

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

AMBIENTE VIRTUAL PARA INSTRUCCIÓN EN MANTENIMIENTO A LÍNEA VIVA: Efecto de la interacción previa con ambientes sintéticos al enfrentar situaciones de alto riesgo.

Autor:

Zoroayka Virginia Sandoval Velázquez

**Sometido al Programa de Graduados en Informática y Computación en
cumplimiento parcial con los requerimientos para obtener el grado de:**

Maestra en Ciencias de la Computación

Asesor:

Dr. Miguel Pérez Ramírez

Co asesor:

Dr. Enrique Sucar Succar

Cuernavaca, Morelos. Mayo del 2006

**AMBIENTE VIRTUAL PARA INSTRUCCIÓN EN
MANTENIMIENTO A LÍNEA VIVA:
Efecto de la interacción previa con ambientes sintéticos al
enfrentar situaciones de alto riesgo.**

Presentada por:

Zoroayka Virginia Sandoval Velázquez

Aprobada por:

Dr. Miguel Pérez Ramírez
Investigador del IIE, Cuernavaca
Asesor de Tesis

Dr. L. Enrique Sucar Succar
Investigador ITESM Campus Cuernavaca/
INAOE Campus Puebla
Co-asesor de Tesis

Dr. Víctor Hugo Zárate Silva
Profesor del Departamento de Electrónica y Mecatrónica
ITESM Campus Cuernavaca
Sinodal

Dr. Benjamín Zayas Pérez
Investigador del IIE, Cuernavaca
Sinodal

Resumen

La Realidad Virtual como herramienta para capacitación y entrenamiento es un área un tanto novedosa. Dentro del sector eléctrico en México, no existe un sistema con estas características para dar capacitación a sus trabajadores.

En este proyecto, se describe la realización de un sistema en 3D para dar capacitación a linieros, que son personas que trabajan en el mantenimiento de líneas vivas o energizadas en el sector eléctrico.

En este trabajo se describe todo el proceso que se llevó a cabo para la realización de dicho sistema. El proceso incluye desde el análisis de requerimientos, el diseño de la interfaz, el diseño del flujo del sistema, de la base de datos, el desarrollo de los modelos en 3D, la integración de las escenas, la animación de las mismas y la creación de la interfaz. Todo esto combinado con la aplicación de análisis de usabilidad que permitieran ir mejorando el sistema.

El sistema fue validado por personas expertas en el mantenimiento de líneas vivas, todo esto con el fin de que las animaciones presentadas en el sistema tuvieran el mayor realismo posible, para después poder ser presentado a usuarios finales (linieros en capacitación).

Se realizaron diversos análisis de usabilidad previos a la presentación del sistema con los usuarios finales. Estos análisis dieron como resultado una serie de correcciones que se realizaron para el mejoramiento de la interfaz.

Una vez que el sistema fue llevado con los usuarios finales, se aplicaron evaluaciones para conocer el impacto que el sistema tuvo en el aprendizaje de los linieros que estaban en capacitación.

Aquí se presentan los resultados que se obtuvieron de dichas evaluaciones, utilizando un sistema en 3D para dar capacitación y entrenamiento creado por el Grupo de Realidad Virtual (GRV) del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes

En el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), particularmente en la División de Sistemas de Control, se ha venido investigando dentro del campo de la Realidad Virtual (RV), es decir, qué es, cómo funciona, así como los usos y las aplicaciones que ésta tiene, hasta llegar al desarrollo de prototipos dirigidos al sector eléctrico.

Como resultado de dicha investigación se han observado datos concretos tales como los siguientes:

- Capacitación y entrenamiento son las áreas de mayor aplicación de la RV (Burdea y Coiffet, 2003).
- Entre las ventajas de la RV se puede mencionar que permite contar con sistemas que emulan a un ambiente real o ficticio, en el cual el usuario puede interactuar y navegar virtualmente.
- Los sistemas de RV hacen posible la interacción con ambientes que en la realidad, podrían involucrar un alto riesgo.

Por otra parte, también se ha investigado sobre las posibles áreas de aplicación de la RV dentro de los procesos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Como resultado de dicho análisis se ha determinado que dentro de los tres grandes procesos de CFE, es decir, Generación, Transmisión y Distribución, se encuentran involucradas actividades de operación de equipos, mantenimiento, arranque, paro, etc.

Todas estas actividades requieren de capacitación y por lo tanto constituyen un área fértil para la aplicación de la RV. Lo anterior aunado a que muchas de estas actividades también se dan bajo situaciones de alto riesgo, (Pérez et al., 2004).

De lo anterior surge el presente proyecto para realizar un ambiente virtual para instrucción de mantenimiento a líneas vivas.

Uso de RV en el IIE. Algunos de los trabajos realizados dentro del IIE en sistemas de Realidad Virtual son los que se mencionan a continuación.

- **Tutorial para Sistema de Distribución Eléctrica.** Su objetivo es proveer al usuario de una aplicación de realidad virtual (RV) que le ayudará a entender cómo funciona el sistema de distribución eléctrica. Cuenta con una interfaz intuitiva y permite al usuario manipular algunos elementos para obtener mayor información. La aplicación también permite al usuario navegar libremente por el mundo virtual y obtener retroalimentación visual y auditiva dependiendo de su posición. (Leal et al., 2004)
- **Capacitación de Operadores de Control.** Prototipo orientado a la capacitación de operadores de control utilizando RV de tipo inmersivo e interactivo, integrando las herramientas adquiridas por el GRV¹, (Ayala 2004).
- **Turbogenerador Eléctrico.** El prototipo tiene como objetivo hacer una representación en 3D de un turbogenerador, en donde un usuario pueda interactuar sin correr ningún riesgo, (Rodríguez 2004).

La motivación de este proyecto es realizar una aplicación en Realidad Virtual (RV) que permita a los trabajadores del sector eléctrico, en especial a los que dan mantenimiento a las líneas vivas (linieros), recibir una capacitación para conocer la forma en que deben realizar su trabajo y que dicha capacitación se de en un ambiente libre de riesgos. Los linieros podrán aprender de una manera virtual a realizar su trabajo, pudiendo así obtener práctica sin tener que salir de su ciudad de trabajo. Actualmente el trabajador tiene que trasladarse al centro de capacitación ubicado en el estado de Veracruz para poder recibir dicho entrenamiento, y esto conlleva gastos de traslado y manutención. De esta forma podrá contarse con una alternativa para resolver dicho problema de capacitación además del económico y de tiempo, que actualmente se da dentro del sector eléctrico, pues es una gran cantidad de trabajadores en todo el país que necesitan recibir dicho entrenamiento.

1.2 Problemática

En este proyecto, se realizó una aplicación en Realidad Virtual (RV) para Adiestramiento en Líneas Energizadas 3D (ALEn^{3D}), que permite a los trabajadores del sector eléctrico, en especial a los que dan mantenimiento a las líneas vivas, recibir una capacitación para conocer la forma en que deben realizar su trabajo y que dicha capacitación se de en un ambiente libre de riesgos.

¹ En el Instituto de Investigaciones Eléctricas se cuenta con un Grupo de Realidad Virtual (GRV), el cual se encarga de realizar diversos proyectos utilizando RV.

Con este sistema, los linieros pueden aprender de una manera virtual a realizar su trabajo, pudiendo así obtener práctica sin tener que salir de su ciudad de trabajo. Con este proyecto, se puede contar con una alternativa para resolver dicho problema de capacitación además del económico y de tiempo, que actualmente se da dentro del sector eléctrico, pues es una gran cantidad de trabajadores en todo el país que necesitan recibir dicho entrenamiento.

La capacitación que recibe dicho personal es de mantenimiento a línea viva. Las líneas vivas deben recibir diferentes tipos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo. Para esto existen alrededor de 40 diferentes tipos de maniobras (CFE, 2004), por ejemplo:

i) Instalación de estribo en estructura TS30 con plataforma.

En esta maniobra, el liniero debe instalar un estribo en una estructura de poste llamada TS30 como la que se muestra en la **Figura 1.1**, utilizando una plataforma.



Figura 1. 1 Estructura TS30 (Tomado de CFE, 2004)

ii) Cambio de cortacircuito fusible.

En esta maniobra el liniero debe cambiar el cortacircuito como se muestra en la **Figura 1.2**, utilizando el equipo y material necesario.



Figura 1. 2 Cambio de cortacircuito (Tomado de CFE, 2004)

iii) Cambio de aislador tipo alfiler en estructura TS30.

En esta maniobra el liniero debe cambiar el “aislador tipo alfiler” como se muestra en la **Figura 1.3**, utilizando el material y equipo necesario en una estructura de poste TS30.



Figura 1.3 Cambio de aislador tipo alfiler (Tomado de CFE, 2004)

Para realizar estas maniobras, los trabajadores (linieros) necesitan equipo diverso de trabajo, el cual va desde un uniforme para protección del liniero hasta el equipo necesario para proteger la línea viva y hacer la maniobra correspondiente.

Algunos de los problemas asociados con la capacitación de linieros se mencionan a continuación:

a) Costos de traslado y manutención

Antes de dar mantenimiento a las líneas, los trabajadores reciben capacitación en un centro especial, donde hay postes con líneas sin voltaje, es decir, realizan un tipo “simulacro” de las diferentes maniobras que se pueden realizar. Uno de los inconvenientes de esto son los gastos de transporte y manutención de cada trabajador.

b) Las maniobras implican alto riesgo

Debido a que se trata de maniobras de alto riesgo, el método de capacitación existente para la instrucción al liniero, como se mencionó anteriormente, se da directamente en postes que tienen líneas sin voltaje para que no puedan sufrir ningún daño con alguna descarga por no realizar correctamente el mantenimiento.

c) Alternativa con limitaciones

Una alternativa que recientemente se ha desarrollado en CFE es el uso de videos que ilustran la realización de las distintas maniobras. Sin embargo, el uso de esta alternativa no permite la interacción, y tampoco sensa el número de errores cometidos o el tiempo que le llevaría realizar alguna maniobra.

Es por esto que se realizó un prototipo para la instrucción en mantenimiento a líneas vivas, en el cual estas personas pueden recibir la capacitación, por medio de Realidad Virtual y así aprender sus labores en el mismo lugar de trabajo. Esto permite hacer uso de las ventajas de la RV tales como:

- a) interactividad
- b) maniobras en un ambiente libre de riesgos
- c) capacidad de evaluación mediante el senso de errores
- d) registro de tiempos
- e) repetición de maniobras

Los diferentes tipos de maniobras de mantenimiento existentes se pudieron apreciar en videos que la CFE proporcionó para su conocimiento (CFE, 2004).

Hasta el momento no se conoce en México algún sistema en RV para capacitación en mantenimiento a línea viva, por esto, la implementación de este sistema en CFE se espera sea de gran utilidad ya que es algo innovador.

1.3Objetivo

a) Objetivo General

El objetivo general de este trabajo, es desarrollar un sistema de Realidad Virtual para la capacitación en mantenimiento a línea viva y realizar un análisis de usabilidad, que determine el impacto del entrenamiento usando un ambiente sintético previo a la realización de maniobras bajo alto riesgo.

b) Objetivos Específicos

- i. Desarrollar un prototipo de RV para el entrenamiento y capacitación de electricistas linieros que les permita familiarizarse con las herramientas y procedimientos necesarios para el mantenimiento de líneas vivas, minimizando aspectos de alto riesgo.
- ii. Realizar estudios de usabilidad con el sistema, para determinar el impacto que éste tiene con los usuarios y también la funcionalidad del mismo.

1.4Contribuciones

1.4.1 Generales

Algunas de las contribuciones generales del proyecto se mencionan a continuación:

a) Aplicación del prototipo

Actualmente CFE no hace uso de la RV para capacitar a linieros, es por ello que el sistema mismo será una contribución que se espera ayude a la mejor capacitación de linieros.

b) Aportaciones del uso de RV en el prototipo

- Animación. Los modelos que conforman la escena tienen animaciones adecuadas a sus características.
- Recorrido virtual. El usuario puede ver las escenas desde cualquier perspectiva.
- Interactivo. El sistema permite que el usuario participe cuando está recibiendo instrucción.
- Repetición ilimitada. El usuario puede ver las veces que desee la instrucción de cada maniobra.
- Maniobras interactivas. Estas maniobras permiten que el usuario interactúe libremente con cada una de ellas, permitiendo así cubrir las necesidades específicas de cada usuario.

c) Actividad riesgosa

El sistema permite que el usuario navegue y opere con libertad, recibiendo retroalimentación en caso de cometer errores, pero sin consecuencias fatales originadas por dichos errores.

d) Evaluación

El sistema sensa los errores cometidos por el usuario, de tal manera que puede:

- Hacer recomendaciones que le permitan orientar al usuario sobre las áreas que necesita estudiar.
- Evaluar el desempeño del usuario.

e) Económicos

El uso del sistema evitará el traslado de personal a los centros de capacitación. Esto redundará en ahorro de tiempo de capacitación y recursos para traslado y manutención.

f) Análisis de usabilidad

El análisis de usabilidad permitió identificar y definir los requerimientos para un sistema de RV aplicado a la capacitación de linieros. Así una de las principales contribuciones de este proyecto, fue conocer el impacto en el aprendizaje en un sistema de RV en la capacitación de linieros.

g) Análisis del efecto del uso de un sistema de RV en la capacitación de linieros

Se realizaron pruebas con ayuda del personal de CFE que permitieron, analizar el impacto que un sistema de RV tiene en la capacitación de linieros. Esto permite determinar si como resultado, la RV aporta algún valor a CFE (económicos, disminución de tiempo, disminución de accidentes, etc.).

1.4.2 Específicas

Se podrán encontrar a continuación otras aportaciones más específicas del trabajo realizado por el autor de esta tesis, las cuales corresponden a pruebas y evaluaciones que se hicieron durante el desarrollo del sistema, así como heurísticas encontradas durante el mismo.

Desarrollo de maniobras:

Se han desarrollado algunas maniobras en este proyecto, las cuales están incluidas en el sistema ALEn^{3D}. Para la elaboración de esta tesis, se desarrolló una maniobra. En capítulos posteriores se seguirá el proceso de diseño y desarrollo de dichas maniobras, las cuales están divididas en pasos y subpasos.

