionamiento.	7
4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.	10
4.1. CREACIÓN DE TRAMAS BIT A BIT.	10
4.2. ESTABLECIMIENTO DEL ENLACE.	10
4.3. ESTUDIO DE LOS NÚMEROS DE SECUENCIA N(S) Y N(R) Y DE LA VENTANA DE TRANSMISIÓN DE TRAMAS.	11
4.4. TRAMAS RR, RNR Y REJ.	11
4.5. SALIDA DEL ESTADO DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN.	12
4.6. TRAMA FRMR.	12
ANEXO 1. MANUAL DEL PROGRAMA.	14

1. Objetivos de la práctica

- Analizar los distintos aspectos telemáticos que intervienen en una comunicación remota entre dos equipos terminales de datos (ETD ó DTE) a través del protocolo HDLC.
- Utilidad práctica a nivel comercial del protocolo: Simulador X.25.
- Configurar los DTE's para la utilización del simulador.
- Manejo del simulador.
- Comprender y analizar la funcionalidad del protocolo.
- Análisis de la trama HDLC.
- Conocer y manejar el mecanismo de control de errores ARQ con vuelta-atrás-N.
- Estudio del control de flujo mediante ventana deslizante.

2. Elementos que intervienen en la práctica

- 2 PCs que actúan como DTE's con entorno Windows interconectados mediante los respectivos puertos serie.
- Cable Puerto Serie (Null-Modem), hembra-hembra.
- Programa Simulador protocolo HDLC.
- Fichero de pruebas.

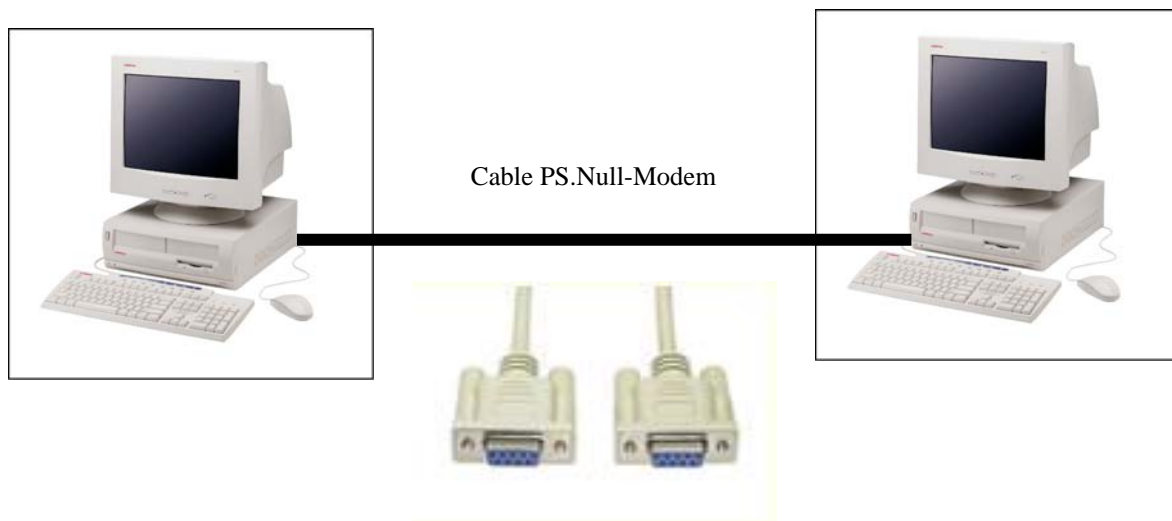


Figura 3.1. Configuración del puesto de trabajo.

La figura adjunta muestra esquemáticamente los elementos que intervienen en el sistema. Los equipos terminales de datos están formados por PC's conectados a través de su puerto serie por un cable null-modem hembra-hembra.

3. Estructura de la trama HDLC.

HDLC usa transmisión síncrona. Todos los intercambios se realizarán a través de tramas utilizando un formato único de tramas que es válido para todos los posibles intercambios: datos e información de control.

3.1. Campo de delimitación.

Los campos de delimitación están localizados en los extremos de la trama, y ambos corresponden a la siguiente combinación de bits: 01111110. Se puede usar un único delimitador como final y comienzo de la siguiente trama simultáneamente. A ambos lados de la interfaz entre el usuario y la red, los receptores estarán intentando detectar la secuencia de delimitación para sincronizarse con el comienzo de la trama. Cuando se recibe una trama, la estación seguirá intentando detectar esa misma secuencia para determinar así el final de la trama.

Debido a que el protocolo permite cualquier combinación de bits no hay garantía de que la combinación 01111110 no aparezca en algún lugar dentro de la trama, destruyendo de esta manera la sincronización de las tramas. Para evitar esta situación, se utiliza un procedimiento de **inserción de bits**. En la transmisión de los bits que estén entre los dos delimitadores de comienzo y final, el transmisor insertará un 0 extra siempre que se encuentre con la aparición de cinco 1 consecutivos. El receptor, tras la detección del delimitador de comienzo, monitorizará la cadena de bits recibida, de tal manera que cuando aparezca cinco 1 seguidos, el sexto bit se examinará. Si dicho bit es un 0, se eliminará sin más. Si el sexto bit es un 1 y el séptimo un 0, la combinación se considera un delimitador. Si los bits sexto y séptimo son ambos igual a 1 se interpreta como indicación de cierre generada por el emisor.

