

SIMMADLL: Framework educativo para la simulación visual de memoria dinámica mediante listas doblemente enlazadas

El prototipo interactivo titulado “SIMMADLL: Framework educativo para la simulación visual de memoria dinámica mediante listas doblemente enlazadas” es un modelo de software diseñado con fines didácticos, enfocado especialmente en su uso dentro de programas universitarios y de posgrado relacionados con la programación de computadoras. Este recurso resulta particularmente útil en asignaturas que abordan la gestión de memoria dinámica a nivel bajo, como Estructuras de Datos y Programación Orientada a Objetos.

Este software permite visualizar de manera interactiva la creación y manipulación de Tipos de Datos Abstractos (TDA), específicamente Nodos, mostrando cómo se asigna información a sus campos de datos (INFO) y cómo se enlazan a otros nodos mediante punteros (LIGA_IZQ y LIGA_DER). Los nodos pueden ser insertados en cualquier posición de la lista (al inicio, en medio o al final), eliminados, modificados o consultados, todo esto en un entorno visual que facilita el aprendizaje tanto para estudiantes como para docentes.

El uso inicial de este prototipo se pondrá en práctica para las asignaturas de “*Estructura de Datos*” en el Centro Universitario de los Valles de Ameca Jalisco y en el Centro Universitario de los Altos en Tepatitlán de Morelos, ambos centros pertenecientes a la Universidad de Guadalajara. Su propósito es apoyar la enseñanza del manejo de memoria dinámica a través de la implementación de Listas Doblemente Enlazadas, un tema que suele presentar una elevada complejidad debido a la necesidad de comprender cómo operan estas estructuras dentro de la memoria RAM.

Tradicionalmente, la explicación de este tema se ha realizado mediante el uso de pizarrones o presentaciones en PowerPoint, lo cual demanda mucho tiempo y está sujeto a errores humanos. La incorporación de este software en el aula representa una herramienta eficiente que permite generar y mover nodos con un solo clic, facilitando así la demostración visual de inserciones, eliminaciones, búsquedas y modificaciones en las listas.

Uno de los beneficios más relevantes de este prototipo es su capacidad para detectar errores comunes durante la gestión de nodos, brindando al usuario la oportunidad de corregirlos antes de ejecutar la simulación final. Esto no solo optimiza el tiempo de enseñanza, sino que también mejora significativamente la comprensión de los procesos internos que rigen la manipulación de Listas Doblemente Enlazadas.

Tecnologías utilizadas:

- Java SE 8u322
- NetBeans IDE 8.2
- Arquitectura de Software utilizada: Modelo Vista Controlador (MVC)

La pantalla principal que se muestra cuando se ejecuta este software, se puede observar en la Figura 1. La cual se divide en 3 secciones (Barra de Herramientas, Área de la Lista Simplemente Enlazada y Barra de Punteros)

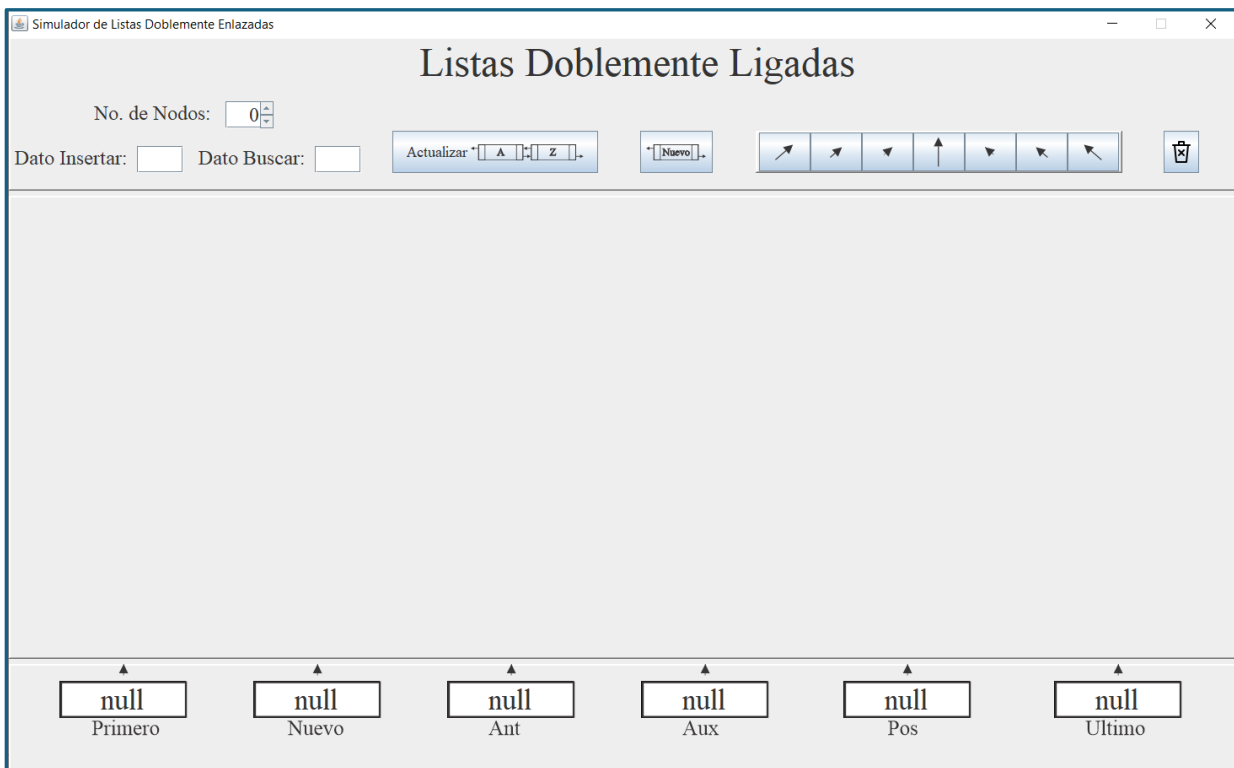


Figura 1. Pantalla Principal.

A continuación de describen las tres secciones que conforman la pantalla principal de forma individual:

- Barra de Herramienta:
- Área de la Lista Simplemente Enlazada:
- Barra de Punteros:

1.- Barra de Herramientas: En este apartado se encuentran las herramientas necesarias para poder Ingresar *Nodos* nuevos al Área de la Lista Simplemente Enlazada (ver Figura 2), Actualizar los *Nodos* ingresados, Ingreso de Dato a Insertar, Ingreso de Dato a Buscar en la lista, así como el ingreso de flechas de todos los tamaños e inclinaciones para seleccionar o apuntar a ciertas áreas de la lista (ver Figura 2).

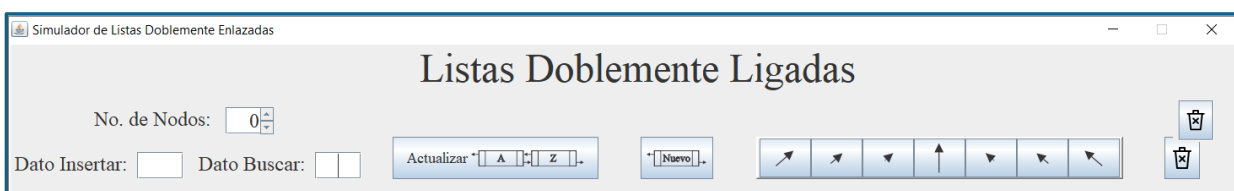


Figura 2. Barra de Herramientas.

- **Spinner No. de *Nodos*:** Esta herramienta (ver Figura 3) nos sirve para simular de forma rápida como se insertarían, 1, 2, 3, 4, 5 o 6 *Nodos* en el área de *Nodos* de la lista. Esta versión de software solo admite un total de 6 *Nodos*, esto debido a las restricciones de la pantalla

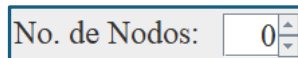

 A small rectangular window with a light blue border. Inside, the text "No. de Nodos:" is followed by a white box containing the number "0". To the right of the box is a small vertical spinner icon with up and down arrows.