Pruebas de usabilidad al desarrollo del sistema ALEn^{3D}:

Se realizaron pruebas en las diferentes etapas de desarrollo del sistema ALEn^{3D}, a fin de poder obtener resultados de la usabilidad del sistema. Dichos resultados fueron analizados y añadidos al sistema, en caso de considerarse pertinente. Tanto la interfaz, como la lógica del sistema fueron analizadas con dichas pruebas.

Experimentos de impacto en el aprendizaje:

Se realizaron pruebas para medir el impacto en el aprendizaje de los usuarios finales que tuvo el sistema. Dichos experimentos se realizaron con linieros que están en proceso de capacitación. Los resultados obtenidos se mostrarán en un capítulo de resultados.

Heurísticas 3D:

En el uso y manipulación de escenas en 3D, pueden llegar a suceder cosas no previstas o no necesitadas por el usuario, por lo que se presentan algunas propuestas acerca de heurísticas para el uso de ambientes virtuales. Dichas heurísticas se obtienen a partir del uso de la realidad virtual en el sistema como medio de capacitación.

1.5 Organización de la tesis

En el capítulo 2 se describen conceptos y se explican algunas técnicas para realizar análisis de usabilidad, así como conceptos de Realidad Virtual.

El capítulo 3 muestra el estado del arte de sistemas en RV aplicados al sector eléctrico, así como métodos utilizados para dar capacitación en mantenimiento a línea viva.

El análisis y diseño del sistema, se puede encontrar en el capítulo 4, donde se realiza desde el análisis de requerimientos, hasta el diseño de la base de datos que utiliza el sistema.

En el capítulo 5 se describe todo el desarrollo del sistema. Se puede ver el proceso que se sigue para crear un modelo, realizar la integración de la escena, la animación de ésta y finalmente la creación de la interfaz.

El capítulo 6 describe la evolución que tuvo el sistema después de realizar las pruebas de usabilidad al mismo.

En el capítulo 7 se muestran las evaluaciones que se hicieron con usuarios finales, así como los resultados que se obtuvieron de aplicar dichas pruebas.

Las conclusiones generales de esta tesis las contiene el capítulo 8, así como el trabajo futuro que hay por realizar.

Capítulo 2

Interfaces Humano Computadora

La interfaz de un sistema es una parte muy importante, ya que es la presentación del mismo. Dependiendo de la usabilidad del sistema, un usuario podrá interactuar con él y cumplir o no el objetivo para el cual fue desarrollado dicho sistema. De aquí la necesidad de realizar análisis de usabilidad durante el diseño y desarrollo de la interfaz del sistema. En este capítulo, conoceremos conceptos de análisis de Usabilidad, Realidad Virtual que es la tecnología en la que se basa el sistema y Mantenimiento a Línea Viva que es el área de aplicación del sistema. El lector que ya esté familiarizado con estos temas puede pasar directamente al capítulo siguiente.

2.1 Análisis de Usabilidad

Para comprender a qué se refiere la usabilidad, podemos utilizar la siguiente definición:

“La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario en condiciones específicas de uso.” (ISO/IEC 9126, 2001)

Existen actualmente diversas metodologías para determinar la usabilidad en un software. Esta sección, muestra una recopilación y descripción de los diversos tipos de análisis de usabilidad utilizados en el diseño de las interfaces, esto incluye análisis de tareas, prototipo en papel, evaluación heurística y *think aloud*. Otras técnicas existentes y analizadas son, la familia del método GOMS y el recorrido cognitivo, entre otras, las cuales se describen en el **Anexo A**.

2.1.1 Análisis de Tareas

El primer paso en el diseño de un sistema interactivo es el análisis de las tareas que el usuario debe realizar. Para esto, se debe conocer cuál es la información que necesita el usuario para realizar la tarea (¿qué hacer?), la terminología y símbolos del dominio del problema (elementos) y la descripción de cómo esas tareas se realizan actualmente (¿cómo?).

En este proceso de analizar la manera en que las personas realizan su trabajo, se debe conocer lo que hacen, sobre qué cosas actúan y qué necesitan saber.

El análisis de tareas se centra en un objetivo, después una tarea y finalmente en la acción a tomar (Gea, 2002). A continuación se describen estos puntos:

Objetivo:

- Es el estado que el usuario quiere alcanzar. (Tarea externa)

Tarea:

- Es una actividad necesaria para conseguir un objetivo. (Tarea interna)

Acción:

- Es una tarea a llevar a cabo y que no implique una solución de un problema. (Tarea simple)

En el análisis jerárquico, que es un análisis de tareas, se puede ver el modo en el cual una tarea se puede descomponer en otras más simples.

En la **Figura 2.1** podemos ver un ejemplo de la descomposición de tareas jerárquicamente, donde el objetivo es preparar té (en la figura aparece como 0). Para cumplir el objetivo, las tareas a realizar son las que aparecen como 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Para la tarea 1, las acciones que se deberán tomar antes de pasar a la tarea 2, son las que aparecen como 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5. Como se puede observar, las acciones forman tareas y las tareas forman el objetivo.

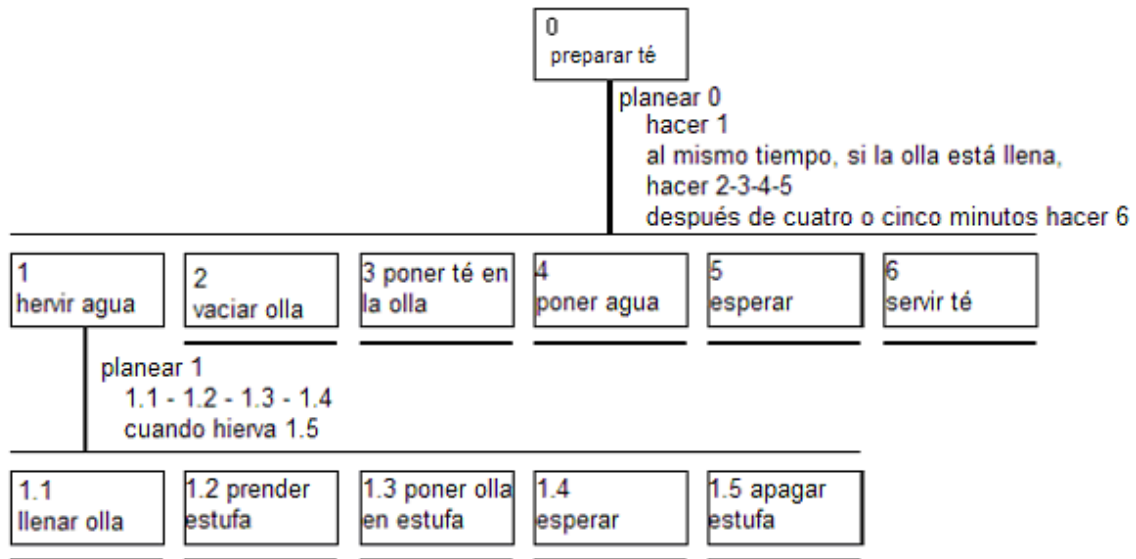


Figura 2. 1 Análisis jerárquico (basado en Gea, 2002)

Nos situaremos en un escenario de uso futuro, donde el prototipo será analizado por un posible usuario y deberá intentar realizar algunas de las tareas que se quieren diseñar y esto se ira haciendo en voz alta y así se van cambiando las hojas de papel en función de las interacciones que el usuario vaya realizando.

A los participantes de este *test* se les presentan los diseños en papel. Cuando se “hace *click*” en un menú desplegable tocando el elemento con un puntero, el entrevistador asignado al rol de “computadora” provee de reacción cambiando el menú cerrado por uno abierto que muestre las alternativas propias del menú. Toma algunos minutos lograr que los participantes se acostumbren a la idea, pero se les motiva a colaborar con la prueba y tanto ellos como el aplicador aprenderán de ella.

Algunas sugerencias para realizar la prueba son:

- Tener papel extra para que se pueda anotar una idea ya sea del aplicador o del usuario si es que la oportunidad se presenta.
- Pedir al entrevistado que piense en voz alta.
- Utilizar un pedazo de cartulina como pantalla.
- En caso de menús o secciones con opciones, cortar el diseño en piezas separadas o zonas según corresponda para pedirle al usuario que las reordene en el orden que prefiera.
- Pegar a cada componente algunas etiquetas para que puedan ser levantadas fácilmente.
- Invitar a los usuarios a que quiten los componentes que no crean necesarios o importantes.
- Enumerar las piezas para que se pueda hacer referencia a ellas rápidamente en las notas y poder tenerlas organizadas.

El material para el entrevistador es:

- Cinta adhesiva y tijeras.
- Diferentes tipos y variedad de papeles adhesivos para poder hacer menús desplegables.
- Plumones y lápices de varios colores y tamaños.
- Clips para papel y para carpetas para mantener las hojas organizadas.
- Algún objeto que simule ser el puntero del *mouse*, puede ser una pluma. (Farnum, 2002)

Las ventajas de este tipo de prototipo son:

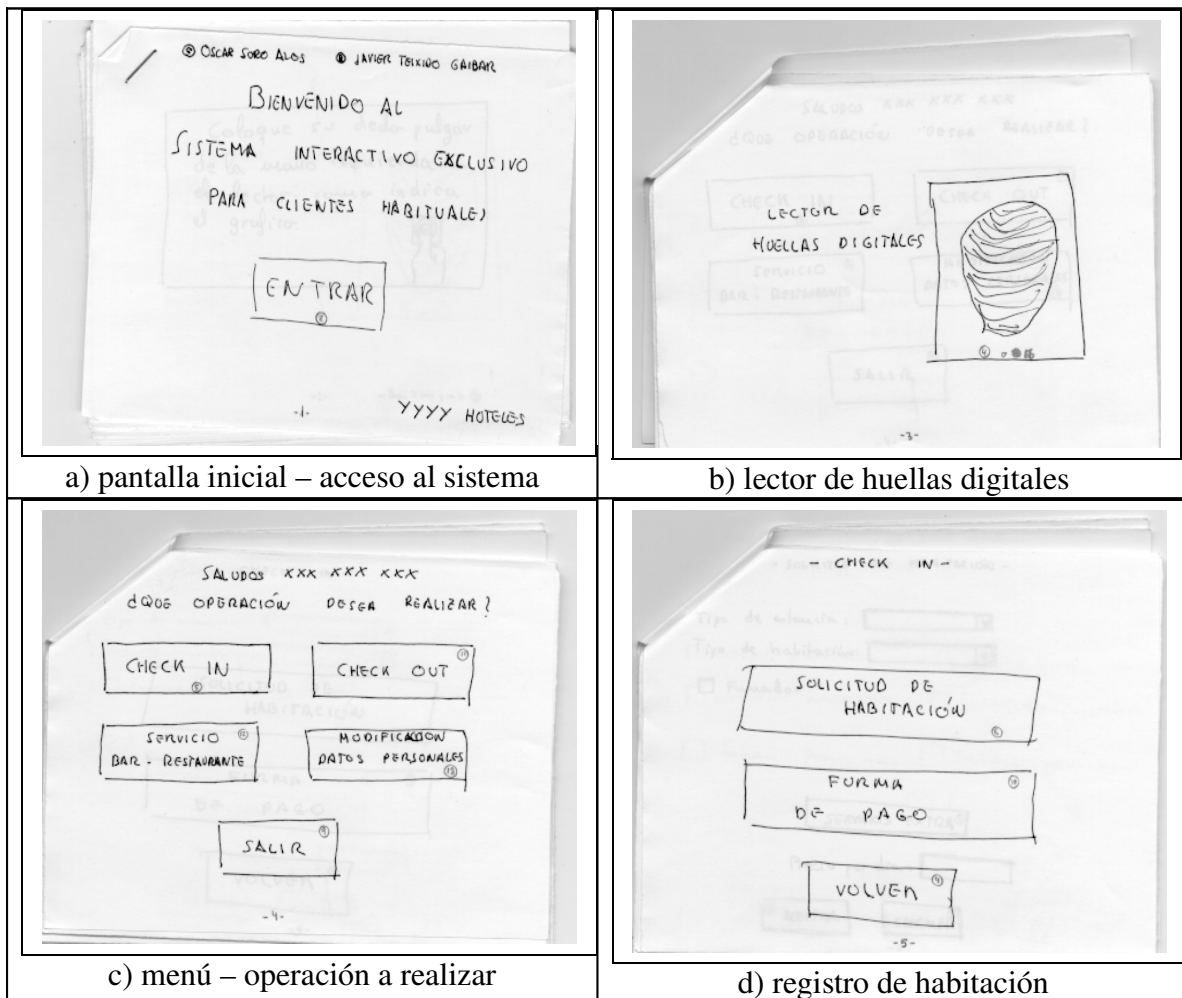
- El costo es muy reducido, pues prácticamente solo se necesitan los recursos humanos dedicados a la realización del prototipo.
- Los cambios se pueden realizar rápidamente y sobre la marcha. Si el diseño no funciona se pueden rescribir las hojas erróneas o rediseñarlas y volver a probar.