Al usar el procedimiento de inserción de bits, el campo de datos puede contener cualquier combinación arbitraria de bits. Esta propiedad se denomina **transparencia de datos**.

3.2. Campo de dirección.

El campo de dirección identifica a la estación secundaria que ha transmitido o que va a recibir la trama. Este campo tiene normalmente 8 bits, si bien tras una negociación previa, se puede utilizar un formato ampliado en el que la dirección tendrá un múltiplo de siete bits. El bit menos significativo de cada octeto será respectivamente 1 o 0, si es o no el último octeto del campo dirección. Los siete bits restantes en cada octeto formarán la dirección propiamente dicha. Un octeto de la forma 11111111 se interpretará como una dirección que corresponde a todas las direcciones, tanto en el formato básico como ampliado.

3.3. Campo de control.

En HDLC se definen tres tipos de tramas, cada una de ellas con un formato diferente para el campo de control:

- Trama de Información (tramas-I): Transportan los datos generados por el usuario. Además se incluye información para el control ARQ de errores y flujo.
- Trama de Supervisión (tramas-S): Proporcionan el mecanismo ARQ cuando la incorporación de las confirmaciones en las tramas de información no es factible.
- Trama no numerada (tramas-N): Proporcionan funciones complementarias para controlar el enlace.

El primero o los primeros bits del campo de control se utilizan para identificar el tipo de trama. Los bits restantes estructuran en subcampos como se indica en la figura 3.2.

Todos los formatos posibles del campo de control contienen el bit de sondeo /fin (P/L "poll/final"). En las tramas de órdenes se denomina bit P, y se fija a 1 para solicitar (sondear) una respuesta a la entidad HDLC par. En las tramas de respuesta, el bit se denomina F, y se fija a un valor igual a 1 para identificar a la trama tipo respuesta devuelta tras la recepción de una orden.

El campo de control básico en las tramas-S y en las tramas-I utiliza números de secuencia de tres bits. Utilizando una orden que fije el modo adecuado, en estas tramas se puede hacer uso de un campo de control

ampliado en el que los números de secuencia sean de 7 bits. Las tramas-N siempre tiene un campo de control de 8 bits.

3.4. Campo de información.

El campo de información sólo está presente en las tramas-I y en algunas tramas-N. En este campo puede contener cualquier secuencia de bits, con la única restricción de que el número de bits sea igual a un múltiplo entero de 8. La longitud del campo de información es variable y siempre será menor que un valor máximo predefinido.

3.5. Campo para la secuencia de comprobación de trama.

La secuencia de comprobación de trama (FCS) es un código para la detección de errores calculado a partir de los bits de la trama excluyendo los limitadores. El código que se usa normalmente es el CRC-CCITT de 16 bits. Se puede utilizar alternativamente una FCS de 32 bits, que use el polinomio CRC-32, si así lo aconseja la longitud de la trama o las características de la línea.

Formato de trama.

Delimitador (8)	Dirección (8)	Control (8/16)	Información (variable)	FCS (16/32)	Delimitador (8)
-----------------	---------------	----------------	------------------------	-------------	-----------------

Campo de dirección extendida.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	8n	
0								0									1	

Formato del campo de control de 8 bits.

I: Información

1	2	3	4	5	6	7	8
0		N(S)		P/F		N(R)	

S: Supervisión

1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	S		P/F		N(R)	

N: No Numerada

1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	M		P/F		M	

N(S) = Número de secuencia enviada.
 N(R) = Número de secuencia recibida.
 S= Bits para las tramas de supervisión.
 M= Bits para las tramas no numeradas.
 P/F= Bit de sondeo/final ("Poll/Final)

Figura 3.2. Formato de trama HDLC.

3.6. Funcionamiento.

El funcionamiento del HDLC consiste en el intercambio de tramas-I, tramas-S y tramas-N entre dos estaciones. En la tabla 3.1 se definen los órdenes y respuestas posibles para los distintos tipos de tramas. Al describir el funcionamiento del HDLC se explicarán a su vez estos tres tipos de tramas.

El funcionamiento del HDLC implica tres fases. Primero, uno de los extremos inicia el enlace de datos, de tal manera que las tramas se puedan intercambiar de una manera ordenada. Durante esta fase, se pactan las opciones que se usarán en el intercambio posterior. Después de la iniciación, los dos extremos se intercambian los datos generados por los usuarios así como la información de control para llevar a cabo los procedimientos de control de flujo y errores. Finalmente, uno de los dos extremos comunicará la finalización de la transmisión.