Figura 3. Spinner No. de *Nodos*.

- **Dato a Insertar:** En este Campo de Texto podemos ingresar el dato (*INFO*) que vamos a Insertar en algún *Nodo* de la Lista Simplemente Enlazada, por lo regular se utiliza para poderlo insertar en el campo Info del *Nodo* Nuevo que ingresaremos en la lista, (ver Figura 4).


 A rectangular text input field with a light blue border. Inside, the text "Dato Insertar:" is followed by a white box containing the red number "3".

Figura 4. Dato a Insertar.

- **Dato a Buscar:** En este Campo de Texto podemos ingresar el dato (*INFO*) que vamos a buscar en algún *Nodo* de la Lista Simplemente Enlazada, por lo regular se utiliza para simular una búsqueda en la Lista que se encuentra activa en el área de la lista, dejando apuntado el dato por el puntero Aux asignándole la dirección de memoria que contiene al dato encontrado en la lista, en caso de que el dato no se encuentra en la lista, se desplegará el mensaje “Ese dato no se encuentra almacenado en la lista” (ver Figura 5).

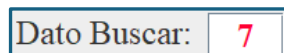

 A rectangular text input field with a light blue border. Inside, the text "Dato Buscar:" is followed by a white box containing the red number "7".

Figura 5. Dato a Buscar.

- **Botón Actualizar:** El botón Actualizar (ver figura 6), sirve para actualizar la lista actual que se está dibujando en el Área de la Lista Simplemente Enlazada (Figura 9), después de hacer cualquier modificación a la lista (Insertar, Modificar, Eliminar y Buscar), es necesario hacer clic en este botón para volver a dibujar la lista ya ordenada con base a los cambios realizados en los *Nodos*. De esta forma podemos darnos cuenta de si las direcciones de memoria los colocamos de forma correcta, si cometemos algún error y no insertamos de forma correcta los punteros que contienen las direcciones de memoria (*LIGA* y Dirección de Memoria), el sistema detectará automáticamente el error desplegándonos un cuadro de diálogo para revisar de nuevo los datos de los *Nodos* involucrados con el error. El error solo dará una pista y nos dirá el tipo de error que contiene, pero no nos dirá en que *Nodo* se encuentra el error, esto con el motivo de que el Profesor o el Estudiante detecte y corrija y a su vez aprenda de ese error cometido.

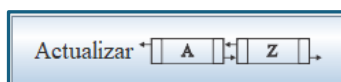

 A rectangular button with a light blue gradient and a thin border. It contains the text "Actualizar" followed by a small icon of a document with a magnifying glass, and a right-pointing arrow.

Figura 6. Botón Actualizar.

- **Botón Nuevo:** El botón nuevo (ver Figura 7) nos servirá para insertar un nuevo *Nodo* en la Memoria RAM (En este caso la memoria RAM, representa al Área General de la Lista Simplemente Enlazada (Fig. 10), Al hacer clic en este botón se insertará en la memoria RAM un Nuevo *Nodo* el cuál podemos modificar o insertar nuevos datos dando clic sobre el *Nodo* que aparecerá en la parte de arriba sobre nuestra lista enlazada actual.

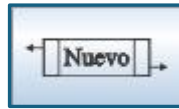


Figura 7. Botón Nuevo.

- **Panel de botones de flechas punteras:** El panel de botones de flechas punteras (ver Figura 8) nos sirve para insertar en nuestra lista simplemente enlazada varios modelos de flechas que nos servirán para apuntar en diferentes direcciones de los *Nodos* simulando punteros.



Figura 8. Panel de botones de flechas punteras.

- **Botón Eliminar:** El botón eliminar (Figura 9) sirve para eliminar un *Nodo* de la Lista que tiene la información proporcionada por el Cuadro de Texto Dato a Buscar (Figura 5), Al hacer clic sobre esta herramienta, busca esa información en algún *Nodo* y lo elimina preguntando previamente si deseas eliminar a todos los *Nodos* que cumplan con esa condición.



Figura 9. Botón Eliminar *Nodo*

2.- Área de la Lista Simplemente Enlazada: esta es el área principal de trabajo o de simulación donde se presentarán las listas simplemente enlazadas, aquí se podrán manipular los *Nodos* de la lista, insertar, mover, eliminar, apuntarlos con flechas, modificar la información de los campos de cada *Nodo* (Información, Dirección de memoria y *LIGA*), ver las actualizaciones de la lista, etc. (Ver Figura 10). Es la parte más importante para mostrar la simulación de adquisición o eliminación de memoria dinámica.

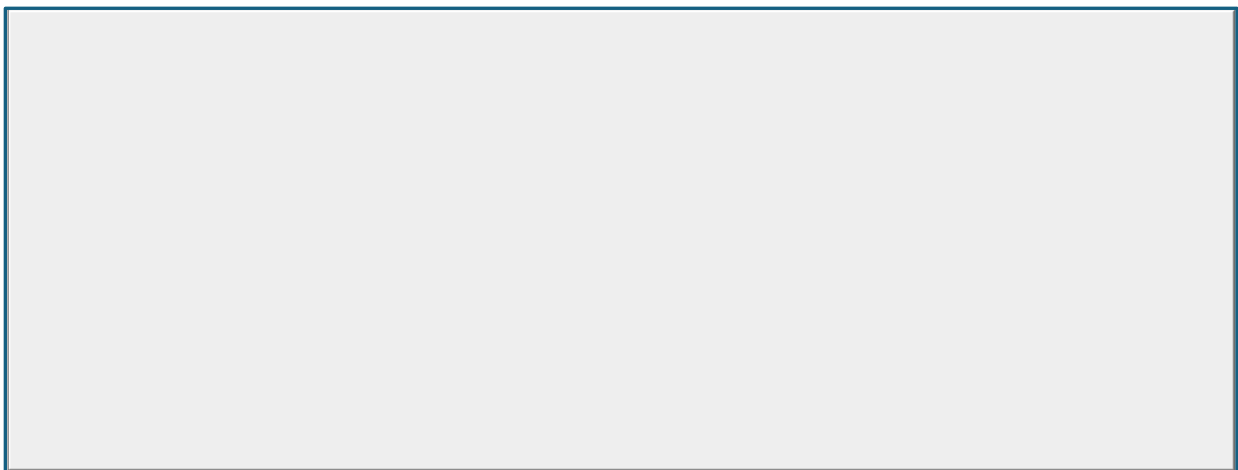


Figura 10. Área de la Lista Simplemente Enlazada.

3.- Barra de Punteros: Esta barra de punteros (ver Figura 11) sirve para apuntar a los *Nodos* de la lista mediante flechas que aparecen cuando se da un clic sobre la flecha, al inicio siempre estarán apuntando a null, lo cual indica que no están apuntando a nadie, posteriormente cuando ya se encuentra un *Nodo* o varios *Nodos* en el área de *Nodos* de la Lista, ya podrán apuntar hacia la dirección de algún *Nodo* cuando se le da clic a la flecha de puntero.



Figura 11. Barra de punteros.