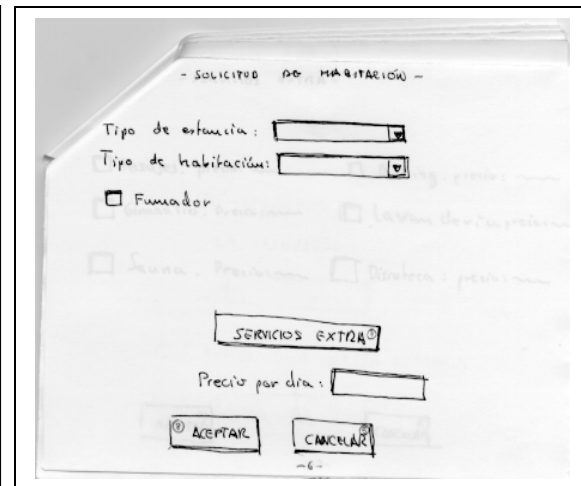
- Los usuarios se sienten más cómodos para poder realizar críticas al diseño debido a la sencillez del mismo, por lo que dan fácilmente sus opiniones. (Gea, 2002)

En la **Tabla 2.1** podemos ver un ejemplo de la forma en que se realiza el prototipo en papel. El ejemplo muestra un sistema para registro de huéspedes en un hotel. Ahí se muestra la pantalla de inicio, la autenticación del cliente, el menú de servicios, y se va desarrollando cada posible paso que el cliente pueda elegir al utilizar el sistema. (Gea, 2002)

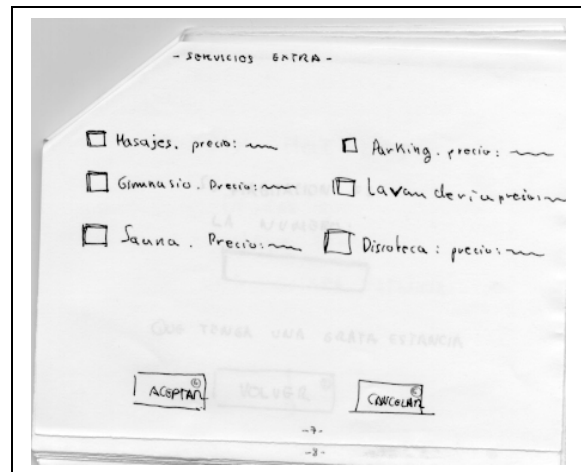
Tabla 2. 1 Ejemplo de Prototipo en papel.

2002)

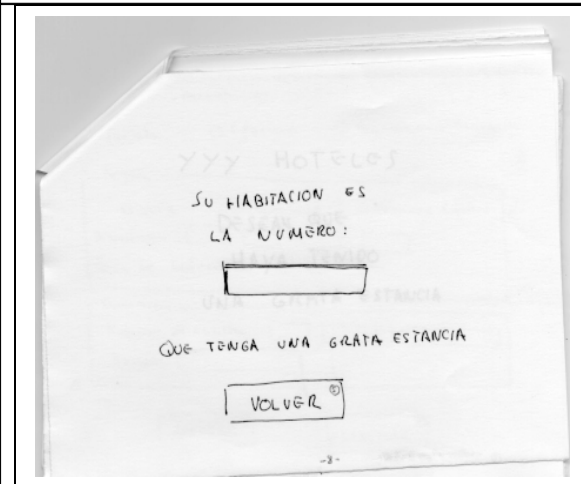




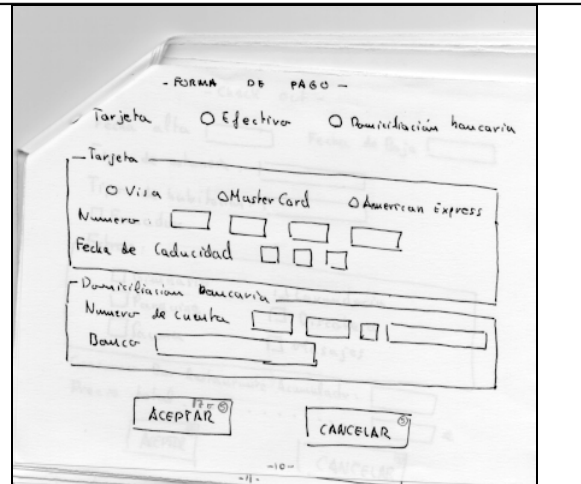
e) solicitud de habitación



f) servicios extra



g) respuesta del sistema



h) forma de pago

Este tipo de técnica es utilizada para poder determinar, con un simple diseño en papel, cómo será el verdadero diseño y funcionamiento de la interfaz, por lo que siempre es utilizada al inicio de cualquier diseño de un sistema por la flexibilidad que ofrece para realizar cualquier cambio.

2.1.3 Evaluación Heurística

La evaluación heurística es una variante de la inspección de usabilidad donde los especialistas en usabilidad juzgan si cada elemento de la interfaz de usuario sigue los principios de usabilidad establecidos. Este método forma parte del que se conoce como "*discount usability engineering*" o "ingeniería de la usabilidad de menor costo".

La usabilidad de menor costo (Discount Usability) según Nielsen, es la que busca la manera de optimizar la aplicación de los métodos de usabilidad de acuerdo al costo y la efectividad que provean. El costo es desde el tiempo que requiere su aplicación, hasta el costo económico que la evaluación implica. (Nielsen, 1997)

En la evaluación heurística, un grupo de expertos escudriñan la interfaz y evalúan cada uno de sus elementos contra una lista de principios o heurísticas, comúnmente aceptadas. Inicialmente, esta lista fue muy larga, dando lugar a tediosas sesiones de evaluación y expertos agotados que casi terminaron con el propósito inicial de ahorrar tiempo y dinero en el *test*. Nielsen redujo la lista a diez heurísticas, resultando suficiente y aceptable para cualquier evaluación de diseños. (Hom, 1996)

Dichas heurísticas son aplicadas principalmente a la *Web*, aunque también son útiles para otro tipo de diseño donde, se pueden agregar heurísticas propias de cada tipo de diseño. Las 10 heurísticas de Nielsen son (Nielsen, 1994; User-experience, 1997):

1. Cercanía entre el sistema y el mundo real.

El sistema debe hablar el lenguaje del usuario, con palabras, frases y conceptos familiares a él, en vez de términos orientados al sistema. Habrá que hacer que la información aparezca en un orden lógico y natural.

En el diseño, hay que estar conscientes de que los usuarios probablemente vendrán con diferentes conocimientos, así que hablar “su lenguaje” es de gran utilidad.

2. Visibilidad del status del sistema.

El sistema debe siempre mantener a los usuarios informados sobre qué está pasando, con la retroalimentación apropiada en un tiempo razonable.

Las dos cosas más importantes que los usuarios necesitan saber son: ¿Dónde estoy? y ¿Hacia donde puedo ir?. Hay que asegurarse que la página indique a que sección pertenece. Los *links* a otras páginas deben estar claramente marcados.

3. Libertad de control por el usuario.

Los usuarios pueden escoger funciones del sistema por error y necesitan una “salida de emergencia” claramente marcada para salir del estado no deseado, como un “deshacer” y un “rehacer”.

Muchas de las “salidas de emergencia” pueden ser provistas por el explorador, con botones de regresar o de inicio. Con esto, los usuarios sienten tener control del sitio.

4. Consistencia y Estándares.

Los usuarios no deben tener que preguntarse si las diversas palabras, situaciones o acciones significan la misma cosa.

Dentro del sitio, hay que utilizar las palabras del contenido y los botones consistentemente. Uno de los errores más comunes ocurre al poner nombres diferentes a los títulos, encabezados y a los *links*.

5. Prevención de Errores.

El sistema debe prever los posibles errores que puedan suceder. Es por ello que el diseño cuidadoso que previene que ocurra un problema es mejor que cualquier buen mensaje de error.

6. Reconocer mejor que Recordar.

Es mejor que el usuario reconozca las partes para saber que hacer en el sistema, a que las recuerde. Hay que hacer los objetos, acciones y las opciones visibles. El usuario no tiene por que recordar la información de una parte del diálogo a otra. Las instrucciones que dé el sistema deben estar visibles.

Si los usuarios pueden reconocer en qué parte de la página están con solo verla, no será tan fácil que se pierdan.

7. Flexibilidad y eficiencia de uso.

El sistema debe ser eficiente para cualquier tipo de usuario. Esto es, utilizar teclas rápidas o accesos directos, que no conocen los usuarios sin experiencia, pero que son muy útiles para los usuarios expertos.

8. Diseño minimalista y estético.

No debe tener demasiado diseño, debe ser estético a la vista para que no se vea muy cargado y pesado para el usuario. Los diálogos no deben contener información que sea irrelevante o poco necesaria. La información extra solamente quita visibilidad a la información que es realmente importante. Esta información se puede poner dentro de un link en caso de que el usuario quiera verlo.

9. Ayudas y documentación.

El sistema debe contar con una opción de ayuda o documentación para que el usuario busque en caso de necesitarlo. Si el sistema puede ser utilizado sin necesitar la documentación, es mucho mejor. Cualquier información debe ser sencilla de buscar y encontrar, y no debe ser muy larga.

Generalmente los sitios no necesitan una ayuda, pero cuando requiere realizar tareas complicadas, se necesitará ayuda para dichas tareas.

10. Ayudar a reconocer, diagnosticar y recobrase de errores.

El sistema debe darle ayuda al usuario para que sepa que hacer en caso de error. Los mensajes de error deben ser expresados en lenguaje plano (sin código), indicar el problema preciso y sugerir una solución a éste.

Los errores ocurrirán aunque se haya puesto todo el esmero para prevenirlos. Cada mensaje de error debe ofrecer una solución en la misma página en que aparece.

Para realizar la evaluación heurística se pueden seguir los siguientes pasos:

- Cada evaluador realiza individualmente una revisión de la interfaz
- Al terminar las evaluaciones se permite a los evaluadores comunicar los resultados y sintetizarlos
- Este procedimiento es importante para asegurar evaluaciones independientes e imparciales de cada evaluador
- Los resultados de la evaluación se pueden registrar con informes escritos de cada evaluador o haciendo que los evaluadores comuniquen verbalmente sus comentarios a un observador mientras realizan la evaluación

La evaluación heurística puede ser utilizada en, prácticamente, cualquier momento del ciclo de desarrollo de un sistema, aunque probablemente se adapta mejor en etapas tempranas, cuando no hay material lo suficientemente firme para efectuar un *test*. Se pueden proporcionar maquetas de papel o incluso especificaciones de diseño a los expertos y detectar una buena cantidad de problemas de usabilidad antes de que el trabajo real de producción dé comienzo.

Como ejemplo, se muestra una parte de una evaluación heurística donde el objetivo es hacer una evaluación del sitio *Web* del periódico *La Jornada* (Jornada, 2004), tomando como base las heurísticas establecidas por Nielsen. Para cada una de las heurísticas se debe presentar un Reporte de Usabilidad, UAR (por sus siglas en ingles, *Usability Aspect*

Report). Los UARs son reportes donde se asientan los resultados de la evaluación de cada una de las heurísticas. Estos reportes incluyen los siguientes puntos:

- Identificador: un nombre para distinguir cada heurística y determinar si es o no un beneficio.
- Descripción breve: describir cómo influye la heurística.
- Evidencia del aspecto: mostrar alguna evidencia.
- Explicación del aspecto: por qué se dice que influye la heurística.
- Beneficio del aspecto: si es un beneficio, explicar por qué.
- Solución: si representa un problema, cuál es la solución.
- Relación con las otras UARs: relación que tiene la heurística con otras.

Ejemplo:

En la **Figura 2.2** se muestra una figura de la página que se evaluó y después la UAR de una heurística.

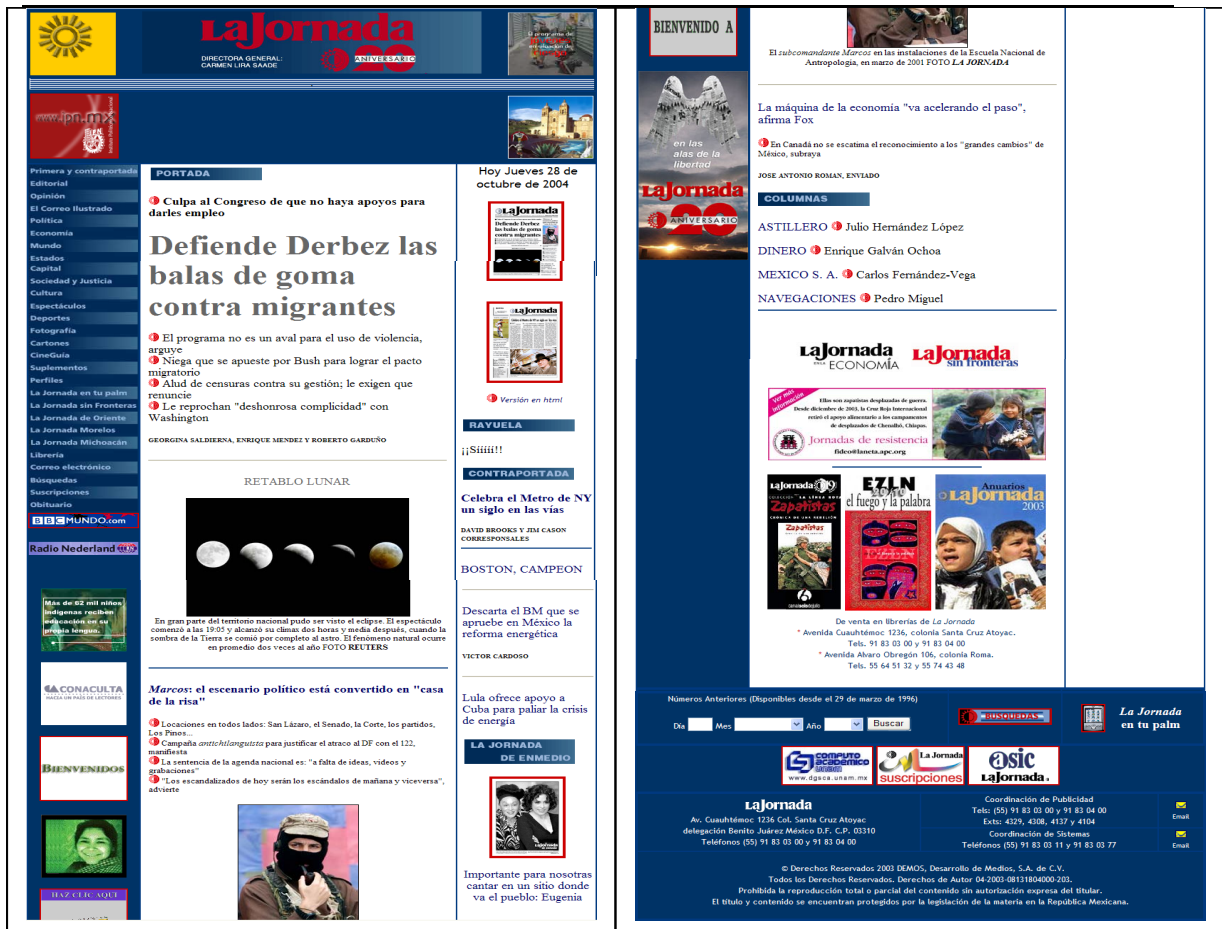


Figura 2. 2 Página principal de “La Jornada.”