3.6.1. Iniciación.

La iniciación la puede solicitar cualquiera de los dos extremos transmitiendo una de entre las seis órdenes previstas para fijar el modo. Esta orden sirve para tres objetivos:

- Se avisa al otro extremo sobre la solicitud de la iniciación.
- Se especifica cual de los tres modos (NRM,ABM,ARM) se está solicitando.
- Se especifica si se van a utilizar números de secuencia de 3 o 7 bits.

Si el otro es extremo acepta la solicitud, se informará al extremo sobre esta contingencia mediante la transmisión de una trama de confirmación no numerada (UA). Si la solicitud se rechaza, se envía una trama de modo desconectado (DM).

3.6.2. Transferencia de datos.

Cuando la iniciación se haya solicitado y haya sido aceptada, entonces se habrá establecido la conexión lógica. A partir de entonces, ambos lados pueden comenzar a enviar datos mediante tramas-I, comenzando con el número de secuencia igual a 0. Los campos N(S) y N(R) de una trama-I contendrá los números de secuencia con los que se lleva a cabo el control de flujo y de errores. La secuencia de tramas-I se numerará secuencialmente módulo 8 o módulo 128, dependiendo de si se utilizan respectivamente 3 o 7 bits, utilizando el campo N(S). El campo N(R) se utiliza para la confirmación de las tramas-I recibidas; de esta forma se facilita que el módulo HDLC indique al otro extremo el número de trama-I que se espera recibir.

Las tramas-S también se usan para controlar el flujo y los errores. La trama receptor (RR) confirma una trama-I recibida, indicando a la vez la siguiente trama-I que se espera recibir. La RR se usa cuando no hay tráfico en el sentido contrario (tramas-I) en el que se puedan incluir las confirmaciones. La trama receptor no preparado (RNR) confirma una trama-I, como la hace RR, pero a la vez solicita a la entidad situada en el otro extremo del enlace que suspenda la transmisión de tramas-I. Cuando la entidad que envió la RNR esté de nuevo preparada, enviará una RR. La trama REJ sirve para iniciar el procedimiento ARQ con vuelta-atrás-N. Con ella se indica que la última trama-I recibida se ha rechazado y solicita la retransmisión de todas las tramas-I con números de secuencia posteriores a la N(R) .

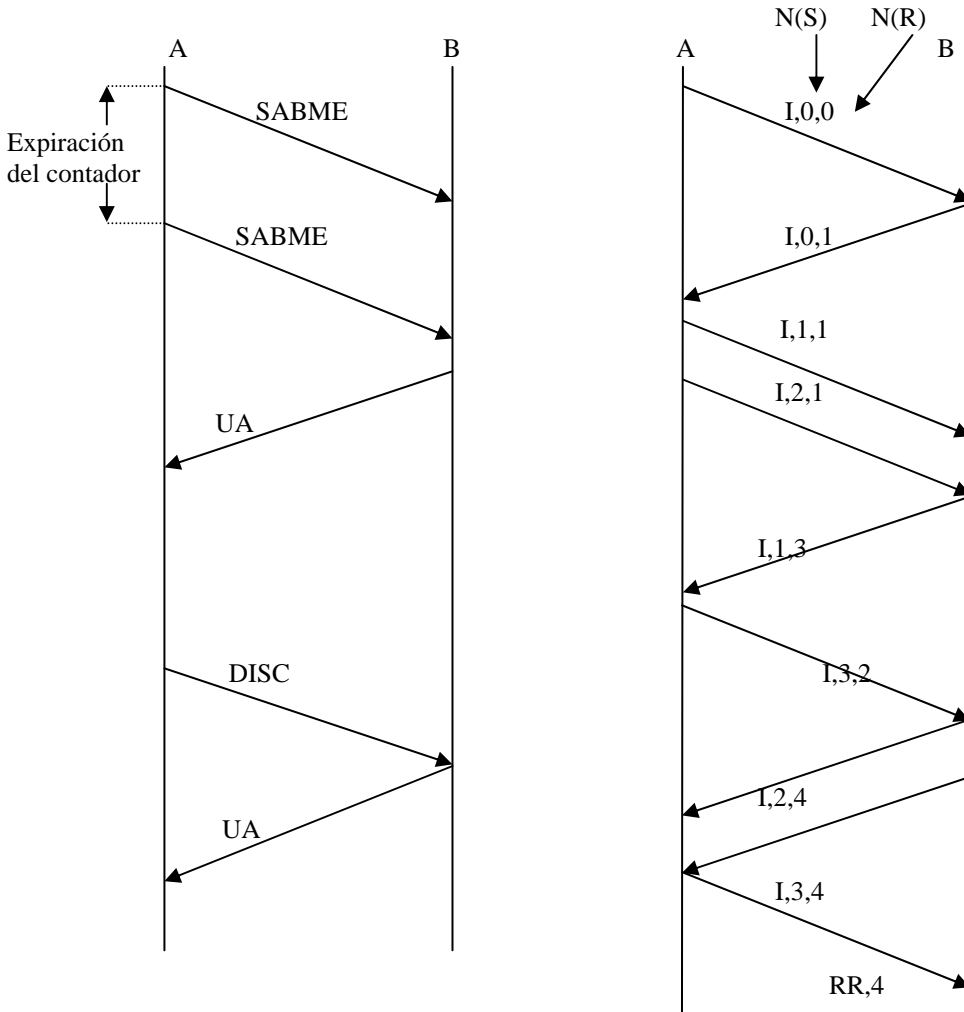
3.6.3. Desconexión.