- **Puntero de lista:** Un puntero de lista (ver Figura 12). Es uno de los elementos más importantes para mantener una lista simplemente enlazada ya que son los que manipulan a una lista enlazada en general, en este caso estos punteros apuntarán a un *Nodo* de la lista, por ejemplo, siempre que exista un *Nodo* o más en la lista, los punteros de lista (*Primero* y *Ultimo*) siempre estarán apuntando a la lista, si solo existe un solo *Nodo*, ambos apuntarán a ese nodo y tendrán la misma dirección de memoria. Cuando un *Nodo* no está apuntando a ningún *Nodo*, siempre tendrán el texto “null”. Si queremos cambiar directamente el texto de un puntero, simplemente damos doble clic sobre el texto y podemos colocar directamente la dirección de memoria que deseemos ingresar. Otra forma de pegar un texto directamente sobre un puntero de lista para modificar su texto es hacer clic con el botón derecho sobre el *Nodo* que queremos copiar su dirección de memoria y automáticamente se copiará en memoria la dirección de memoria de ese *Nodo* al darle doble clic sobre el texto del puntero de lista.

Otra función importante de estos punteros es que si le damos clic en la flechita negra que aparece en la parte de arriba ▲, automáticamente apuntará a un *Nodo* de la lista que le corresponde, por ejemplo, si damos clic en la flechita negra del puntero *Primero*, automáticamente apuntará al *Primer Nodo* de la lista, y lo mismo si damos clic en la flechita negra del puntero *Ultimo*, automáticamente apuntará al *Ultimo* *Nodo* de la lista.

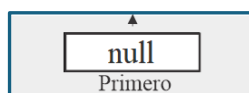


Figura 12. Puntero de lista.

Ejemplo de cómo insertar y gestionar una lista simplemente enlazada con el sistema “prototipo para la enseñanza en la adquisición de memoria dinámica mediante un modelo interactivo de simulación de listas simplemente enlazadas”.

Paso No. 1: Seleccionar cuantos *Nodos* insertar en el Área de la Lista Simplemente Enlazada, dando clic en el *Spinner No. de Nodos* (Figura 3), solamente podemos insertar como máximo 6 *Nodos*. En el ejemplo de la (Figura 13), se seleccionó 5 *Nodos* a insertar; Observar lo seleccionado en color rojo. Algo muy importante es que el software verifica que no se repitan nunca las direcciones de memoria de cada *Nodo* y que la *LIGA* de cada *Nodo* apunte a su sucesor, además la última *LIGA* siempre apuntará a null.

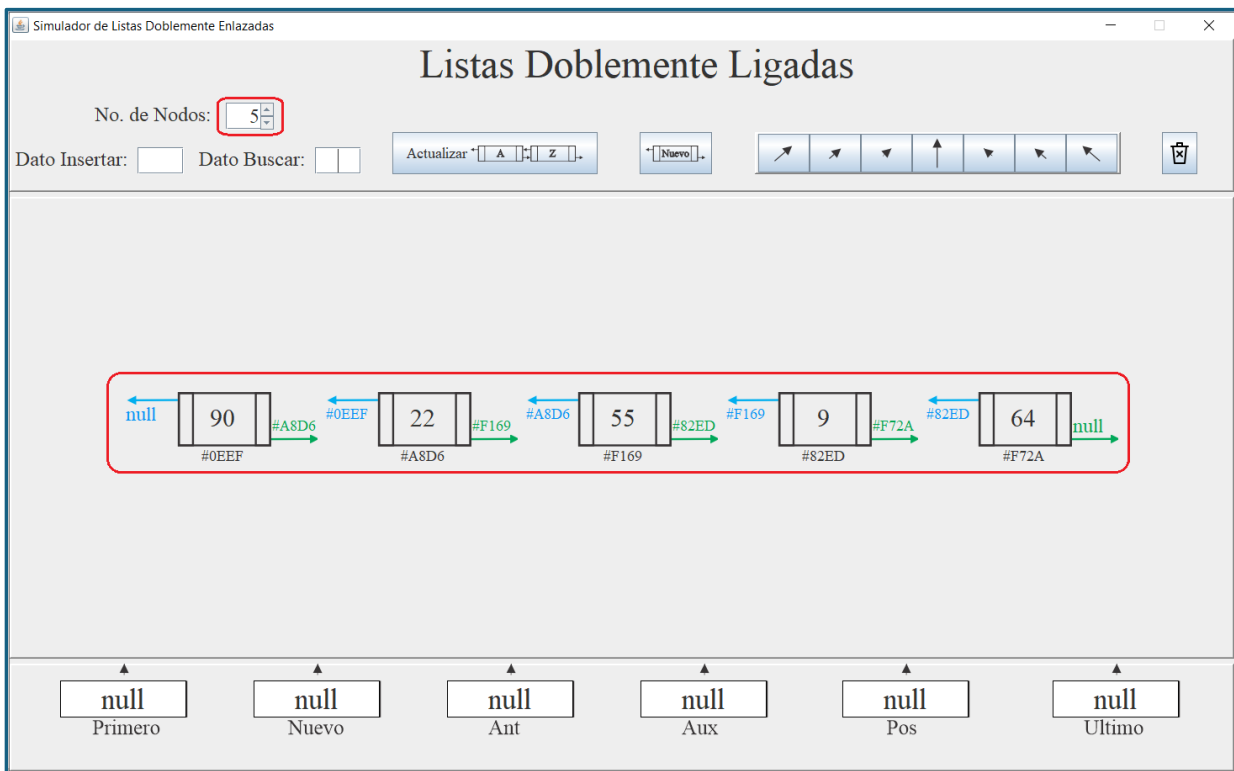


Figura 13. Insertar *Nodos* iniciales en el Área de *Nodos*.

Paso No. 2: Para tener certeza de que nuestra lista enlazada está bien apuntada por los punteros *Primero* y Puntero *Ultimo*, tenemos que hacer clic sobre la flechita negra que esta encima de los punteros *Primero* y *Ultimo*, de esta forma los punteros ahora tendrán automáticamente la dirección de los punteros a los que apuntan. Observar la selección en color rojo de la (Figura 14) que ya aparecen con sus respectivas direcciones de memoria a las cuales apuntan.



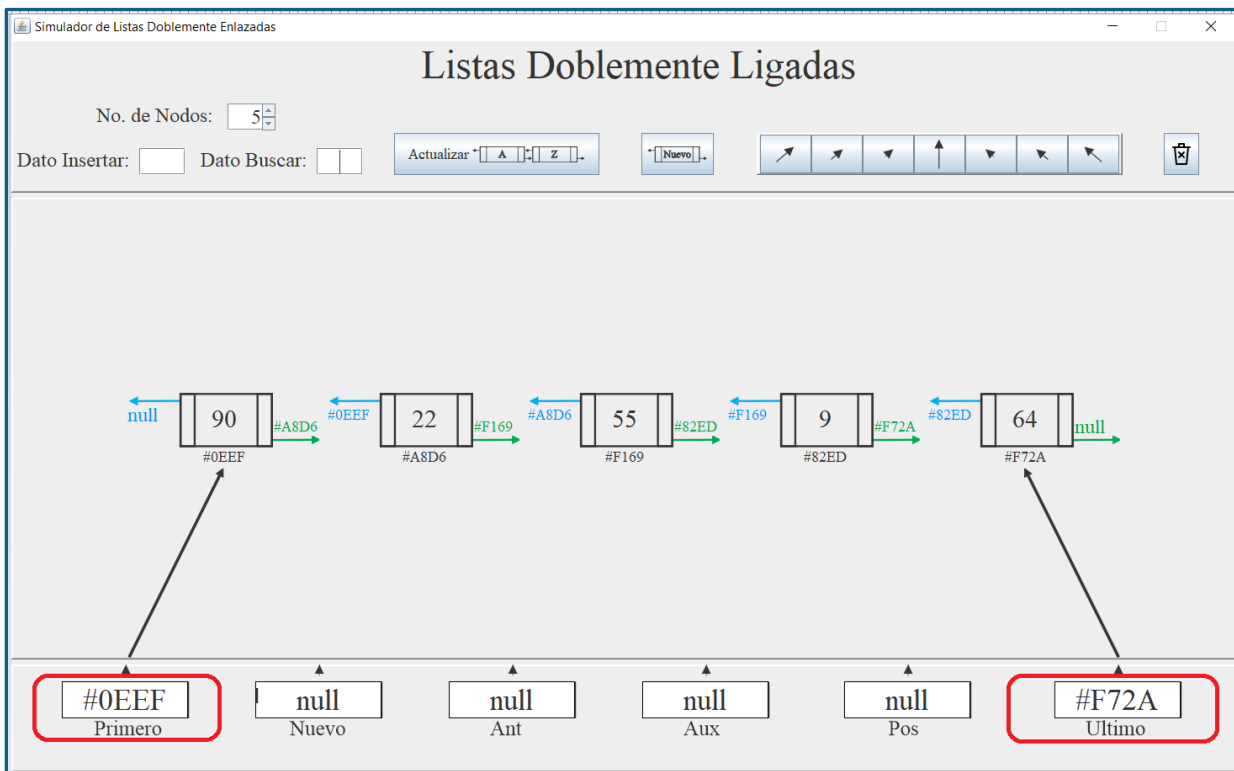


Figura 14. Puntero de lista apuntando a los *Nodos* correspondientes.