1. Identificador

H1 - Beneficio

2. Descripción Breve

El diseño de la página es intuitivo ya que el usuario ve el título de la noticia o sección que desea ver y se da cuenta que al hacer *click* en el mismo se mostrará la noticia o sección.

3. Evidencia del aspecto

En la **Figura 2.2** se muestra la página completa del periódico. Al pasar el apuntador del *mouse* por los títulos cambia la figura del apuntador, lo que indica al usuario que puede acceder a la noticia o sección.

4. Explicación del aspecto

A todas las opciones de noticias y secciones se accede mediante un *click* en el título, mostrando inmediatamente la noticia o sección.

5. Beneficio del aspecto

Permite al usuario acceder a la noticia que desea de manera rápida y sencilla.

6. Solución

No representa un problema para la operación de la página.

7. Relación con otros UARs

H2 – En el diseño de la página del periódico, que es correspondiente al mundo real, hace que se reconozcan las secciones en lugar de recordarlas.

2.1.4 *Think Aloud*

Los protocolos *Think Aloud* consisten en observar al usuario trabajando con una interfaz mientras se le motiva a “pensar en voz alta” para que diga lo que está pensando y preguntándose en todo momento. Estos protocolos son de valor importante por que se

centran en los problemas que tiene el usuario. Cuando el usuario está trabajando sin dificultades, la observación directa es de uso muy limitado.

Las principales ventajas de este protocolo son:

- Una retroalimentación del usuario rápida y de alta calidad.
- Los datos están siempre disponibles, como la observación directa de lo que la persona está haciendo y también escuchar lo que quiere o lo que está tratando de hacer.
- Si la persona entra en dificultades, el observador puede aclarar la situación.
- Alto grado de flexibilidad.

El observador debe de estar seguro de lo siguiente:

- Que el usuario siempre comente libremente sus acciones, intenciones y pensamientos.
- Que el usuario lo haga solo, es decir, sólo se le puede dar ayuda mínima. El usuario debe tratar de encontrar su propio camino como le sea posible.
- La ayuda proporcionada al usuario debe ser muy bien pensada para que no afecte el propósito del experimento.

La principal tarea del observador es anotar qué es lo que pasa, así como estar atento para grabar lo que la persona está haciendo y diciendo. Esto se puede hacer con una hoja estructurada que incluya las categorías que se pueden observar.

El video que se graba también es muy importante, pues queda grabado lo que pasó en la sesión y se puede ver posteriormente para analizarlo de nuevo, mas no sustituye el análisis que se puede hacer al momento de estar observando directamente a la persona.

Cuando el usuario no está hablando mucho de lo que hace, se le pueden hacer preguntas como estas:

- ¿Qué estás pensando ahora?
- ¿Por qué hiciste eso?

La aplicación de la técnica “*Think Aloud*” se realiza una vez que el sistema se encuentra prácticamente terminado, y se utiliza para corregir el sistema o el diseño que éste tenga, ya que al exponer los usuarios su opinión, es posible darse cuenta lo que quedó bien o mal.

Ejemplo:

Un ejemplo de la aplicación de esta técnica es que al usuario se le designa la tarea de encontrar información acerca de los requisitos de admisión para una universidad. Al

usuario se le da una computadora donde aparece el inicio de la página *Web* de dicha universidad, como se puede ver en la **Figura 2.3**, y a partir de ahí, se empiezan a registrar todos los movimientos que realice y lo que diga para llegar hasta la parte donde encuentre la información que se le solicitó. Una vez concluida la participación del usuario, se realiza un reporte con lo observado. A continuación se muestra una parte de la evaluación:

El evaluador analizó el video con la interacción del participante y la lista de errores que encontró de acuerdo a la opinión del usuario es la siguiente:

- No le gustó el diseño de la página al usuario.
- No le parece adecuada la resolución en que estaba hecha la página.
- Al parecer los *flash* que contiene la página le disgustan al usuario.
- No le gustan las letras del nombre de la universidad.
- Crítica en gran parte el mal direccionamiento que tienen las carpetas en el servidor.

Según los errores encontrados, y para mejora de ellos, se propone lo siguiente:

- El diseño de la página se puede cambiar, sin embargo, se debe aplicar a más usuarios esta técnica para conocer su opinión y así saber si es común el disgusto por el diseño de la página.
- Los *flash* que se utilizan en la página tienen muchas animaciones, razón por la cual le disgustan al usuario; se sugiere quitar algunas animaciones.
- Con respecto a las letras del nombre de la universidad, será difícil poder cambiarlas, pues es el logotipo oficial de la institución.
- Para los archivos de la página en el servidor se sugiere re-organizar de una mejor forma la ubicación de los archivos, a fin de que tengan un orden lógico.



Figura 2. 3 Portal de la Universidad.

2.1.8 Discusión

En las técnicas para realizar análisis y evaluaciones de las interfaces que se mencionan anteriormente, se puede observar que unas son para la parte inicial del diseño de la interfaz, otras para todo el transcurso de dicho diseño, o para el sistema ya terminado.

Debido a que en su aplicación las otras técnicas utilizan un mayor tiempo, en este trabajo, además del análisis de tareas y el prototipo en papel, se utilizarán las heurísticas de Nielsen y el *Think Aloud*, ya que son técnicas muy útiles para obtener información acerca del diseño de la interfaz y tienen un costo bajo, además de que permiten conocer fácilmente errores que se tengan en el diseño.

Las heurísticas de Nielsen, al recorrer la interfaz, permiten al diseñador darse cuenta a primera vista de las cosas que le hacen falta agregar para una buena usabilidad. La técnica de *Think Aloud* nos permite rápidamente conocer el punto de vista del usuario, así como la facilidad de uso del sistema. Otras técnicas aquí mencionadas, necesitan más elaboración para poder ver los resultados de las mismas.

Con respecto al color, los consejos dados en esa sección (Ver **Anexo A**), resultan bastante útiles pues el diseño incluye color y deberá ser cuidado el efecto que pueden causar en los usuarios. El manejo de colores también resultará útil para el manejo de la interfaz y sus secciones.

2.2 Realidad Virtual

Definición: La realidad virtual es un sistema o interfaz informática que genera entornos sintéticos; es una representación de las cosas a través de medios electrónicos o representaciones de la realidad, pero se trata de una realidad perceptiva ya que existe sólo dentro de una computadora. (**Figura 2.4**) (Wikipedia, 2006)

La RV se clasifica en inmersiva y no inmersiva. a) La RV idealmente sugiere la creación de ambientes en los que un usuario tenga una experiencia completamente inmersiva. Esto en oposición a que RV es un área en desarrollo, en la que quizá, aún en nuestros días no se cuenta con toda la infraestructura que permita a un usuario común tener acceso a dichas experiencias de completa inmersión. Así muchos intentos, alcanzan solo una inmersión parcial. b) La segunda razón es que existen aplicaciones en las que es deseable usar técnicas y tecnología de RV. Pero en contra de una inmersión total, es mucho más deseable que el usuario tenga aun contacto con la realidad, en una combinación de RV no inmersiva con la realidad, de tal manera que dicha realidad es realizada en algún aspecto que de otra manera no sería percibido o que sería débilmente percibido.

La realidad virtual no inmersiva ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque no inmersivo tiene varias ventajas sobre el enfoque inmersivo como son el bajo costo y fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de alto costo y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares como son el teclado y el ratón que por medio de cascos pesados o guantes.

Este proyecto, se centrará únicamente en la Realidad Virtual No-Inmersiva.



Figura 2. 4 *Participante inmerso en un ambiente virtual.*

Ventajas: La RV provee la ventaja de:

- Tener la representación de alguna situación en la que podemos interactuar, experimentar, aprender comportamientos, planificar, realizar recorridos, etc., sin estar inmersos realmente en esa situación.
- Eliminar riesgos.
- La reducción de costos principalmente, que abarcan el costo en tiempo y el costo monetario.
- Aporta una dimensión más: la profundidad que da la sensación de volumen.
- Las escenas se pueden ver desde cualquiera de sus diferentes ángulos o vistas.

Las ventajas de la RV inmediatamente evocan diferentes situaciones en las que es de utilidad. Por ejemplo situaciones de alto riesgo (y también sin riesgo) en las que es deseable experimentar, aprender, analizar, realizar recorridos, etc., sin estar realmente inmersos en dicha situación y sin estar expuestos a su riesgo implícito.

Aplicaciones: (Burdea y Coiffet, 2003), basados en *CyberEdge Information Services*, clasifican las aplicaciones de RV en orden descendente de mayor desarrollo como sigue:

- i) Educación y entrenamiento
- ii) Investigación
- iii) Servicios de negocios
- iv) Entretenimiento y
- v) Comunicación

estando Estados Unidos a la cabeza en el desarrollo de esta tecnología. Cabe comentar aquí que una de las tendencias más fuertes en esta área está ligada al uso de *Internet*, para el desarrollo de los denominados ambientes colaborativos, que permiten el trabajo por equipo a distancia, y que incluye también el entrenamiento a distancia.

Arquitectura de un sistema de RV inmersivo: La **Figura 2.5** nos da un ejemplo de la visión esquemática de un Sistema de RV (SRV). El servidor o computadora, representa al motor de RV, que es el que contiene la aplicación de RV y al mismo tiempo hacia él se conecta el equipo que el usuario necesita para interactuar con la aplicación: visor HMD (*Head Mounted Display*), guantes, rastreadores.

La configuración presentada en el dibujo, permite al usuario una experiencia inmersiva a través del uso del visor, en la cual puede interactuar a través del guante, quizá manipulando objetos virtuales. El rastreo del movimiento y posición de la cabeza del usuario cambiará la perspectiva de la escena.

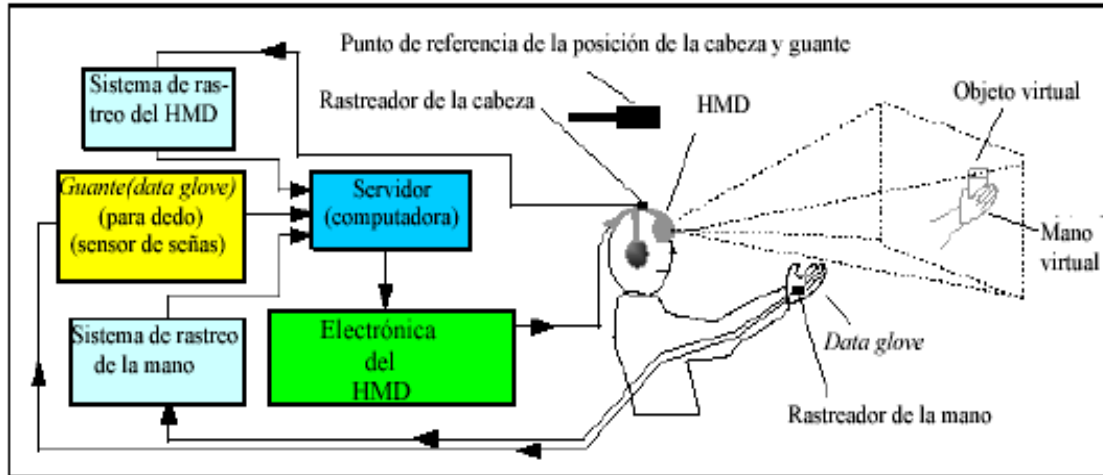


Figura 2. 5 Arquitectura de un sistema de RV inmersiva.

2.4 Resumen

En este capítulo se hizo una revisión de posibles técnicas a utilizar, así como de términos y conceptos relacionados con la tesis. El lector podrá familiarizarse con estos conceptos y los términos que se utilizarán en los siguientes capítulos.

Capítulo 3

Capacitación en el sector eléctrico

3.1 Mantenimiento a línea viva

El personal de CFE que da mantenimiento a líneas energizadas, debe recibir un entrenamiento para poder realizar su trabajo. Las maniobras son los diferentes tipos de mantenimiento y reparación que hacen a las estructuras, como por ejemplo las maniobras “Cambio de una cadena de aisladores en estructura RD30” y “Cambio de cortacircuito fusible en estructura TS30/RD3 con plataforma”².

Cada una de estas maniobras tiene un objetivo, por ejemplo, en la primera que se mencionó anteriormente, el objetivo es realizar el cambio de los aisladores (Ver **Figura 3.1**). En la **Figura 3.2**, se puede apreciar cómo se realiza el cambio de dichos aisladores. El nombre que recibe la estructura sobre la que van a trabajar depende de la forma en que está armada dicha estructura.



Figura 3. 1 Cadena de aisladores. (Tomado de CFE, 2004)

² Las estructuras reciben su nombre según la forma en que están armadas. Ejemplos de los nombre que reciben son RD30, RD3, TS30.



Figura 3. 2 Cambio de los aisladores (Tomado de CFE, 2004)

El total de maniobras con las que se cuenta son 41, sobre las cuales los linieros toman capacitación con un instructor que les va explicando paso a paso lo que deben hacer para completar una maniobra. Cada maniobra cuenta con una serie de pasos consecutivos que se deben seguir para realizar el objetivo de la misma.

Para realizar una maniobra, se debe hacer una planeación general de la misma en el centro de trabajo (**Figura 3.3**), así como una selección del material que será necesario para completar la maniobra. Una vez que se tiene todo preparado para la maniobra correspondiente, se hace el traslado al lugar de trabajo y se solicita licencia al operador de la zona. Si la licencia es concedida, el equipo de linieros procede a realizar la maniobra en la estructura correspondiente, iniciando con el aislamiento de la estructura y del trabajador.



Figura 3. 3 Planeación de maniobra en el centro de trabajo. (Tomado de CFE, 2004)

La estructura deberá quedar totalmente aislada, pues con cualquier descuido podría haber riesgo de provocar una descarga posiblemente mortal. Ya que se tiene todo aislado (**Figura 3.4**), el liniero deberá alcanzar el objetivo principal según la maniobra que esté ejecutando.



Figura 3. 4 Estructura cubierta. (Tomado de CFE, 2004)

El método tradicional de capacitación de linieros se da directamente en instalaciones reales pero sin voltaje. Este tipo de capacitación se da a un alto costo económico y de tiempo, debido al traslado y manutención de cada liniero.