Cualquiera de las dos entidades situadas a ambos lados del enlace pueden iniciar la desconexión; tanto por iniciativa propia (si es que ha habido algún tipo de fallo) como tras la petición cursada por capas superiores. HDLC lleva a cabo la desconexión transmitiendo una trama de desconexión (DISC). El otro extremo podrá aceptar dicha desconexión devolviendo una trama UA e informando al usuario de la capa 3 sobre el cierre de la desconexión. Se puede perder cualquier trama-I pendiente de confirmarse, en ese caso su recuperación es responsabilidad de las capas superiores.

3.6.4. Ejemplos de funcionamiento.

Para comprender mejor el funcionamiento del HDLC, en la figura se presentan varios ejemplos. En los diagramas utilizados, cada fila incluye un texto que especifica el nombre de la trama, el bit P/F, y allí donde sea oportuno, los valores de los campos N(R) y N(S). El bit P/F se considera que se pone a 1 si explícitamente aparece y en caso contrario se considera a 0.

En la figura 3.3.a se muestran las tramas involucradas en el establecimiento y desconexión del enlace. Una de las entidades enviará una orden SABM e iniciará un temporizador. El otro extremo, tras recibir la SABM, devolverá una respuesta UA, iniciará las variables locales y los contadores correspondientes. La entidad que inició el enlace recibe la respuesta UA, inicia sus variables y contadores, y detiene el temporizador. La conexión lógica ya está establecida, por lo que ambos extremos pueden comenzar a enviar tramas. Si el temporizador anterior expiraba sin obtener la respuesta esperada, el extremo correspondiente repetirá la transmisión de la trama SABM, como se ha mencionado. Este procedimiento se debe repetir hasta que se reciba una trama UA, una trama DM o hasta que, tras una serie de intentos, la entidad que esté intentando establecer la conexión renuncie a sus pretensiones e informe sobre la condición de fallo a la entidad de gestión. En tal caso, se necesitará la intervención de las capas superiores. En la misma figura se muestra el procedimiento de desconexión. Uno de los dos extremos enviará la orden DISC, y el otro responderá con una trama UA.



3.3.a. Iniciación del enlace y desconexión.

3.3.b. Intercambio de datos en ambos sentidos.

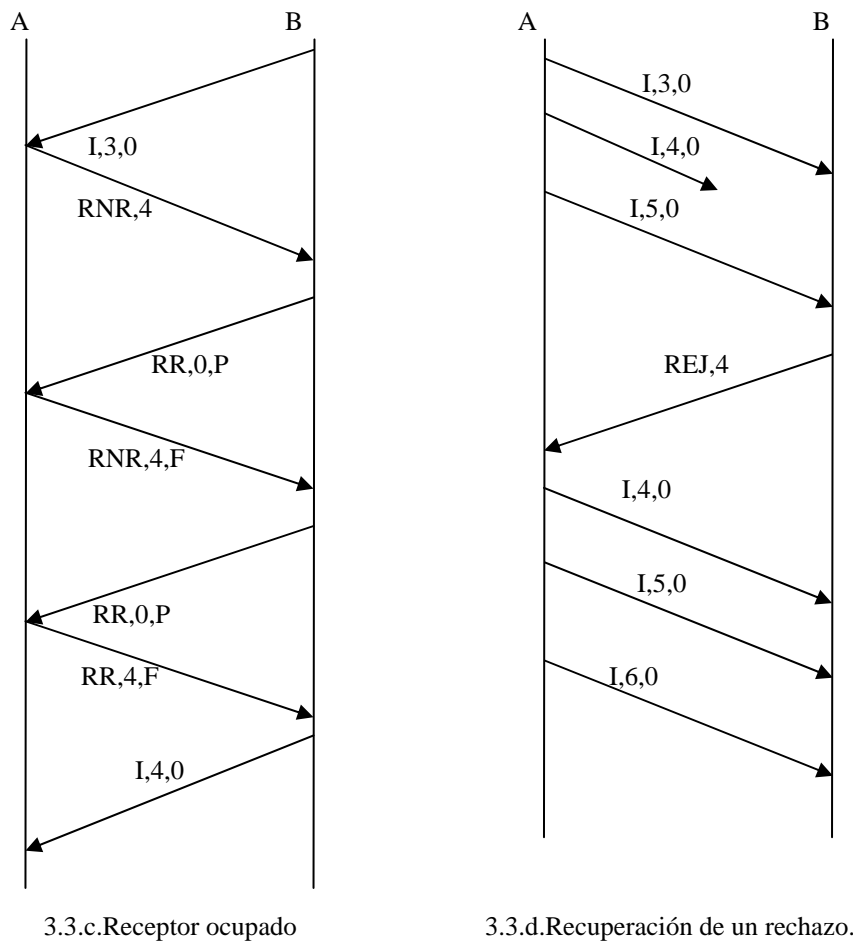


Figura 3.3. Ejemplos de funcionamiento.