Paso No. 3: Si queremos insertar un *Nodo Nuevo* entre el *Nodo* que contiene como información un 55 y el *Nodo* que contiene como información 9, primero se da clic en el botón nuevo (Fig. 7), y automáticamente aparecerá en la parte de arriba de la lista un *Nodo Nuevo* sin Información (Ver Figura 15).

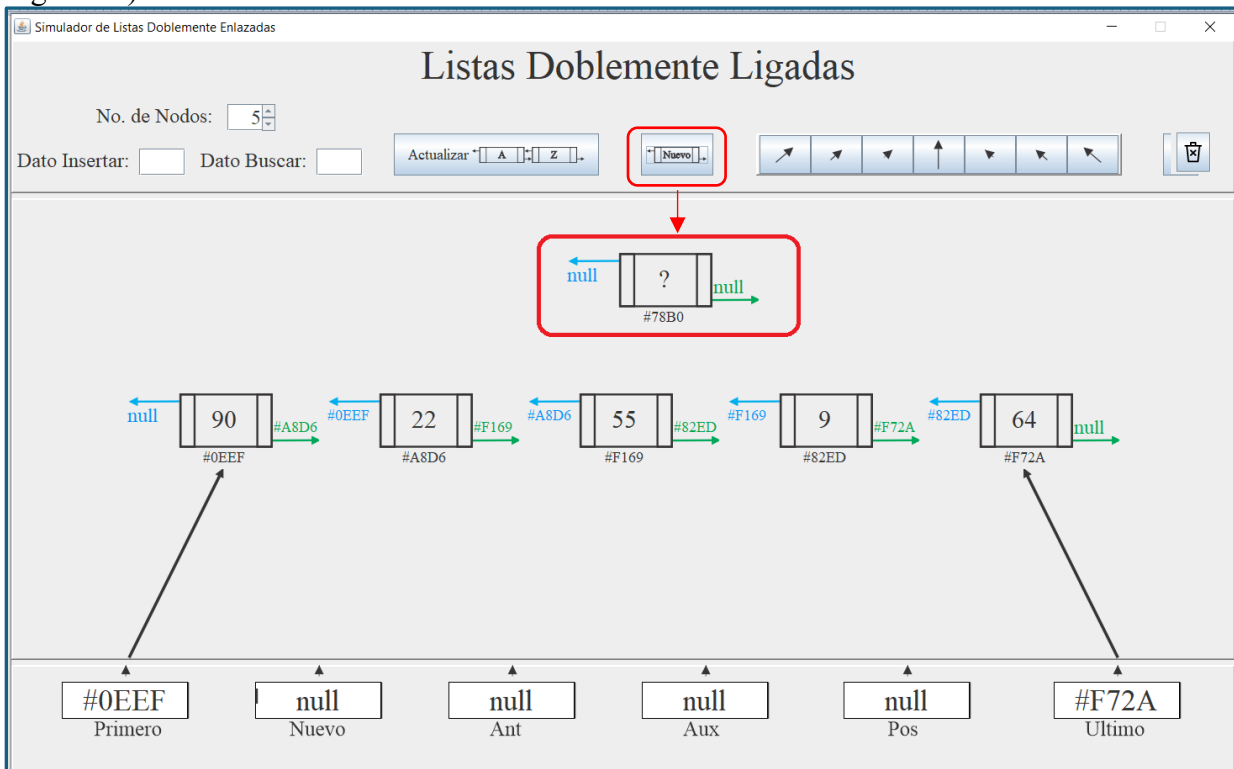
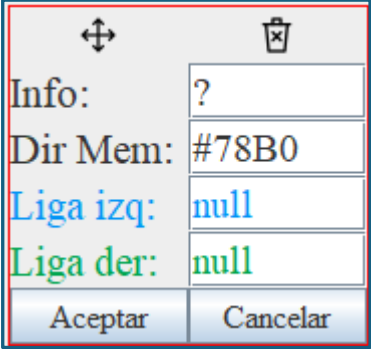
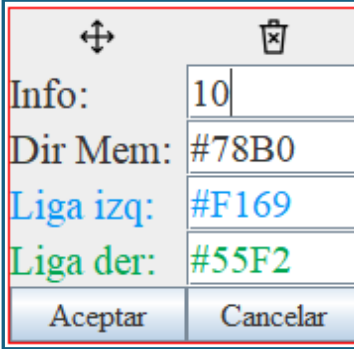


Figura 15. Insertar en la lista un nodo nuevo dando clic en el botón *Nuevo*.

Paso No. 4: Modificar la información de los campos del *Nuevo Nodo*: para modificar la información o campos del nuevo *Nodo* insertado, le daremos doble clic encima del *Nodo Nuevo* insertado y nos aparecerá una nueva ventana o cuadro de diálogo que nos permitirá actualizar o modificar esa información (Ver Figura 16), por default contiene **null** en los campos *LIGA-DER* y *LIGA-IZQ* y ? en el campo INFO. Eso lo podemos cambiar de acuerdo con las necesidades de la lista doblemente enlazada.



a)



b)

Figura 16. Ventana o cuadro de diálogo para modificar la información o campos del *Nodo Nuevo*. a) campos default b) campos modificados

Una vez que modificamos la información del *Nodo*, simplemente damos clic en el botón [Aceptar] si queremos actualizar la información ingresada o [Cancelar] si no queremos actualizar o modificar la información original. También nos da la oportunidad de mover la ventana si pulsamos clic sostenido y arrastramos sobre la etiqueta o figura de curso de cambio de tamaño en la parte superior izquierda de la ventana [↕], o si queremos borrar definitivamente ese *Nodo*, pulsaremos sobre la etiqueta o figura de basura en la parte superior derecha de la pantalla [🗑] para eliminar definitivamente al *Nodo* completo. Si modificamos la información original pulsamos el botón [Aceptar], a continuación, veremos el *Nuevo Nodo* en el Área de la Lista Simplemente Enlazada ya con la nueva información (ver Figura 17). Podemos hacer clic al Puntero de Lista *Nuevo* para que Actualice la Dirección de memoria del nuevo *Nodo*.