Por otra parte, en 2004, la CFE desarrolló un sistema llamado CAMMED (CATálogo Multimedia de Maniobras En Distribución), como una herramienta de ayuda para instrucción de linieros. Este sistema consiste en una serie de videos que muestra paso a paso cómo realizar cada maniobra. Sin embargo, dicho sistema no cuenta con facilidades de interacción, recorridos virtuales, ni sensa el número de errores cometidos.



Figura 3. 5 Video de Maniobra “Cambio de aislador tipo alfiler en estructura TS30” (Tomado de CFE, 2004)

El sistema ALEn^{3D}, para capacitación de mantenimiento a línea viva, es un sistema innovador para el sector eléctrico.

Dicho sistema puede proporcionar interactividad con el usuario, además de permitir hacer recorridos virtuales dentro de la escena, para que al usuario le parezca real. Este tipo de sistema ofrece una capacitación libre de riesgos para sus usuarios.

Además, a diferencia del sistema CAMMED, este sistema puede registrar el progreso de avance de los usuarios, así como los errores que cometa, para posteriormente emitir un reporte de cada usuario.

3.2 Capacitación para mantenimiento a Líneas Vivas

Se realizó una búsqueda de los métodos y formas de capacitación para mantenimiento a línea viva en otras instituciones. Se encontraron diversos institutos que proveen dicho servicio, aunque dentro de la información que provee cada uno, no siempre mencionan la forma o la metodología en que dan la capacitación, sino solamente indican qué cursos ofrecen.

En la **Tabla 3.1** se muestran las instituciones y cursos encontrados.

Tabla 3.1 Instituciones que ofrecen cursos para Línea Viva.

Continente	País	Autoridad	Cursos y metodologías
Asia	India	<i>National Power Training Institute</i>	<p>El instituto cuenta con 2 cursos para línea energizada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Live Line Maintenance Techniques up to 220KV using Hot Stick Method • Live Line Maintenance for 440 KV using Bare Hand Techniques <p>Metodología: Dan lecturas en un salón de clases para impartir conocimiento teórico y técnico. Grupos de discusión. Técnicas de autoaprendizaje como preparación de proyectos, etc. Práctica en estaciones eléctricas. Técnicas de simulación y paquetes asistidos por computadora de autoaprendizaje. (NPTI, 2005)</p>

	USA, Missouri	<i>TECT, Inc. Technical Electrical Consulting and Training.</i>	<p>En esta compañía son especialistas en Mantenimiento a Línea Viva. Ofrece una variedad de cursos, entre los cuales se incluye mantenimiento a línea viva.</p> <p>Metodología: No especifica el método utilizado para impartir los cursos. (TECT, 2005)</p>
	USA	<i>American Electric Power.</i>	<p>Esta compañía ofrece cursos para capacitación de linieros. Cuentan con instalaciones especiales para impartir los cursos.</p> <p>Metodología: No especifica el método utilizado para impartir los cursos. (AEP, 2005)</p>
	USA, San Diego	<i>Cooperative Services Alliance.</i>	<p>Esta compañía ofrece cursos en línea en las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento a trabajador del sector eléctrico. • Seguridad ocupacional <p>Metodología: No especifica el método utilizado para impartir los cursos. (CSA, 2005)</p>
	USA, California	<i>LATTC Los Angeles Trade Tech College</i>	<p>El colegio imparte tres cursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Electrical Lineman Apprenticeship I</i> • <i>Electrical Lineman Apprenticeship II</i> • <i>Electrical Lineman Apprenticeship III</i> <p>Metodología: El curso consta de 5 horas de lectura y 2 horas de laboratorio. (LATTC, 2005)</p>
América	USA, Idaho	<i>Northwest Lineman College.</i>	<p>Entrenamiento académico: Las clases requeridas para un curso completo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas eléctricos básicos • Transformadores • Electricidad básica • Equipo y trabajo en líneas • Equipo y línea básicos • Planeación del trabajo <p>Metodología: El programa consta aproximadamente de un total de 550 horas. En las clases es necesario utilizar un manual de entrenamiento. (NLC, 2006)</p>
	USA, Georgia	<i>Southeast Lineman Training Center</i>	<p>Las clases que se imparten para el entrenamiento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas eléctricos básicos • Transformadores • Electricidad básica • Protección personal • Matemáticas básicas • Estrategias y planeación de la carrera

No provee información	No provee información	<i>Employee Self Service</i>	Esta empresa ofrece un curso de dos semanas para mantenimiento a línea viva. Metodología: Está formado por clases en un salón y práctica en campo.
-----------------------	-----------------------	------------------------------	--

De las instituciones mencionadas en la tabla anterior, la mayoría utiliza un método tradicional de enseñanza, el cual consta de horas de clase y algún libro o manual como guía. Sin embargo, de todas ellas, ninguna especifica utilizar Realidad Virtual para dar dicha capacitación.

Existen sistemas de realidad virtual para capacitación pero de otras áreas del sector eléctrico, es decir, no enfocadas específicamente a capacitación en mantenimiento a líneas vivas. Más adelante, en este capítulo, se mencionarán algunos de estos sistemas.

Otras formas de mantenimiento

Otra forma de dar mantenimiento a Línea Viva, ha sido con el uso de sistemas de robots de mantenimiento. En particular, compañías del sector eléctrico de Japón, España y Estados Unidos de América han desarrollado acercamientos teleoperados y semi autónomos para este problema.

Uno de los primeros sistemas desarrollados fue el TOMCAT (*Teleoperator for Operations, Maintenance, and Construction using Advanced Technology*) (**Figura 3.6**), desarrollado como parte de un programa en el *Electric Power Research Institute*, Palo Alto, California (Parker, 1998).

Este robot realiza mantenimiento en líneas de transmisión de alto voltaje, sin exponer al personal a correr riesgos de electrocutarse. El robot es manipulado y supervisado por personal, y cuenta con cámaras, pantallas de televisión y controles para su manejo.

Otro sistema robótico fue desarrollado por *Kyushu Electric Power Co.* (Parker, 1998), en Fukuoka, Japón. La configuración esquemática de este sistema con dos brazos se puede ver en la **Figura 3.7**. Utiliza sensores láser para poder tomar la posición de control del robot. La persona trabaja desde una estación de control que se encuentra en el camión, y así se eliminan también riesgos de algún accidente o caídas.

Otro trabajo relacionado en esta área es el sistema teleoperado ROBTET (**Figura 3.8**), para mantenimiento a línea viva, desarrollado por investigadores en España. Consta de dos robots, un mástil auxiliar y varias cámaras, encontrándose todo ello sobre una plataforma en el extremo superior de un brazo. Estos elementos son dirigidos por un operador desde una cabina que está en un camión (ROBTET, 1995).



Figura 3. 6 Robot TOMCAT.

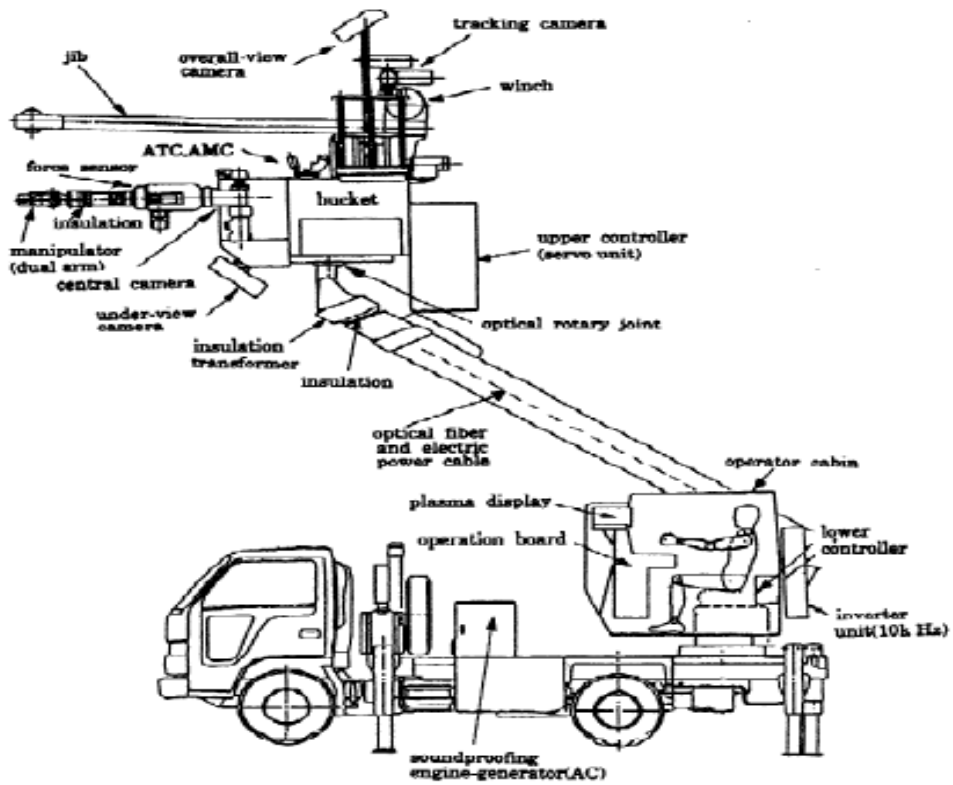


Figura 3. 7 Robot con dos brazos para dar mantenimiento a línea viva.

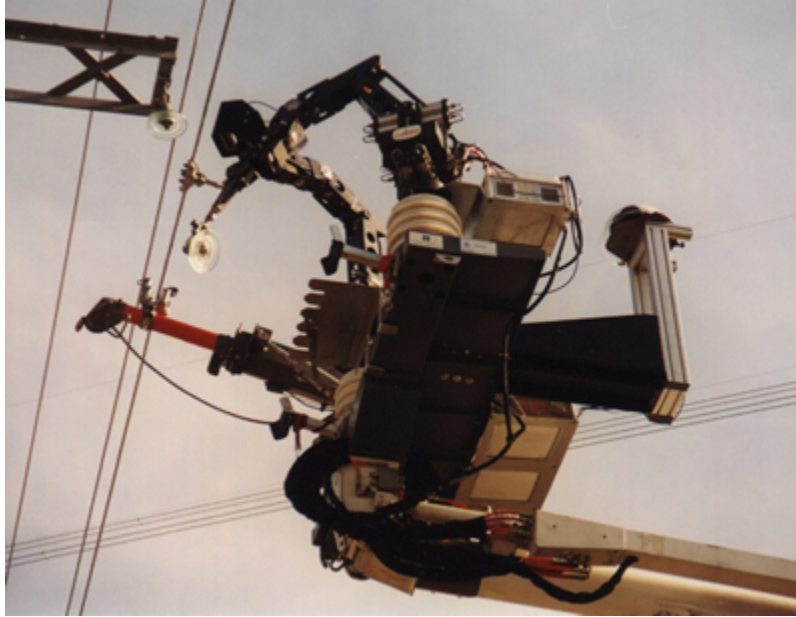


Figura 3. 8 *ROBot para Trabajos En Tensión.*

3.3 Capacitación usando RV

Aplicaciones de RV en el sector eléctrico a nivel mundial

Debido a que no se encontró algún sistema en RV para mantenimiento a líneas vivas, se realizó una búsqueda de información acerca de aplicaciones en RV aplicadas al sector eléctrico, de tal modo que dicha revisión incluyera a instituciones en diferentes partes del mundo. De la gama de aplicaciones disponibles en las diversas fuentes consultadas y analizadas, las aplicaciones identificadas se clasificaron como se muestra en la **Tabla 3.2**. En esta tabla se mencionan algunas de las compañías más importantes en el desarrollo de aplicaciones en Realidad Virtual.

Tabla 3. 2 *Simuladores de RV en el mundo orientados al sector eléctrico.*

CONTINENTE	PAIS	AUTORIDAD	APLICACIÓN
------------	------	-----------	------------

América	Canadá	L-3 Communications MAPPS Inc. (Antes CAE)	- Simuladores de entrenamiento táctil y retroalimentación (L3_MAPPS, 2005)
	Estados Unidos	5DT, Illinois	- Simulador de entrenamiento para la inspección de líneas de alto voltaje. - Simulador de entrenamiento en patios de alto voltaje (5DT, 2005)
		Encorp, Windsor Colorado	- Monitoreo virtual de generación de energía en sitios remotos, sector energía - Monitoreo y control de operación de centrales virtuales, sector energía (ENCORP, 2005)
		Klichitat Energy Services	- Exploración virtual dentro de una planta generadora de electricidad, sector energía
		Universidad de Carolina del Norte	- Modelo de una central eléctrica, sector energía
		Universidad del Sur de California	- Entrenamiento experto en ambientes virtuales
	México	Instituto de Investigaciones Eléctricas	- Prototipo de torres de transmisión y distribución, en 3D y navegación - Prototipo de un tablero de control virtual de un simulador. - Diseño de un tutorial complemento al simulador para entrenamiento de patiero en plantas generadoras de electricidad. - Curso de Válvulas Tipo compuerta
	Brazil	Universidad de Paraiba	- Instrumentación virtual para medición de corrientes, voltajes y parámetros asociados en el área eléctrica

Europa	Inglaterra	Virtalis	- Diseño de prototipo de cuarto de control de una central utilizando RV, sector energía - Desarrollo de simuladores para la industria de la ingeniería eléctrica, mecánica y química. (Virtalis, 2005)
	España	Iberdrola	- Una aplicación de RV en el entrenamiento de operación de una subestación eléctrica - Subestación para operarios de subestaciones de energía eléctrica (Labein, 2005)
		Tecnatom	- SIMU2: Simulación virtual para planificación de intervenciones en entornos radiactivos. - Modelado de salas de control para incorporarlas en ambientes de Realidad Virtual - Simulador PWR - Simulador BWR (Tecnatom, 2005)
	Alemania	Siemens	- Visita de una planta virtual con la tecnología corporativa de Siemens en Munich, las fábricas enteras están a solo un clic de distancia. (Siemens, 2005)
		Fraunhofer	- Diferentes Aplicaciones
	Noruega	IFE	- Cuarto de Control Conceptual de Amoco ValHall - Mantenimiento de Instalaciones Nucleares - Desarrollo de Sistemas de RV para ambientes radioactivos que requieren cálculos para JNC Japón (IFE, 2005)
	Suiza	Ascom	- Proceso industrial y diseño de producto (Ascom, 2005)
	Italia	ZEM	- Unión Europea Industrial del entrenamiento de personal
	Reino Unido	BNFL	- Control del proceso industrial y supervisión de la unión europea (BNFL, 2005)
	Francia	* CS-SI	- Diferentes aplicaciones
Finlandia	* Delfoy Oy	- Diferentes aplicaciones	
Asia	Japón	Mitsubishi Heavy Industries	- Diseño de un simulador de planta para entrenamiento basado en RV, sector energía (Mitsubishi, 2005)
	Taiwan	Universidad Nacional de Taiwan	- Diseño de un laboratorio virtual para la enseñanza de experimentos relacionados con maquinaria eléctrica
Oceanía	Australia	Powerlink	- Red de visualización de Powerlink con tecnología de Realidad Virtual - Maudsland al proyecto de Molendinar (Powerlink, 2005)