En la figura 3.3.b se muestra el intercambio de tramas-I. Cuando una de las entidades envíe una serie de tramas-I consecutivas sin que se reciban tramas de datos, el número de secuencia N(R) se repetirá en todas ellas (por ejemplo, I,1,1; I,2,1 en el sentido A a B). Cuando una entidad reciba una serie de tramas-I contiguas sin que entre tanto se envíe ninguna trama-I, en ese caso, el número de secuencia recibida de la siguiente trama que se envíe reflejará toda esta actividad acumulada (por ejemplo, I,1,3 en el sentido de B hacia A). Obsérvese que además de las tramas-I, el intercambio de datos puede implicar la utilización de tramas de supervisión.

En la figura 3.3.c se muestra el funcionamiento para el caso en el que el receptor esté ocupado. Tal situación se presentará cuando la entidad HDLC no sea capaz de procesar las tramas-I a la velocidad recibida, o cuando el usuario no sea capaz de aceptar datos tan rápidamente. En ambos casos, la memoria temporal de la entidad receptora se desbordará, por lo que se debe detener de alguna manera la recepción de tramas-I, esto se realiza transmitiendo una orden RNR. En el ejemplo, A envía una trama RNR con la que solicita a B que detenga la transmisión de tramas-I. La estación que recibe una trama RNR, sondeará periódicamente a la estación ocupada enviando tramas RR con el bit P igual a 1. Esto exige que el otro extremo responda con una RR o con un RNR. Cuando la situación de ocupado cesa, A devolverá una trama RR, con lo que la transmisión de tramas-I hacia B se podrá reanudar.

En la figura 3.3.d se muestra un ejemplo de cómo recuperar errores mediante el uso de la orden REJ. En este ejemplo, A transmitirá tramas-I numeradas con 3,4 y 5. La número 4 sufre un error y se pierde. Cuando B recibe la trama-I número 5 la descartará debido a que su número no corresponde con lo esperado, y enviará una trama REJ con el campo N(R) igual a 4. Esto hará que A retransmita todas las tramas-I enviadas a partir de 4, pudiendo continuar la transmisión de tramas adicionales tras haber retransmitidos las anteriores.

Nombre	Órdenes/ respuestas	Descripción
Información (I)	C/R	Intercambio de datos de usuario
Supervisión (S)		
Receptor Preparado (RR)	C/R	Confirmación positiva; preparado para recibir tramas I
Receptor no preparado (RNR)	C/R	Confirmación positiva; no preparado para recibir
Rechazo (REJ)	C/R	Confirmación negativa; ARQ adelante-atrás-N
Rechazo Selectivo (SREJ)	C/R	Confirmación negativa; ARQ rechazo selectivo
No Numerada (N)		
Fijar el modo de respuesta normal/extendido (SNRM/SNRME)	C	Fija el modo; extendido=números de secuencia de 7 bits.
Fijar el modo de respuesta asíncrono/extendido (SARM/SARME)	C	Fija el modo; extendido=números de secuencia de 7 bits.
Fijar el modo balanceado asíncrono/extendido (SABM/SABME)	C	Fija el modo; extendido=números de secuencia de 7 bits.
Fijar el modo de iniciación (SIM)	C	Inicia las funciones de control del enlace en la estación direccionada.
Desconectar (DISC)	C	Finaliza la conexión lógica del enlace.
Confirmación no numerada (UA)	R	Confirma la aceptación de una de las órdenes para fijar el modo.
Modo desconectado (DM)	R	Finaliza la conexión lógica del enlace.
Solicitud de desconexión (RD)	R	Solicitud de una orden DISC
Solicitud de modo de iniciación (RIM)	R	Se necesita iniciación; solicitud de orden SIM
Información no numerada (UI)	C/R	Se utiliza para intercambiar información de control.
Sondeo no numerado (UO)	C	Se utiliza para intercambiar información de control.
Reset (RSET)	C	Se utiliza para las recuperaciones; pone N(R y N(S) a sus valores iniciales.
Intercambio de identificación (XID)	C/R	Se utiliza para solicitar o informar sobre el estado.
Test (TEST)	C/R	Intercambio de campos idénticos de información para test.
Rechazo de trama (FRMR)	R	Informa sobre la recepción de una trama inaceptable.

Tabla 3.1. Tramas HDLC.

4. Desarrollo de la práctica.

Una vez configurado el programa y comprobado que el estado de las líneas RS-232 son los correctos se realizarán los siguientes ejercicios en la pantalla de nivel de enlace del simulador.

4.1. Creación de tramas bit a bit.

Se utilizará la opción de enviar una trama en hexadecimal pulsando "H" y se introducen grupos de cuatro bits codificados en hexadecimal. Se indicará tanto la dirección destino como la orden/respuesta del campo de control.

Los dos octetos del campo SVT (secuencia de verificación de trama) los añade automáticamente el programa.