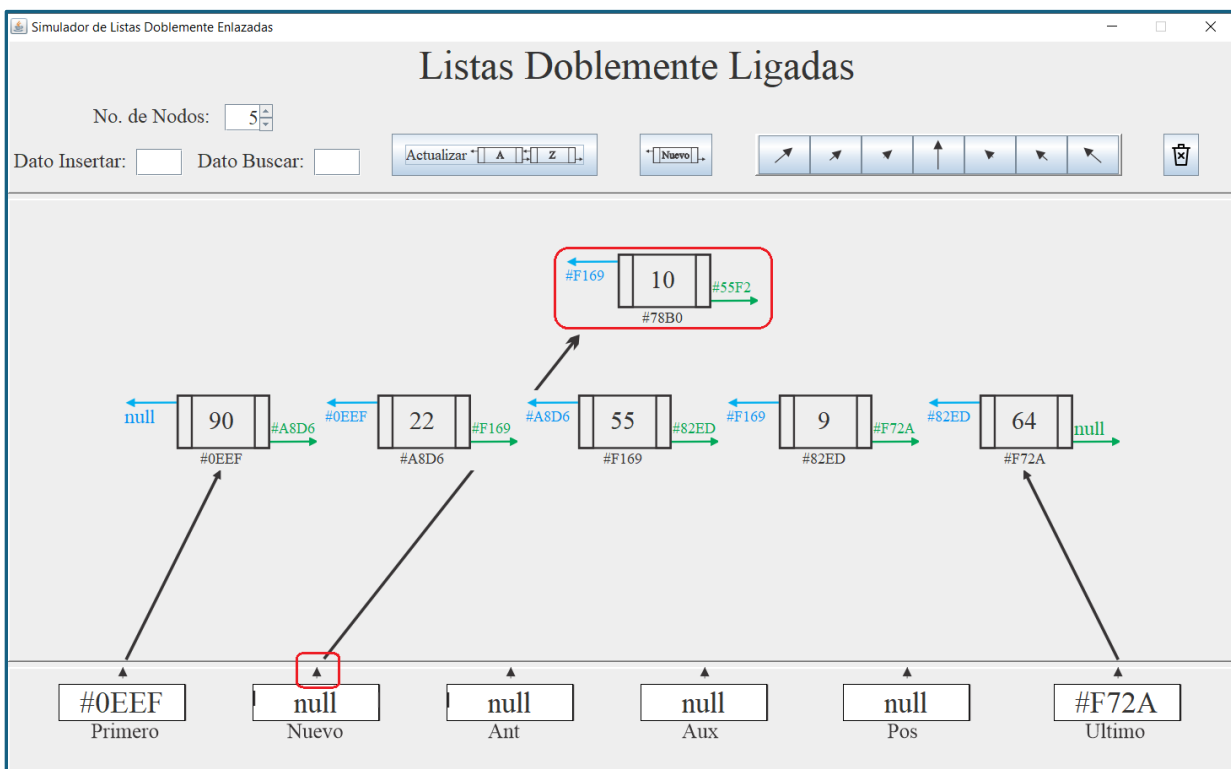


Figura 17. Resultado de modificar los campos del *Nodo Nuevo*.

Como podemos observar en la (Figura 17), La *LIGA-DER* que modificamos seleccionada en color rojo, tiene una dirección la cual es incorrecta (#55F2) ya que no existe ningún *Nodo* con esa dirección, si pulsamos el botón [Actualizar] (Figura 18) rectángulo rojo, el sistema detectará un error en la lista ya que no puede actualizarla debido a que ahora 1 *Nodo* no está apuntando a su predecesor correcto (nodo con INFO 9) ya que queda apuntando al anterior y el *Nodo Nuevo* no tiene al sucesor correcto que sería al (*nodo* con INFO 9) ya que no modificamos el (*Nodo* con INFO 10) de la manera correcta, y nos mostrará el siguiente error que debemos corregir (figura 18) ya que no está correcta nuestra Lista. El sistema no especifica en donde están los errores, esto es a propósito para que el estudiante o el profesor corrija esos errores lógicos de una lista que tiene que ver con los apuntadores o referencias.

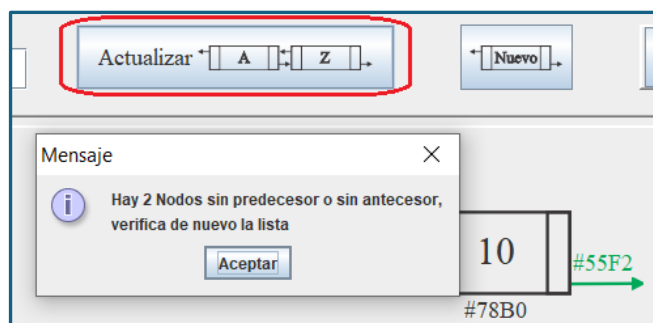


Figura 18. Resultado de modificar los campos del *Nodo Nuevo* cuando existe un error de punteros.

Los datos correctos que debemos corregir en los siguientes *Nodos* de la *Lista*, serían los campos de los 3 *Nodos* con *INFO* 10, 55 y 9 de la siguiente forma: (ver Figura 19).

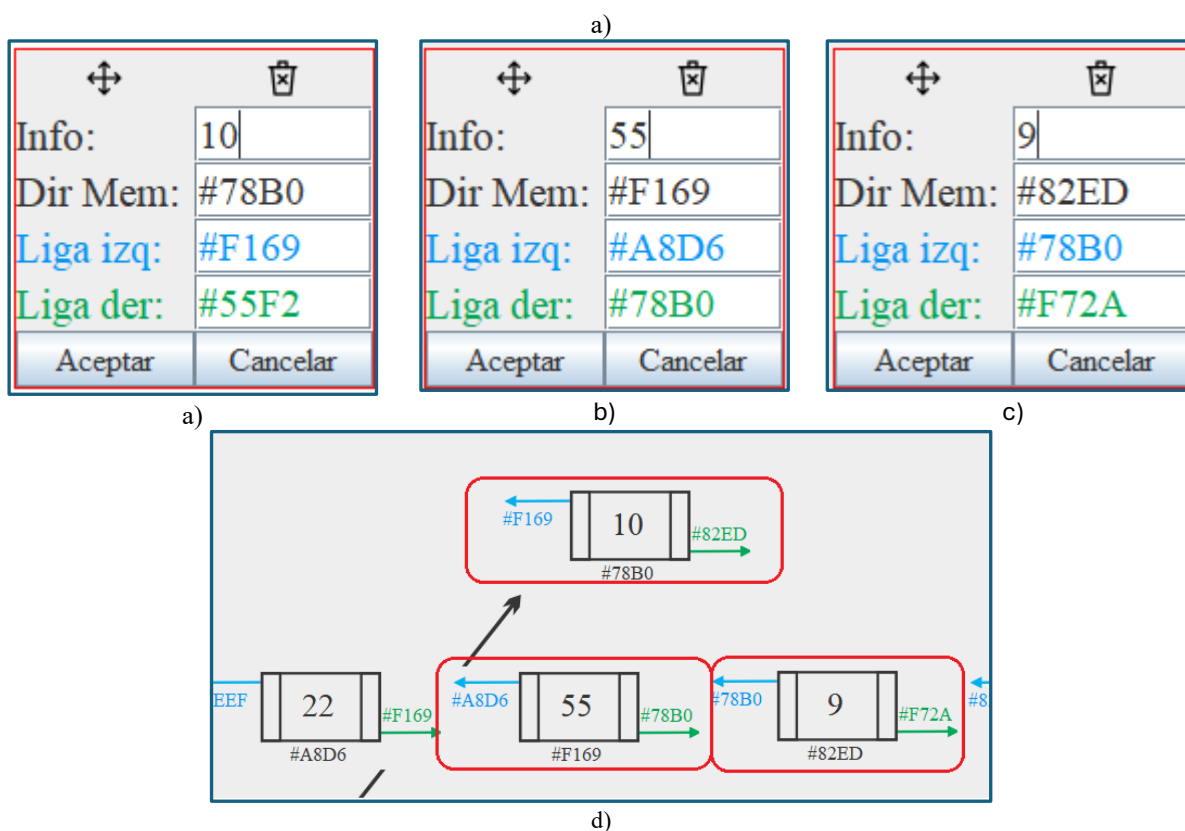


Figura 19. Modificando los campos de: a), b) y c) *nodos* con errores y actualizándolos con la información de los punteros correctos como se muestra en d).