De los simuladores mencionados en la tabla anterior, quizá el más cercano al sistema ALEn^{3D} es el “Simulador de entrenamiento para la inspección de líneas de alto voltaje”, que se encuentra en Estados Unidos, realizado por 5DT. Sin embargo, en toda la búsqueda realizada, no se encontró algún sistema de realidad virtual que diera capacitación en mantenimiento de línea viva. A continuación se describirá el simulador mencionado anteriormente:

Simuladores de entrenamiento para la inspección de líneas de alto voltaje

5DT (Tecnologías de Quinta Dimensión) es una compañía de alta tecnología especializada en Realidad Virtual (VR). Desarrollan productos y distribuyen *hardware*, *software* y sistemas de Realidad Virtual, simuladores de entrenamiento y periféricos. Así mismo desarrollan productos de acuerdo a las necesidades de los clientes. (5DT, 2005)

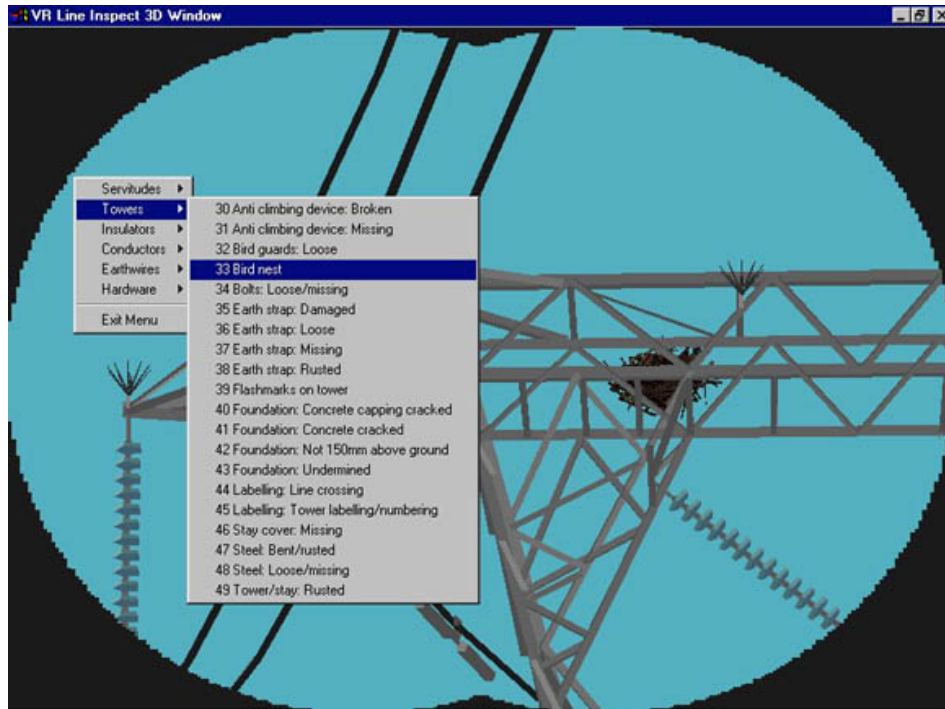


Figura 3.9 Información que el usuario puede elegir en un entrenamiento (Tomado de 5dt, 2005)

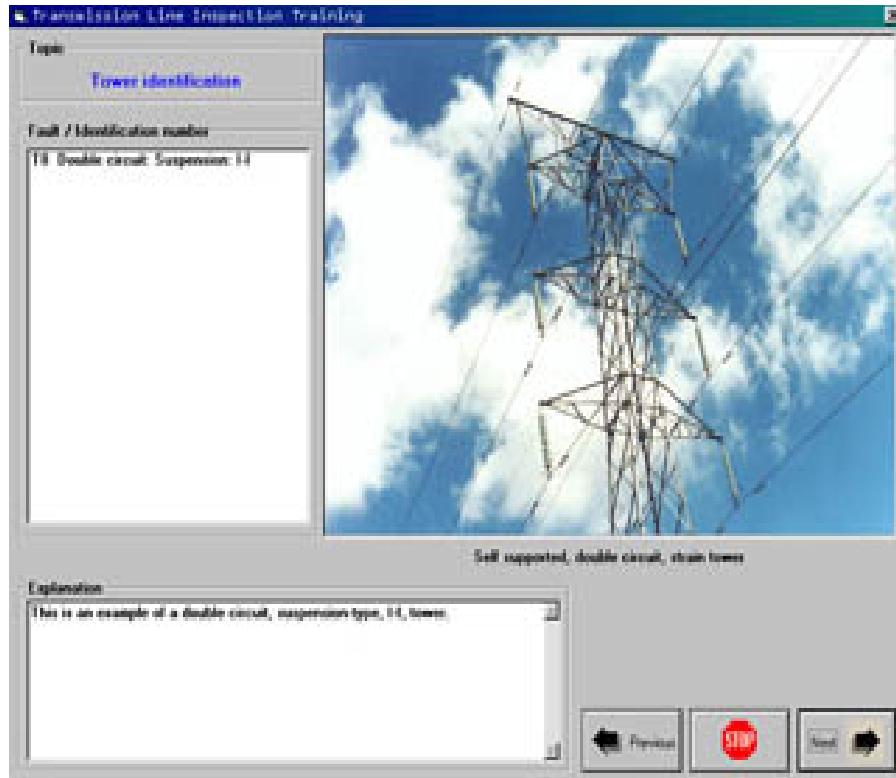


Figura 3. 10 Modelos de las torres de transmisión de un simulador de entrenamiento (Tomado de 5dt, 2005)

Este simulador de entrenamiento permite al aprendiz inspeccionar líneas de transmisión virtual, realizando al mismo tiempo diferentes acciones sobre las mismas como se muestra en la **Figura 3.9**. Todas las partes de la línea de transmisión y del modelo de la torre están correctamente modeladas incluyendo hasta las partes más pequeñas. Como parte del inicio de este entrenamiento, la computadora selecciona un conjunto de partes y realiza el montaje necesario en las torres y líneas.

La persona que recibe el entrenamiento puede de esta forma inspeccionar esas torres, así puede identificar y conocer cada una de las partes al mismo tiempo que se encuentra en conexión constante con una base de datos como se puede observar en la **Figura 3.10**.

El simulador de entrenamiento para la inspección de líneas de alto voltaje puede ser operado en uno de los siguientes modos:

a) Realidad Virtual Inmersiva:

El aprendiz observa el entorno con un Casco (*Head Mounted Display HMD*) y navega a través del mundo virtual con lo que se tiene lo que podría llamarse un control del espacio. El control del espacio es similar al movimiento de una palanca sólo que no tiene una base.

b) Realidad Virtual de Escritorio o no inmersiva:

El aprendiz visualiza el ambiente en una computadora normal y navega a través del mundo virtual a través de un ratón o una palanca (*Joystick*).

- Los principales beneficios:
 - a) Permite un aprendizaje completo del entorno
 - b) Facilita el conocimiento de todo el equipo y material con el que el usuario estará en contacto
 - c) Simula situaciones de riesgo evitando costos humanos y económicos
 - d) Los simuladores pueden usarse tanto en máquinas usadas comúnmente como en equipos más novedosos integrando *hardware* de Realidad Virtual.

3.4 Resumen

Al realizar la búsqueda para encontrar sistemas en realidad virtual que ofrecieran capacitación para mantenimiento a línea viva, no se encontró ninguno con estas características. Lo que se encontró fueron cursos que se imparten en una forma tradicional, es decir, con horas de clase y algún tipo de material didáctico en el que se apoye el instructor del curso. Sin embargo, ninguno de estos materiales utiliza RV para la capacitación.

Por otro lado, se realizó una búsqueda de aplicaciones o simuladores en RV enfocados al sector eléctrico, es decir, sistemas que sirvieran para dar capacitación aplicada al sector eléctrico a nivel mundial. De las aplicaciones encontradas, quizá sólo una es la más cercana al sistema ALEn^{3D}, la cual se describió anteriormente.

Por lo anterior, se puede decir que el sistema ALEn^{3D}, es un sistema innovador en el área de capacitación para mantenimiento a línea viva, pues utiliza la realidad virtual como parte fundamental para la enseñanza.

Capítulo 4

Análisis y diseño

Como se mencionó en el capítulo anterior, CFE desarrolló un sistema llamado CAMMED como ayuda a la capacitación de linieros. Este sistema está basado en videos que van relatando cada paso de la maniobra, mientras que el usuario puede observar lo grabado en el video. Dicho sistema cuenta con 41 maniobras.

Una maniobra consta de una serie de pasos determinados para cumplir un objetivo, el cual permite dar mantenimiento correctivo o preventivo a un poste con línea energizada. En el desarrollo de esta tesis, nos centraremos en la elaboración de una maniobra elegida al azar de las 41 maniobras disponibles.

En este capítulo se realiza el análisis completo de la maniobra “Cambio de una cadena de aisladores en estructura RD30 con plataforma”, la cual es una de las 41 que incluye el sistema CAMMED. Dicha maniobra será descrita más adelante.

El desarrollo del sistema ALEn^{3D} se realizó siguiendo el modelo de ciclo de vida clásico de un sistema, el cual va desde su planeación hasta el mantenimiento del mismo. (Pressman, 1993) También en este capítulo se encuentra el diseño de la interfaz que tiene el sistema. Dicho diseño incluye el prototipo en papel realizado para las pantallas, los diagramas de flujo y el diseño de la base de datos.

Cabe señalar, que una vez que se realizaron los análisis de usabilidad, el diseño tanto del sistema, como de la interfaz y de la base de datos, sufrieron algunos cambios. Todos estos cambios están asentados en el capítulo 6, donde se podrán ver los resultados de los análisis, los cambios y mejoras hechas al sistema.

4.1 Análisis de tareas de la maniobra

Con el desarrollo realizado por CFE del sistema CAMMED, se hizo en gran parte el análisis de tareas. Las maniobras y sus pasos serán tomados como base para este trabajo y para el desarrollo del sistema ALEn^{3D}.

El sistema CAMMED divide las maniobras en pasos que el usuario deberá realizar para lograr el objetivo. Una maniobra es una serie de pasos consecutivos que le indican al trabajador como llevar a cabo un mantenimiento para líneas vivas, ya sea correctivo o preventivo.

Se cuenta con un total de 41 maniobras, las cuales se dividen en: maniobras con canastilla (se realizan utilizando la canastilla del camión), maniobras con plataforma (se realizan utilizando una plataforma) y maniobras especiales (son maniobras de rescate).

La maniobra “Cambio de una cadena de aisladores en estructura RD30 con plataforma” consta de una serie de 50 pasos consecutivos. En esta sección veremos el análisis de tareas, que son dichos pasos de la maniobra.

Hay varios tipos de estructuras, y son nombradas según la forma en que estén armadas. La estructura en la que se trabajará para realizar el cambio de los aisladores es una estructura RD30 (**Figura 4.1**). En general, los pasos para realizar esta maniobra llevan a cubrir toda la estructura con material aislador para evitar alguna descarga, después hacer el cambio del aislador y finalmente retirar todas las protecciones con las que se cubrió la estructura.



Figura 4. 1 Estructura RD30.

Antes de realizar todos estos pasos, los linieros tendrán que hacer una planeación de la maniobra así como una selección del material (tipos y cantidades) que será necesario utilizar para realizar la maniobra, a fin de llevarlo al lugar de trabajo. Este material está dividido en cuatro categorías que son: Equipo de Línea Viva, Herramientas, Materiales y Equipo de Seguridad.

Los pasos consecutivos que se deberán seguir son los siguientes:

1. Traslado al punto de trabajo (en caso de existir equipo de protección instalado en la vía pública y no controlados por el operador ciudad, se deberá pasar a bloquear sus recierres del equipo incluyendo el interruptor del circuito solicitando antes al operador y dejando un aviso preventivo de “Peligro no operar”).
2. Revisión de estructuras adyacentes así como la que se va a trabajar verificando amarres, aislamiento, verticalidad y empotramiento a fin de detectar condiciones inseguras.
3. Acordonar el área de trabajo con conos reflejantes y/o cinta indicadora de peligro.
4. Realizar prueba de campo a guantes dieléctricos y mangas dieléctricas.
5. Solicitar licencia para trabajar en línea viva al operador ciudad especificando claramente los trabajos a desarrollar, el número y tipo de estructura así como su ubicación.
6. El liniero se calza de guantes de piel, se coloca su bandola y la polea aislante con soga mandadera asegura sus maneas al poste y cuidadosamente procede a ascender.
7. El liniero de piso instala montura manopla al poste.
8. El liniero se embandola e instala estrobo y soga mandadera al poste.
9. Con la ayuda del liniero de piso, se procede a subir el equipo. Se cubre la red de baja tensión con mantas lisas. Y el liniero enreda su mandadera y sigue su ascenso.
10. El liniero instala estrobo y soga mandadera en el poste.
11. Se protege la retenida.
12. Con la ayuda de la pértiga escopeta, se instala soga mandadera en la cruceta y se asegura.
13. Se instalan protectores de aislador de suspensión, apoyándose con la pértiga escopeta.
14. Se instala protector de línea rígido acoplándolo al protector de aislador.
15. Con la ayuda del liniero de piso se sube la plataforma cuidadosamente y se instala.
16. El liniero se embandola y procede a subir cuidadosamente a la plataforma.
17. El liniero, se calza de mangas y guantes dieléctricos.
18. Se instala protector de poste.
19. Se cubren puntos de referencia a tierra.
20. Se protege la base de la plataforma con manta ranurada.
21. Se instala estrobo en la cruceta.
22. Se instala bastón de tensión.
23. Se protegen puntos de referencia a tierra.
24. Se instala una manta lisa sobre el protector de línea y se recorre el protector para instalar el tensor y se protege.
25. Se tensiona la línea.
26. Se retira protector de aislador y se cubre con manta lisa.
27. Se amarra la línea al montacargas.
28. Se descubre el aislador de suspensión dañado para ser retirado y cambiado por uno nuevo.