La siguiente tabla muestra las codificaciones del campo de control:

TRAMA	BINARIO	HEXADECIMAL
SABM	0 0 1 P 1 1 1 1	2F 3F
UA	0 1 1 F 0 0 1 1	63 73
DISC	0 1 0 P 0 0 1 1	43 53
DM	0 0 0 F 1 1 1 1	0F 1F
RR	X X X P/F 0 0 0 1	X1
RNR	X X X P/F 0 1 0 1	X5
REJ	X X X P/F 1 0 0 1	X9
FRMR	1 0 0 F 0 1 1 1	87 97
INFO	X X X P Y Y Y 0	Número par

Tabla 3.2..

En los bits "X" se codifica el valor del número de secuencia de recepción N(R), y en los "Y" el N(S). Si estos valores no son correctos se nos responderá con un rechazo de trama (una trama respuesta FRMR).

Realizar los siguientes envíos de tramas:

- SABM.
- UA.
- DISC
- RR. [1]

En el caso de enviar un campo de dirección diferente de 01 o 03 (en hexadecimal) o se crea una trama de longitud incorrecta, el análisis de nivel dos dará la trama como abortada.

4.2. Establecimiento del enlace.

Se puede transmitir y recibir por la línea al mismo tiempo, por lo que el protocolo es full-duplex.

- Configurar el programa sin respuesta automática.
- Enviar una trama *SABM* desde el Pc emisor. Se ha de construir como comando y con poll (a partir de ahora b/p) a uno.
- El Pc receptor envía una trama de respuesta *UA* con el bit b/p igual al bit de poll del comando *SABM* enviado.
- Mandar un comando *DISC* con b/p igual a uno desde uno de los Pc's y responder *DM* desde el otro. [2]
- Realizar este último punto para el estado de indicación iniciación (2).

Establecer el enlace (estado de transferencia de información o estado 4) y realizar intercambio de tramas de información. Enviar luego una trama comando *SABM* con el bit de poll activado desde el Pc emisor y una trama respuesta *DM* con bit final a uno. [3]

4.3. Estudio de los números de secuencia N(S) y N(R) y de la ventana de transmisión de tramas.

Una vez en estado de transferencia de información (4), ya puede intercambiar de información entre las dos estaciones mediante tramas de información. Estas tramas tienen número de secuencia de transmisión N(S) y de recepción N(R) con el que se validan las tramas que ha enviado la otra estación hasta la N(R)-1. Esta misma operación de validar las tramas recibidas del distante también se puede realizar mediante el envío de tramas de supervisión (RR, RNR o REJ).

- Configure el programa en modo automático y envíe tramas de información (opción "I" con b/p cero) hasta situarse en el límite de la ventana de transmisión.
- Envíe una trama de información con la opción "I" con b/p cero del menú.
- Enviar una trama de información con campo de información del fichero (opción F8)[4].

Pulsando "F3" se puede ver en ASCII el campo de información de las tramas recibidas.

4.4. Tramas RR, RNR y REJ.

Estando en estado de transferencia de información (4), y si no hay tramas de información para intercambiar, la red envía comandos RR con el bit de poll activado para obligar al distante a responder si sigue dispuesto a mantener el enlace. Si es así, responderá con una trama RR respuesta con el bit de final igual al de poll de la trama comando a la que se responde, que con su N(R) validará la última trama de información que haya recibido.

En caso de recibir una trama RNR (receptor no dispuesto) de la estación distante, también se le debe interrogar periódicamente con este comando RR con el bit de poll activado para saber cuándo volverá a estar dispuesta para intercambiar información de nuevo. Mientras no esté dispuesta, nuestro comando RR será respondido con una trama RNR, y cuando esté dispuesta nos responderá con una trama RR (receptor dispuesto). Estas dos posibles respuestas llevarán el bit de final igual al de poll de la trama a la que responden.

- Configure el programa en modo manual y envíe tramas de información (opción "I" con b/p cero) hasta situarse en el límite de la ventana de transmisión.
- Envíe una trama RR con el bit de poll activado al Pc distante.
- Envíe una trama respuesta RR con el bit de final activado. [5].

Con la trama RNR se indica receptor no dispuesto, y se utiliza para avisar al distante de que por el momento no se puede trabajar normalmente, pero se está interesado en seguir manteniendo el enlace en estado de transferencia de información.

Para indicar a la estación distante que vamos a salir de esta situación y que ya estamos dispuestos a trabajar normalmente, debemos enviar una trama RR (receptor dispuesto) o una trama REJ.

Cuando se haya enviado una trama RNR y no se haya salido de esta situación, todas las tramas que vayan llegando serán tratadas solo a nivel del número de secuencia de recepción N(R) y del bit de poll/final.