Después de actualizar la información de ambos *Nodos*, procedemos a hacer clic de nuevo al botón [Actualizar], y veremos la lista actualizada y ordenada de forma correcta con los punteros correctamente apuntados (ver Figura 20).

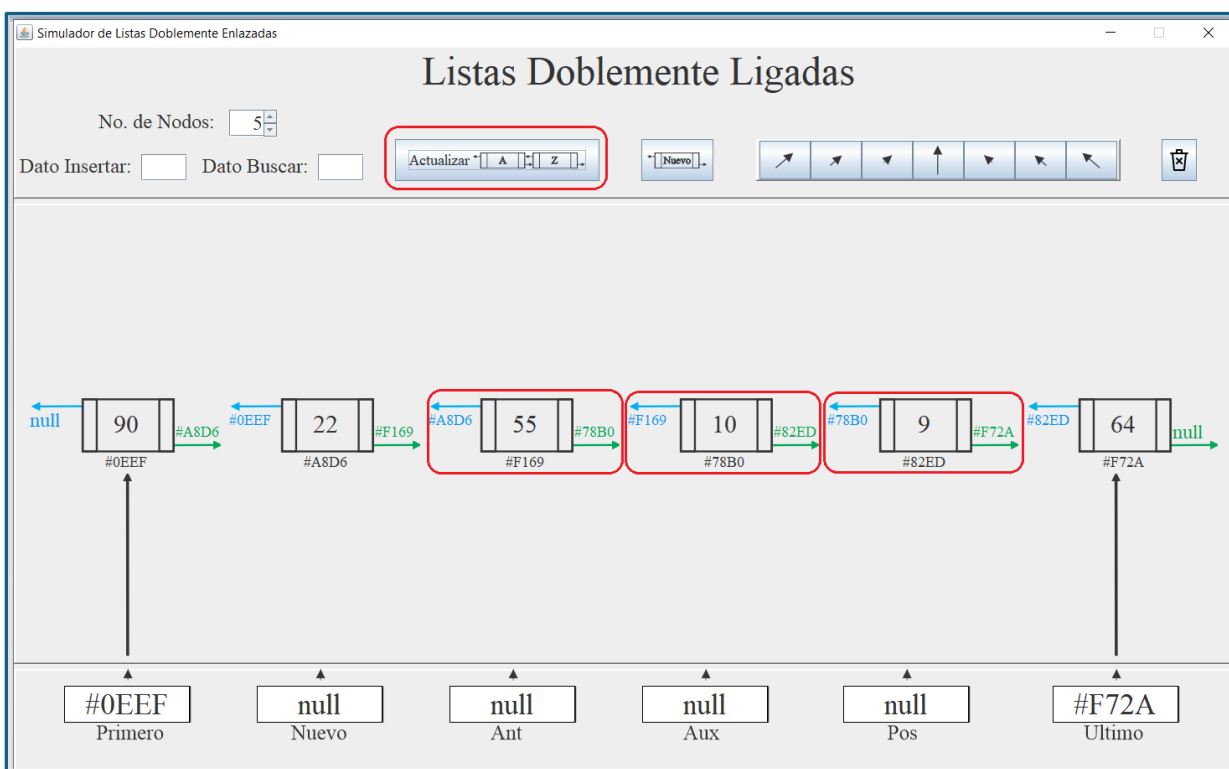


Figura 20. Resultado de verificar la lista y modificar las direcciones incorrectas y actualizar lista.

Si queremos eliminar el *Nodo* con *INFO 55*, Existen 2 formas de hacerlo:

1. Simplemente damos doble clic en el *Nodo* deseado y seleccionamos de la ventana emergente la etiqueta de Bote de Basura [🗑️] y Confirmamos su eliminación.
2. Otra forma es colocar en el campo de texto: **Dato a Buscar** (Figura 5) en este caso colocamos el número 55, y damos clic en el Bote de Basura de la barra de herramientas y automáticamente se eliminará el *Nodo*.

Nota Importante: para poder ver los cambios en la lista es necesario pulsar el botón [Actualizar] para que se vuelva a repintar la lista actual, y veremos que la lista ya no contiene el *Nodo* con información 89 (ver Figura 21). En este caso ya se eliminó el *nodo* 55, pero nos mandará un mensaje de error debido a que la lista ya no quedo bien enlazada con los punteros correctos, esto debido a que quedó el nodo antecesor (*Nodo* con INFO 22) y predecesor (*Nodo* con INFO 9) con los punteros incorrectos, en este caso, tendremos que modificar de la misma forma estos nodos y colocar la información correcta para sus ligas, de la misma forma en que modificamos el nodo nuevo. Una vez modificados los campos se tiene que volver a hacer clic en el botón [Actualizar] y podemos ver el resultado de la nueva lista generada ya correcta y corregida. De igual forma no se especifica en el software cual es el error, esto con el fin de que el profesor o el estudiante actualicen la información correcta y entiendan la lógica de los algoritmos de las estructuras de las Listas Doblemente Enlazadas.

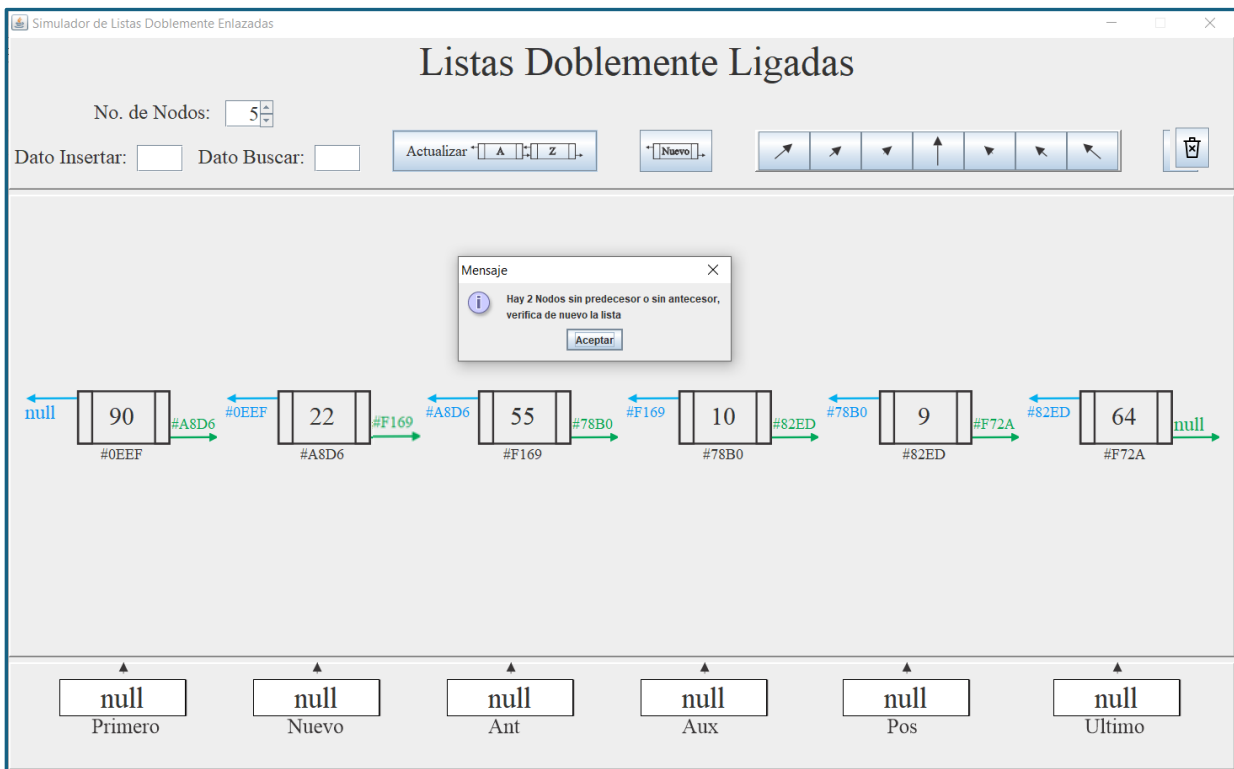


Figura 21. Resultado de eliminar el *Nodo* con información 55 de lista simplemente enlazada, pero sin corregir punteros.