29. Se retira el amarre de la línea y se cubre.
30. Se procede a aflojar el montacargas.
31. Se retira el bastón de tensión.
32. Se remueve la manta del aislador para instalar el protector de aislador rígido y posteriormente se retira la manta.
33. Se retira el tensor, se recorre el protector de línea acoplándolo al protector de aislador y se retira la manta lisa, siguiendo el mismo procedimiento para las demás fases.
34. Se retiran puntos de referencia a tierra.
35. Se retira estrobo.
36. Nuevamente se retira punto de referencia a tierra.
37. Se retira el protector de poste.
38. Se retira manta de la base de la plataforma.
39. Se retiran protectores de poste.
40. El liniero, se sienta en la plataforma y se descalza de guantes y mangas dieléctricas.
41. El liniero se baja al poste cuidadosamente haciendo uso de sus maneados y se embandola.
42. El liniero asegura la plataforma con la soga mandadera, la afloja para ser retirada y la baja cuidadosamente con ayuda del liniero de piso.
43. Se retiran protectores de línea con la pértiga escopeta.
44. Se retiran protectores de aislador rígido.
45. Se retira protector de retenida.
46. Apoyándose con la pértiga escopeta se retira la soga mandadera de la cruceta.
47. El liniero de piso, retira la montura manopla.
48. Se retira la manta lisa de la red de baja tensión y la soga mandadera del poste.
49. Se revisa que los trabajos hayan quedado debidamente realizados, de acuerdo a lo planeado.
50. Se retira la licencia en vivo.

Las siguientes imágenes muestran la forma en que se realizan algunos de los pasos de la maniobra:



Figura 4. 2 *Instalación de protectores de aislador (paso 13).*



Figura 4. 4 *Instalación de plataforma (paso 15).*



Figura 4. 3 *Instalación de protectores de línea (paso 14).*



Figura 4. 5 *Cubrir puntos de referencia a tierra (paso 19).*



Figura 4. 6 *Instalar tensor (paso24).*



Figura 4. 7 *Cambio de aislador (paso 28).*

Con estos pasos queda completada la maniobra. Cabe mencionar que hasta antes del paso 28 se prepara toda la estructura para poder trabajar; en el paso 28 se cumple el objetivo de la maniobra que es cambiar el aislador y los pasos posteriores son para retirar todo lo que se ha colocado en los primeros pasos.

4.2 Análisis de requerimientos

El sistema de Capacitación para linieros que se desarrolló debe permitir que el usuario pueda practicar cada maniobra las veces que le sea necesario para aprender bien la secuencia de pasos de cada una, así como, una vez aprendida, realizar una evaluación del desempeño del usuario. Así que el sistema debe contar con 3 modos: Aprendizaje, Práctica y Evaluación.

- a) En el modo Aprendizaje, el usuario debe ser guiado por el sistema para completar cada paso requerido en una maniobra, interactuando siempre el usuario para un mejor aprendizaje.
- b) En el modo Práctica se espera que el usuario logre ser capaz de realizar cada paso de una maniobra sin ayuda del sistema, esto a través de practicar cada paso las veces que sea necesario, pudiendo saltar entre los pasos que desee para la práctica.
- c) En el modo Evaluación el usuario deberá completar una maniobra por si mismo, es decir, el sistema no le dará ninguna ayuda y además se van a ir registrando los errores que cometa en una base de datos; el usuario no puede saltar de paso ni salir de la evaluación hasta que complete la maniobra ya que si no lo hace, deberá empezarla nuevamente.

A continuación se mencionan los requerimientos del sistema, que incluyen lo que el sistema debe realizar en casos particulares. Éstos permitieron después el desarrollo del sistema. También, de acuerdo a dichos requerimientos se desarrolló un diseño de la interfaz mediante un prototipo en papel.

Requerimiento:

R01. Autenticación.

Se requiere que el usuario ingrese un Nombre de Usuario y una Contraseña para poder acceder al sistema.

R02. Autenticación errónea.

En caso de ser inválidos el Nombre de Usuario o Contraseña, el sistema debe indicar lo sucedido y proporcionar una nueva oportunidad de ingresar al sistema.

R03. Datos del usuario.

Una vez iniciada la sesión, el sistema debe mostrar los datos personales del usuario, como son: Nombre (nombre completo del usuario), Última fecha de acceso (fecha en que accedió al sistema por última vez), Última maniobra visitada (nombre de la maniobra a la que accedió por última vez), Maniobras aprobadas (número de maniobras completadas del total de maniobras). Los datos a mostrar deben ser obtenidos de una base de datos que los contenga.

R04. Menú principal.

El sistema debe contar con las opciones de ingresar a alguno de los diferentes modos a utilizar. Los modos con los que se cuenta son:

- Modo Aprendizaje: en este modo el usuario puede aprender a través de la explicación y muestra que el sistema le ofrece.
- Modo Práctica: en este modo, el usuario puede practicar paso a paso la maniobra que ya haya estudiado previamente en el Modo Aprendizaje.
- Modo Evaluación: en este modo, el usuario entra a una evaluación que le realiza el sistema paso a paso acerca de la maniobra aprendida.
- Catálogo de Equipo: el catálogo de equipo debe contener todos los equipos con los que se cuenta para realizar las maniobras, así como una explicación de ellos.
- Emisión de Reportes: el resumen de reportes debe extender un reporte acerca del desempeño de un usuario.

R05. Elección de maniobra.

Si es seleccionado el Modo Aprendizaje, el Modo Práctica o el Modo Evaluación, el sistema debe dar la opción de escoger una maniobra de entre los diferentes tipos que hay, ya sean maniobras con canastilla, con plataforma o especiales. En los diagramas que se encuentran en el **Anexo C**, se muestran los flujos de datos para el Modo Aprendizaje, Modo Práctica y Modo Evaluación.

R06. Elección de materiales.

Al haber seleccionado una maniobra, se deben escoger entre las diferentes categorías los materiales y equipo que se van a utilizar para realizarla. Dependiendo del Modo en que se encuentre el usuario (Aprendizaje, Práctica o Evaluación), la forma en que se selecciona el material va a ir cambiando, es decir, en el Modo Aprendizaje el sistema va a mostrar al usuario qué materiales debe seleccionar; en el Modo Práctica el sistema solamente va a dar una retroalimentación al usuario para indicarle si es correcto lo que está haciendo o no. En el Modo Evaluación, el sistema va a registrar todos los fallos del usuario.

R07. Impresión de lista de materiales.

El sistema debe dar la opción de imprimir la lista de materiales para que le sea más fácil al usuario recordarlos en el momento de estar en la enseñanza de una maniobra.

R08. Explicación de la maniobra.

Una vez seleccionado el material que se va a utilizar en la maniobra, dentro del Modo Aprendizaje, el sistema debe ir explicando paso a paso cada acción a realizar, así como mostrando por medio de modelos en 3D, manipulables por el usuario, la ilustración del paso. En el caso del Modo Práctica y Evaluación el usuario debe contar con retroalimentación por parte del sistema y con un área para manipular los modelos 3D.

R09. Ayuda.

El sistema debe contar con una opción que le proporcione ayuda al usuario sobre la manipulación de los modelos 3D.

R10. Cambio de paso en la maniobra.

El sistema debe permitir al usuario cambiar al paso que desee practicar, así como tener las herramientas de la maniobra disponibles. En el caso de estar en el Modo Evaluación, el usuario no puede cambiar de paso; sólo habiendo ejecutado correctamente el anterior podrá ir al siguiente paso.

R11. Cambio de modo de la maniobra.

Al estar en el modo aprendizaje, el usuario puede ir al modo práctica dentro de la misma maniobra y viceversa. En el caso del modo Evaluación, el usuario no puede salir hasta que haya completado los pasos de la maniobra.

R12. Cambio de maniobra.

Si el usuario desea cambiar de maniobra dentro del mismo modo (Aprendizaje o Práctica), debe volver al menú de selección de maniobra para elegir la deseada y hacer el cambio.

R13. Cambio de modo y de maniobra.

En caso de querer cambiar de modo y además de maniobra, el usuario debe volver a un menú principal donde puede elegir la opción que desee.

R14. Elección de práctica.

En el Modo Práctica, el usuario puede elegir si desea practicar la selección de material o realizar los pasos de la maniobra.

R15. Evaluación de la maniobra.

El usuario puede entrar al Modo Evaluación y realizar la evaluación de una maniobra y el sistema debe registrar todos los errores que cometa, ya sea al seleccionar el material o al realizar los pasos de la misma. Al terminar la evaluación, el sistema debe mostrarle un reporte del número de fallas que tuvo. Si el usuario sale de la evaluación de la maniobra no podrá regresar al paso en que se quedó y tendrá que empezar de nuevo.

R16. Catálogo de equipo.

En el Modo de Catálogo de Equipo, el sistema debe mostrar el modelo 3D de cada uno de los equipos, así como una explicación de los mismos. El sistema debe permitir que el usuario elija el equipo que desea conocer.

R17. Emisión de reportes.

El Modo de Emisión de Reportes, debe permitir al administrador del sistema que consulte las estadísticas del uso del mismo por parte de los usuarios. La opción a imprimirlos también debe estar disponible.

4.3 Prototipo en papel

Previo al diseño del sistema, se realizó un prototipo en papel que pudiera mostrar las pantallas que cubrieran los requerimientos establecidos anteriormente, así como el flujo de funcionamiento y de datos. Dicho prototipo en papel, muestra un diseño previo de cada pantalla que aparece en el sistema.

El sistema cuenta con una pantalla de inicio para que el usuario pueda ingresar al mismo por medio de un nombre de usuario y una contraseña. También cuenta con una pantalla que muestra el menú para poder seleccionar el tipo de maniobra (con canastilla, plataforma o especial), así como la maniobra deseada. Posteriormente aparece una pantalla donde se realiza la selección de material de la maniobra seleccionada y, una vez terminada la selección de material, aparece la pantalla de trabajo, donde está la escena en 3D.

Otra de las pantallas diseñadas es la del catálogo de herramientas. En el **Anexo B** se muestra el prototipo en papel con dichas pantallas y la explicación de cada una, con la satisfacción de los requerimientos mencionados anteriormente.

4.4 Diseño global del sistema

La arquitectura general del sistema se muestra en la **Figura 4.8**, donde se puede observar la relación que existe entre los diferentes bloques del sistema. El sistema ALEn^{3D} se conforma de una interfaz y un área de visualización de escenas 3D, las cuales tienen modelos, animaciones e interacciones implícitas. Tanto la escena como la interfaz cuentan con audio para el usuario.

Para controlar los elementos que se le presentarán al usuario y acceder a la base de datos, es necesaria la lógica de navegación. Ésta sirve para determinar los elementos que deben ser presentados en la escena y la interfaz, dependiendo del modo en que se acceda. Adicionalmente, el sistema ALEn^{3D} cuenta con un subsistema de información, al cual pueden acceder los usuarios de tipo administrador para controlar altas, bajas y cambios de usuarios y maniobras.

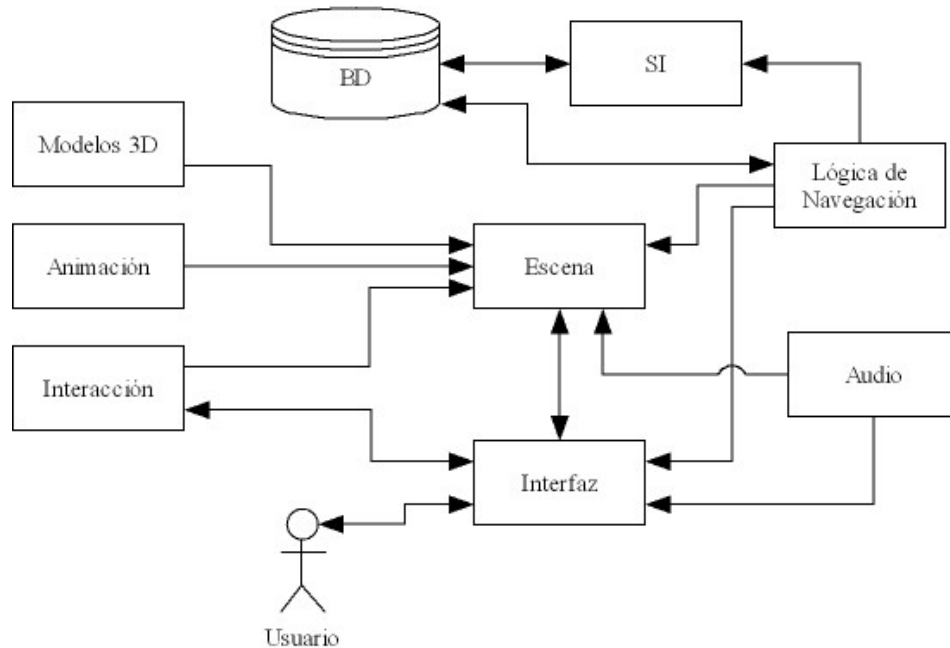


Figura 4.8 Arquitectura del Sistema ALEn^{3D}.

De acuerdo al objetivo del sistema, el usuario debe poder aprender la maniobra a realizar, por lo que el sistema cuenta con un Modo Aprendizaje. Para reforzar dicho aprendizaje, el usuario puede contar con facilidades para repasar lo aprendido en el Modo Práctica. Finalmente el usuario puede autoevaluar su aprendizaje, por ello el sistema cuenta con el Modo Evaluación.