- Configure de nuevo el programa en modo manual y envíe 3 tramas de información (opción "I" con b/p cero), confírmelas, envíe después una trama errónea a partir de fichero con F7, y 1 trama más de información (opción "I" con b/p cero).
- Envíe una trama RNR con el bit de poll activado de la estación distante.
- Envíe una trama RR (Pc emisor) con el bit de final activado .
- Envíe una trama RNR con el bit de poll activado de la estación distante.
- Envíe una trama RR (Pc emisor) con el bit de final activado .
- Envíe una trama RR con el bit de poll activado de la estación distante.
- Envíe una trama RR (Pc emisor) con el bit de final activado .[6]

La trama REJ se utiliza cuando en la recepción de tramas de información se detecta una excepción en el número de secuencia de transmisión N(S), es decir, existe una trama que el terminal distante cree haber enviado y que nosotros no hemos recibido.

- Configure el programa en modo automático y envíe una trama errónea a partir de fichero con F7, y una trama más de información (opción "I" con b/p cero).
- Configure el programa en modo automático, envíe 3 tramas de información (opción "I" con b/p cero).
- Envíe desde la estación distante una trama REJ en modo comando y con el bit de poll desactivado pidiendo la retransmisión de la primera trama de información que se envía [7].
- Configure el programa en modo automático y ambos Pc's enviarán cada uno una trama errónea pulsando F7.
- Envíe un REJ en modo comando desde una de las estaciones con el bit de poll activado.[8].

4.5. Salida del estado de transferencia de información.

La trama de información ha de ser comando. Una trama de información respuesta recibida será descartada. El bit de poll suele ponerse a cero, pero existe la posibilidad de ponerlo a uno, con lo que se obliga a la estación distante a validar nuestra trama de información, al instante de recibirla, mediante una respuesta RR con final a uno.

Esto se puede ver con la opción enviar una trama de información (pulsando "I") y configurándola como comando y con el bit de poll a uno.

- Configure de nuevo el programa en modo manual y envíe 3 tramas de información (opción "I" con b/p cero).
- Envíe desde la estación distante una trama DISC.
- Envíe una trama DM desde el Pc emisor.
- Vuelva a configurar. [9]

4.6. Trama FRMR.

Esta trama siempre será respuesta. Al recibir un comando FRMR será descartado. Esta trama se utiliza para hacer saber a la estación distante que la última trama recibida provoca una situación de excepción no recuperable en estado de transferencia de información, y al mismo tiempo que se envía se pasa a estado de rechazo de trama o estado cinco.

La trama FRMR se distingue de las restantes sin numerar en que contiene tres octetos de información que van entre el campo de control y el de SVT.

El primer octeto del campo de información contiene el campo de control de la trama recibida que ha provocado esta situación, y que es rechazada mediante la trama respuesta FRMR en cuestión.

El segundo octeto del campo de información codifica en los tres bits Y el valor del número de secuencia de transmisión N(S), en los otros tres bits X el de N(R). El bit C/R, si va codificado a uno, indica que la trama rechazada era un comando.

$$X X X C/R \quad Y Y Y 0$$

El tercer octeto del campo de información contiene los bits WXYZ que codifican la causa de rechazo según la tabla que se muestra a continuación.

$$0 0 0 0 \quad Z Y X W$$

Las causas, cuando se recibe una trama, que obligan a la emisión de una trama respuesta FRMR y a pasar a estado de rechazo de trama son las siguientes:

- A) N(R) del campo de control inválido.
- B) Trama de información con longitud incorrecta.
- C) Trama de supervisión con campo de información.
- D) Trama de información respuesta.
- E) Recepción de una trama UA en estado de transferencia de información (4).
- F) Trama desconocida (codificación del campo de control desconocida).
- G) Recepción de una respuesta con final a uno sin haberla solicitado.

H) Trama de información cuyo n(s) está fuera de ventana.

La causa de rechazo se codifica en los cuatro bits de mayor peso del tercer octeto del campo de información de la trama respuesta FRMR. Su codificación es la siguiente:

CAUSA	CODIFICACION DE ZYXW
A	1 0 0 0
B	0 1 0 0
C	0 0 1 1
D, E, F, G y H	0 0 0 1

Tabla 3.3

Con el envío de la respuesta FRMR se pasa directamente a estado de rechazo de tramas (5), y solo se puede volver al estado de transferencia de información si se recibe un comando SABM al que deberemos responder con una respuesta UA con el bit de final igual al de poll del comando SABM al que se responde.

Si se envía una trama comando DISC se pasa a estado de indicación de desconexión (3). Si se recibe una trama respuesta DM se pasa directamente a estado desconexión (1).

Si se recibe una trama de información o un comando de supervisión, se responderá con la misma trama FRMR enviada al entrar en estado de rechazo de trama.

Configure el programa en modo automático y realice:

- Enviar una trama de información (pulsando "I" con b/p cero) con un n(r) incorrecto.
- Con la opción "I" enviar una trama de información respuesta.
- Enviar una trama respuesta UA en estado de transferencia de información o estado 4.
- Con la opción "H" enviar una trama cuyo campo de control contenga un código desconocido.
- Enviar una trama respuesta con el bit de final a uno sin que nos la hayan solicitado anteriormente. **[10]**

Anexo 1. Manual del Programa.