Una vez que se corrigen los nuevos punteros de los nodos que apuntaban al nodo eliminado, en este caso (*nodo* con INFO 22) y (*nodo* con INFO 10), el nuevo resultado se mostrara de la siguiente manera (ver Figura 22).

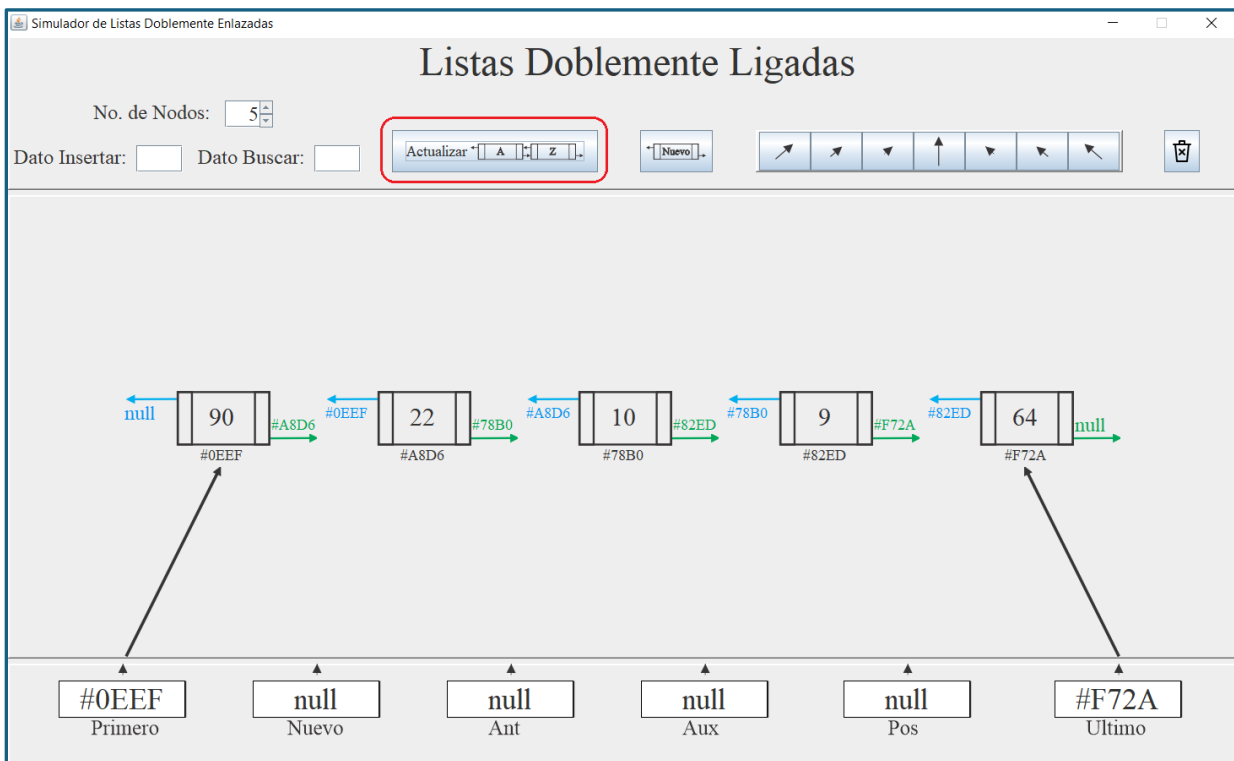


Figura 22. Resultado de corregir los punteros (*Nodos* con INFO 22 y 10) al eliminar el *nodo* con INFO 55.

Uso de herramientas especiales para la manipulación de las Listas Simplemente Enlazadas

Algunas herramientas que se pueden utilizar para manipular eficientemente a una Lista *Doblemente Enlazada* son las mostradas en el Panel de Flechas (Figura 8), estas flechas pueden servir para colocar punteros en las *LIGAs* de los *Nodos* y poder simular enlaces temporales que nos permiten explicar a los estudiantes como mantener enlazada una lista sin perder la estructura lineal que estas representan ver ejemplo con selección en rojo en la (Figura 23).

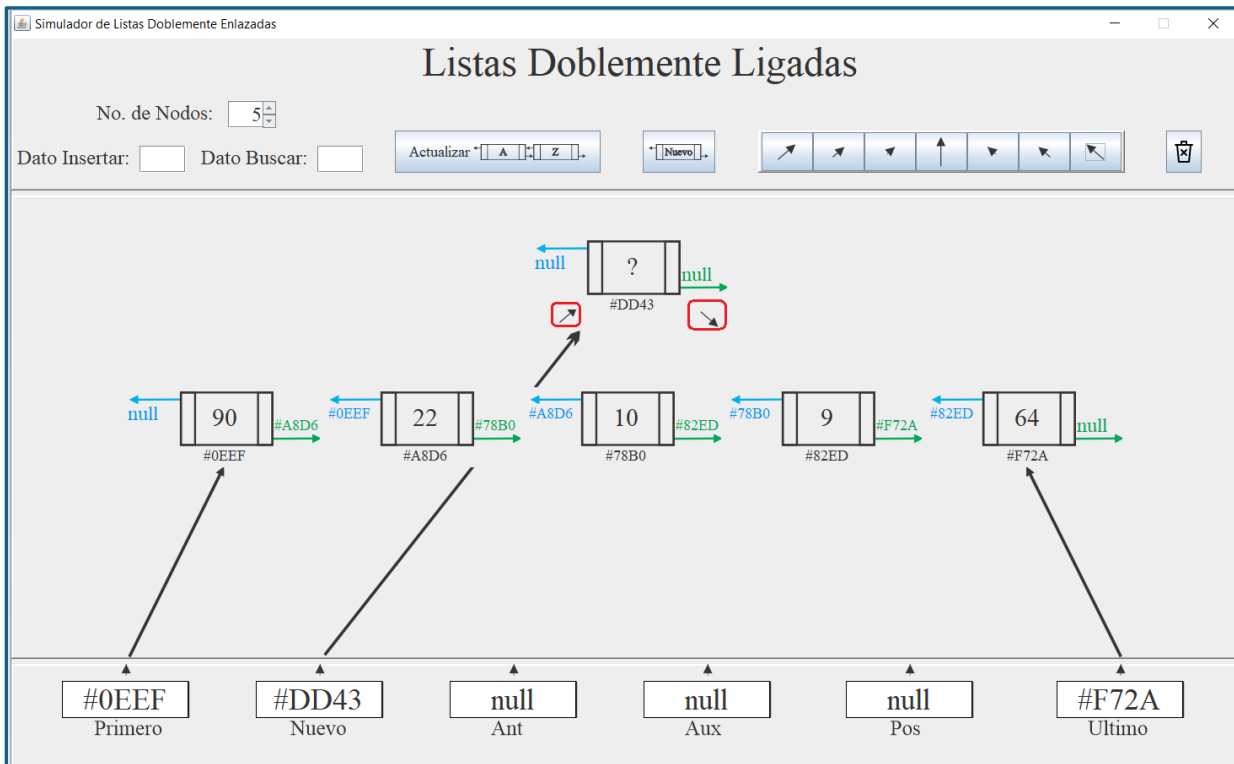


Figura 23. Ejemplo de uso de las flechas del panel de punteros de flechas.

En la (Figura 23), se utilizó un tipo de flecha (Flecha Larga Izquierda) que es la primera flecha del panel de flecha, si observamos bien las dos flechas ingresadas son las mismas, solo que la flecha de la derecha seleccionada en rojo se muestra girada. Esto se logra insertando la flecha y con el puntero del cursor, dando clic con el botón derecho girara a la derecha y dando doble clic con el botón izquierdo girara a la izquierda.

Flechas de punteros apuntando a los diferentes *Nodos*:

Cuando se da clic en cualquier puntero de lista del Panel de Puntero de Lista, se generara una flecha apuntando hacia un *Nodo*, si queremos que la flecha apunte al *Nodo* Anterior, lo que se tienes que hacer es dar doble clic sobre la flecha para que apunte al *Nodo* izquierdo, si se quiere que apunte al *Nodo* de la derecha, simplemente se da clic con el botón derecho y la flecha girará hacia la derecha, tal y como podemos ver las flechas rojas en la simulación de la (Figura 24), lo mismo podemos hacer con todas las flechas que se involucren en la simulación.

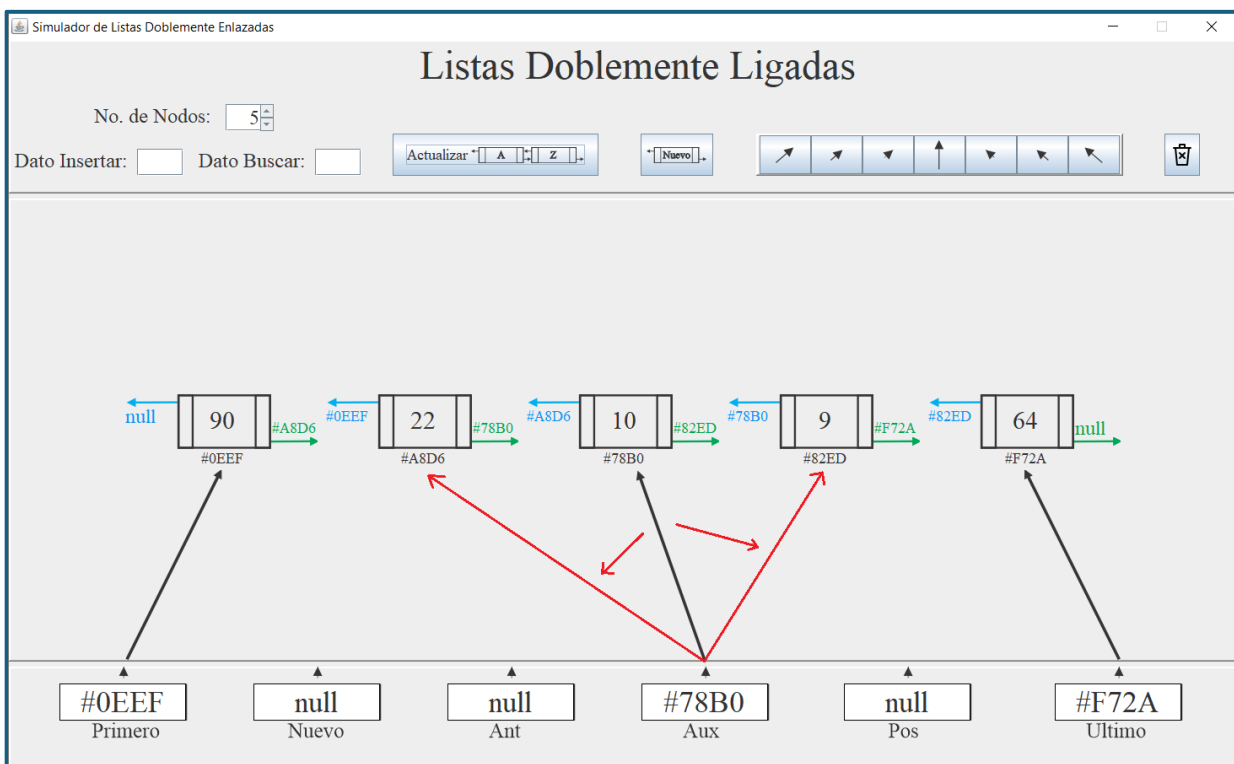


Figura 24. Desplazamiento (Izquierda o Derecha) de flechas sobre los *Nodos* del Área de *Nodos*.

Otro truco importante para poder copiar direcciones de *Nodos* es hacer clic con el botón derecho del mouse sobre el Nodo al cual queremos copiar su dirección de memoria. En el ejemplo que aparece en la (Figura 25) se le dio un clic con el botón derecho del mouse (o clic sostenido) las letras cambian en color rojo; esto solo se observa en milisegundos durante el clic sostenido y el reléase del mouse, el cambio de las letras rojas indica que el texto se copió en variables internas. En este caso se copiaron 3 textos (INFO, Dirección y LIGA_DER). ¿En dónde puedo pegar estos textos copiados?

- INFO (22) se puede copiar en el cuadro de texto Dato a Buscar (Figura 5). Dando doble clic con el botón izquierdo del mouse sobre este campo.
- DIRECCION (#A8D6) se puede copiar en la Barra de Punteros de *Nodos* en cualquier *Nodo* (Figura 11). Dando doble clic con el botón izquierdo del mouse sobre cualquier caja de Texto de cualquier Puntero de *Nodo*.
- LIGA_DER (#78B0) se puede copiar en cualquier lugar donde se necesite, ya que pasa directamente a la memoria RAM de nuestra computadora y queda activa en el portapapeles, cabe mencionar que, si se da clic en otro *Nodo*, la nueva información sobrescribe a la había previamente en el portapapeles como sucede con cualquier objeto que copiamos en memoria RAM. En esta versión de software, el valor de la LIGA_IZQ no se copia en el portapapeles.

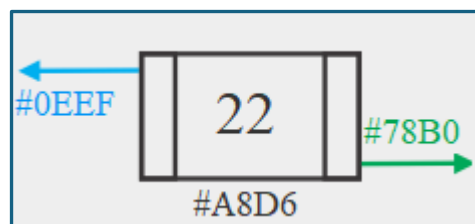


Figura 25. Copiar los elementos o campos de un *Nodo* (INFO, DIRECCION y LIGA_DER) en el portapapeles.

Requisitos mínimos recomendados para ejecutar el sistema:

Componente	Requisito Mínimo
Sistema Operativo	Windows 10 / macOS 10.13+ / Linux Ubuntu 18.04 o superior
Arquitectura	64 bits (x86_64 o ARM64)
Memoria RAM	2 GB (4 GB recomendados)
Procesador	Intel Core i3 / AMD Ryzen 3 / Apple M1 o superior
Almacenamiento	300 MB libres (JDK + NetBeans + archivo JAR de la aplicación)
Versión de Java	JDK 8u322 (mínimo u221)
Resolución de pantalla	1280×720 (1366×768 recomendada)
Dependencias	Ninguna (incluidas dentro del archivo ejecutable JAR)

Autores:

- * Francisco Eduardo Oliva Ibarra (Ameca, Jalisco, México), francisco.oliva@academicos.udg.mx
- * César Calderón Mayorga (Ameca, Jalisco, México), cesarcm@academicos.udg.mx
- * David Guillermo Pasillas Banda (Ameca, Jalisco, México), david.pasillas@academicos.udg.mx
- * Horacio Gómez Rodríguez (Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México), horacio.gomez@cualtos.udg.mx
- * César Eduardo Aceves Aldrete (Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México), caceves@cualtos.udg.mx
- * Marco Antonio Gómez Herrera (Ameca, Jalisco, México), mgomez@academicos.udg.mx
- * Miguel Ángel Ramírez Torres (Ameca, Jalisco, México), miguela.ramirezt@academicos.udg.mx