Este programa está pensado para practicar los procedimientos que especifica el protocolo de comunicaciones **HDLC ABM** (modo balanceado asíncrono) de ISO, que es el utilizado para el nivel dos de la red de conmutación de paquetes **X-25**.

El programa permite el intercambio de todo tipo de tramas entre dos estaciones, interconectadas mediante un *cable null-modem* que hará la función de línea entre los puertos serie de cada una de ellas.

Una vez interconectadas las dos estaciones, se pasa a la pantalla de configuración del programa, en la que se piden los siguientes parámetros:

- La dirección de nuestra estación. Hay dos valores posibles 01 ó 03 (en hexadecimal). La dirección de las dos estaciones ha de ser distinta. Esta dirección será la contenida en el campo de dirección de las respuestas que se emitan desde nuestra estación, así como en la de los comandos recibidos de la estación distante.

- Ventana de trabajo. La ventana indica el número máximo de tramas de información que pueden estar pendientes de confirmación. Su valor ha de estar convenido con la estación distante, y ha de ser mayor o igual que dos y menor o igual que siete. El programa le da por defecto el valor máximo, es decir 7, que es el utilizado en la práctica ya que hace la comunicación más rápida al reducir al mínimo las esperas por validaciones pendientes.

- La opción de respuesta automática activada indica que una vez trabajando en la pantalla de nivel dos del programa, a la recepción de un comando con el bit de poll activado, el programa elaborará la respuesta y la enviará a la línea. También retransmitirá en su caso las tramas de información que estén pendientes de validación.

- Fichero de envío de datos (pulsando "**F8**" en la pantalla de nivel dos se envían tramas de información que contienen 128 octetos tomados del fichero en el campo de información), y el fichero donde se almacenan el campo de información de las tramas de información que lleguen correctamente y que sigan las especificaciones del protocolo. Por defecto estos ficheros serán *FILE_TX.X25* y *FILE_RX.X25* respectivamente.

Si se desea se puede obtener un listado del análisis de las tramas que se intercambien en la comunicación. Su formato es igual al de la pantalla de nivel dos en el monitor.

Una vez acabada la configuración del programa, pulsando **RETURN** pasaremos a la pantalla de nivel uno, en la que se visualiza el estado de los circuitos del puerto RS-232, y se empieza a enviar flags. En esta pantalla se deberá esperar a que se reciban los flags de la estación distante. Cuando esto ocurra se podrá pasar a la pantalla de nivel dos pulsando "**F2**". Si se pulsa "**F1**" se vuelve al principio de esta pantalla. Pulsando "**ESC**" se sale del programa.

Una vez que se está utilizando el programa, se pasará a esta pantalla siempre que tengamos dudas del buen funcionamiento de la línea.

En la pantalla de nivel dos se muestra el estado en que se encuentra el enlace, las tramas que se intercambian en el diálogo, y su análisis de nivel dos. Las opciones a las que podemos optar desde esta pantalla son las siguientes:

- **ESC** Para salir del programa.
- **F10** Para configurar el programa.
- **F1** Para pasar a la pantalla de nivel uno.
- **F2** Para pasar a la pantalla de nivel dos.
- **F3** Para pasar a la pantalla de visualización del fichero ASCII recibido.
- **F9** Para llamar a la ayuda. Consiste en la aparición en pantalla de un texto de información sobre el protocolo.
- **V** Para salir del procedimiento de ayuda.
- **flechas** Para ver líneas superiores e inferiores de la ayuda.

Desde de la pantalla de nivel dos es desde la única desde la que se pueden enviar tramas, por lo que viene encabezada con una ventana en la que aparece el menú de las posibles tramas a enviar, y son las siguientes:

- **F6** Para retransmitir tramas de información.
- **F7** Para enviar tramas de información del fichero pero con el SVT incorrecto. Simula un error en la línea.
- **F8** Para enviar tramas de información del fichero.

- **S** Para enviar una trama SABM.
- **U** Para enviar una trama UA.
- **D** Para enviar una trama DISC.
- **M** Para enviar una trama DM.
- **R** Para enviar una trama RR.
- **N** Para enviar una trama RNR.
- **J** Para enviar una trama REJ.
- **F** Para enviar una trama FRMR.
- **I** Para enviar una trama de información.
- **H** Para enviar una trama dándole los semioctetos en hexadecimal.

Pulsando F3 pasamos a la pantalla que muestra el fichero que se ha ido creando con el campo de información de las tramas de información correctamente recibidas. Solo se puede utilizar en el caso de que se trate de un fichero ASCII.

En esta pantalla se puede parar el listado pulsando una tecla y hacer que prosiga pulsando otra tecla. Para empezar el listado desde el principio se ha de pulsar F3. Para cambiar de pantalla se deberá pulsar:

- **ESC** Para salir del programa.
- **F10** Para configurar el programa.
- **F1** Para pasar a la pantalla de nivel uno.
- **F2** Para pasar a la pantalla de nivel dos.

Estando en la pantalla de visualización del fichero recibido, las tramas que nos llegan son almacenadas. Cuando se pasa a la pantalla de nivel dos son representadas y analizadas, emitiéndose entonces la respuesta adecuada.