Diagramas de Flujo

En el diseño realizado para el sistema se elaboraron diagramas del flujo de navegación, que establecen cómo el usuario puede navegar en la interfaz del sistema, y al mismo

tiempo describen la funcionalidad del sistema. La **Figura 4.9** es el diagrama del flujo principal del sistema, donde se muestran los pasos principales para cada modo. Los diagramas de flujo más específicos para el Modo Aprendizaje, para el Modo Práctica y para el Modo Evaluación se muestran en el **Anexo C**.

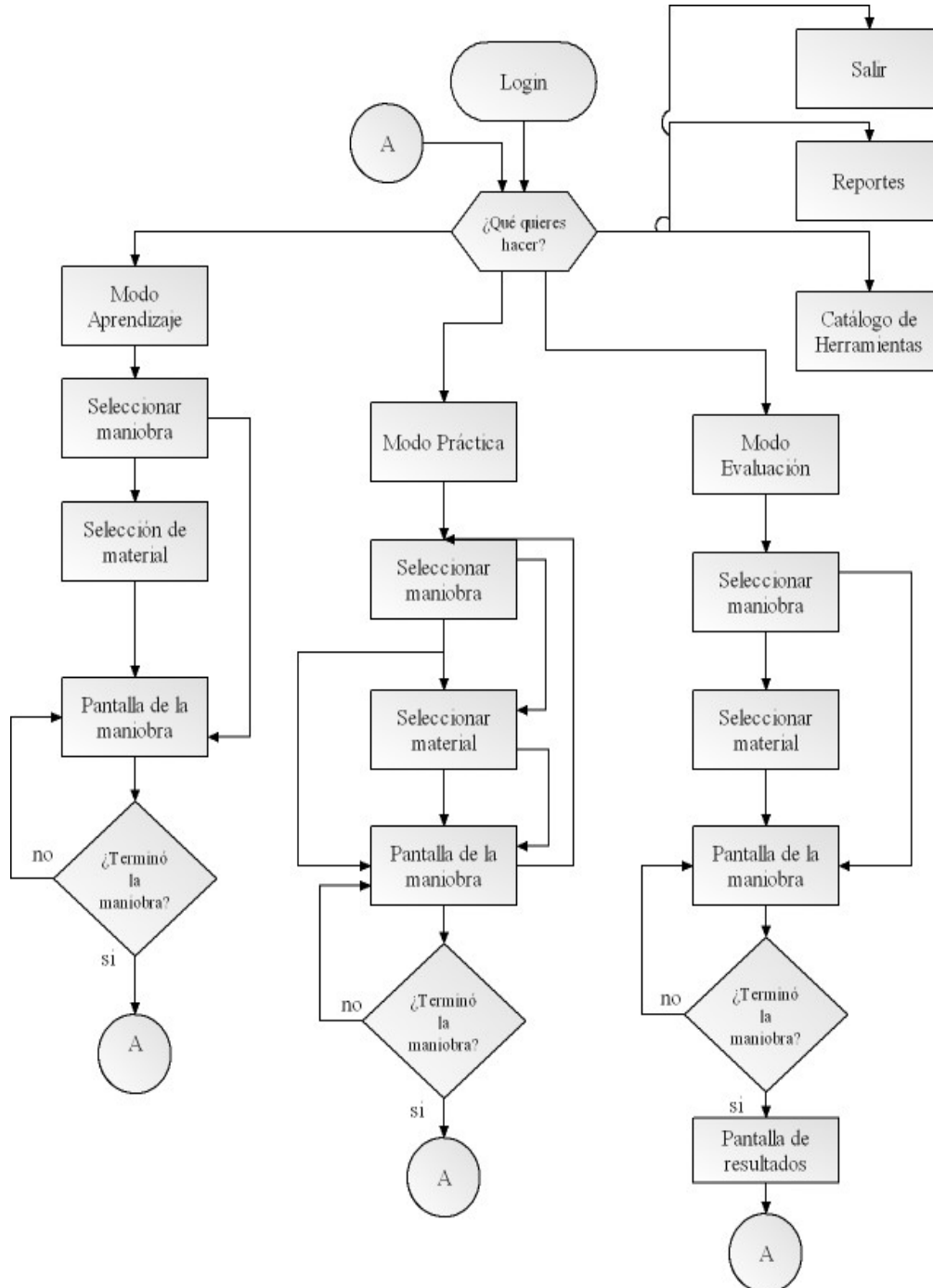


Figura 4.9 Flujo principal del sistema.

4.5 Diseño de la base de datos

Para realizar el diseño de la base de datos, primero hay que conocer las necesidades del sistema en cuanto a ella. A continuación se hará una lista de las especificaciones de la base de datos.

- **Acceso al sistema:** La autenticación del usuario en el sistema para poder ingresar a él.
 - El sistema debe permitir su uso a través de un nombre de usuario y contraseña
- **Evaluación:** Contabilizar las equivocaciones que cometa el usuario.
 - No. de equivocaciones al seleccionar materiales
 - No. de equivocaciones al realizar cada paso de una maniobra.
- **Estadísticas de progreso:** Almacenar información estadística del usuario de todas las maniobras que ha visitado.
 - No. de equivocaciones al seleccionar materiales en evaluación.
 - No. de equivocaciones al realizar los pasos de una maniobra en evaluación.
 - No. de maniobras aprobadas del total de maniobras.
 - Última maniobra visitada.
- **Administración de la base de datos:** Permite al administrador tener control del contenido del sistema.
 - Altas, Bajas y Consultas (ABC) de cada catálogo para poder actualizar la BD.
 - Importación y exportación de la BD, toda o por tabla.
- **Apoyo a la operatividad:** Proporcionar la información necesaria para realizar la maniobra.
 - Material por maniobra
 - Cantidad de material por maniobra
- **Implementación:** Obtener la información mediante la relación de tablas de la BD.
 - No violar la integridad expresada por los enlaces

La **Figura 4.10** muestra el modelo conceptual y se puede apreciar el diseño de la base de datos y las tablas con las que cuenta, así como la relación que existe entre ellas. El diseño de cada tabla de la base de datos se encuentra en el **Anexo D**. Ahí se pueden apreciar las características y los campos que contiene cada tabla.

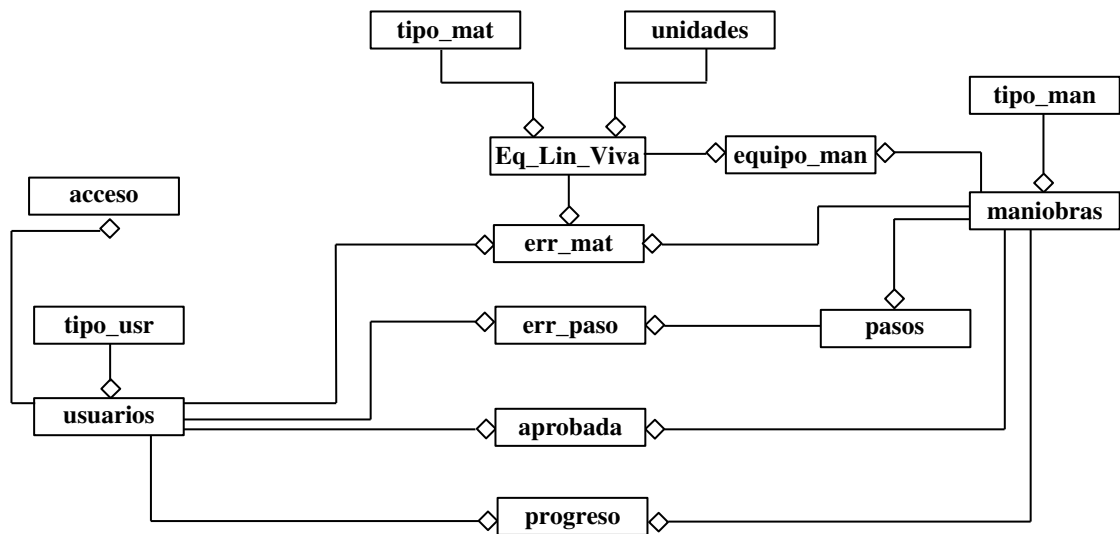


Figura 4. 10 Modelo conceptual de la BD.

4.6 Resumen

Como se pudo observar, en este capítulo se ha realizado el análisis y diseño del sistema. Se realizó un análisis para obtener las especificaciones y requerimientos del mismo y, en el prototipo en papel, ya han quedado asentadas todas las partes que deben estar presentes en el sistema.

Una vez que se obtuvo el prototipo en papel, se realizó el flujo de datos que tendrá el sistema en sus diferentes modos, que son aprendizaje, práctica y evaluación. El flujo es similar para los 3 modos; la diferencia son los permisos y retroalimentaciones que el sistema dará al usuario. Finalmente, se realizó el diseño de la base de datos.

Capítulo 5

Desarrollo del sistema

En este capítulo se describen las diferentes fases que se siguieron para el desarrollo del sistema. Esto va desde la filmación de los modelos físicos hasta la creación de la interfaz, pasando por el desarrollo de las piezas, la integración de la escena y la programación de comportamientos.

5.1 Metodología para el desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual (SRV)

Para los sistemas de Realidad Virtual que se han creado hasta ahora por el Grupo de RV del IIE, la metodología utilizada ha sido de gran utilidad. Esta metodología incluye varios puntos que representan el proceso que se sigue hasta la creación de la interfaz del sistema.

Más adelante se explica con detalle cada uno de los puntos de dicha metodología que a continuación se listan:

1. Recabar información
 - a. de los equipos u objetos a modelar (medidas, texturas, colores, etc.)
 - b. del funcionamiento y manejo de cada equipo o herramienta
2. Desarrollar los modelos 3D a escala
3. Crear la o las escenas integrando los modelos 3D
4. Animar y asignar comportamientos y sonidos
5. Desarrollar la interactividad del sistema con el usuario
 - a. Escribir un guión que indicará el comportamiento de la escena del sistema y su interactividad con el usuario.
6. Creación de la interfaz

5.1.1 Recabar información

Al iniciar el desarrollo de un sistema de RV, se deben recabar algunos datos necesarios para tener claro su funcionamiento. Personas expertas en el área (posiblemente clientes) son las que podrán proporcionar más fácilmente dichos datos o el modo de obtenerlos.

Los datos requeridos de cada modelo para el diseñador van desde las medidas de cada objeto, hasta el funcionamiento y la forma de utilizar cada uno. Algunos de los principales datos que se deben conocer, son las medidas de cada parte que conforma una pieza, la textura, el color, la forma de utilizarse (en caso de que sea necesario), qué relación tiene con los demás objetos, normas para su manejo, etc.

Para poder obtener todos estos datos, se acude al lugar donde están físicamente los objetos y, si es posible, se puede video grabar cada pieza y la explicación que ofrezca el experto acerca de ella para registrar las características relevantes del objeto. (Ver **Figura 5.1**)



Figura 5. 1 *Recopilación de información.*

5.1.2 Desarrollo de modelos 3D

Para crear una escena completa, se deben desarrollar modelos que integrarán dicha escena y posteriormente adoptar el comportamiento correspondiente al objeto real que representan. Un modelo 3D es aquella pieza que está presente dentro de la escena virtual para formar parte de otra, o bien, ser una pieza completa por sí misma. Dicho modelo representa a un equipo u objeto que corresponde a un equipo real. Lo anterior sin olvidar que un modelo 3D también puede representar a un objeto irreal.

El proceso de modelado de objetos 3D o piezas incluye varios pasos dentro de los cuales será necesario el video que fue grabado en el paso anterior. A continuación se listan los pasos:

- Determinar los objetos a modelar
- Visualizar el modelo físicamente (Filmación)
- Determinar las dimensiones reales del objeto y las partes que lo conforman (Medición)
- Documentar el funcionamiento del equipo
- Crear cada parte del modelo a escala
 - Geometría
 - Escala
 - Textura
- Unir las partes para obtener el modelo final

5.1.2.1 Determinar el objeto a modelar

Las escenas deben estar formadas por modelos 3D que representen a los elementos del mundo real, para que al usuario interactúe con una escena familiar.

Cada pieza que se utilizará en la escena, debe ser modelada en 3D para poder después unirla a las demás.

5.1.2.2 Visualizar el modelo físicamente

Es deseable visualizar el modelo a realizar físicamente para observar las características especiales de éste, como puede ser una marca, una línea, un dobléz, etc. que no se pueda apreciar en una imagen. Esto permitirá al modelador dar un acabado realista a las escenas.

En caso de que la persona que va a realizar el modelo no lo pueda tener físicamente disponible, puede acudir al lugar en que se encuentre y video grabarlo, a fin de conocer todas sus características. (Ver **Figura 5.2**)

5.1.2.3 Dimensiones reales del objeto y sus partes

Una vez que se ha visualizado el objeto, hay que identificar todas las piezas que lo conforman.

Ya que están identificadas las partes que conforman la pieza que se va a modelar, hay que obtener las dimensiones reales de la misma, es decir, tomar medidas a cada parte que tenga, por todos los lados, y de todas las características para después poder modelar cada una a escala. (Ver **Figura 5.2**)



Figura 5.2 Tomando medidas de una pieza (protector de aislador)

5.1.2.4 Documentar el funcionamiento del equipo

Ya que se ha visto el material físicamente y se han tomado las medidas y piezas correspondientes, habrá que documentar el funcionamiento del equipo. Esto ayudará a determinar el tipo de animaciones que deberán desarrollarse. Algunas piezas del objeto tienen movimientos específicos al ser utilizadas, es decir, pueden girar, apretarse, engancharse, o puede ser necesario también que se mueva una pieza para acomodar otra, etc.

Todos estos movimientos y la manera en que se coloca un objeto, la manera en que se utiliza, cómo se acopla con otros y el funcionamiento de cada uno, se deberán documentar, a fin de poder darle a cada pieza el movimiento que sea necesario.

5.1.2.5 Crear el modelo a escala

Al modelar el objeto, es necesario tomar en cuenta 3 aspectos que son la geometría de la pieza, la escala a la que se va a realizar y la textura a aplicar.

- **Geometría**

Una pieza está formada de varias figuras geométricas unidas, a las cuales se les prepara para que adquieran la misma forma que la figura real, es decir, si se desea hacer un martillo, se utiliza un cilindro al cual se le prepara para que adquiera la forma de mango y se utiliza un cubo, una esfera y líneas para hacer la cabeza, obviamente dándoles la forma necesaria.

- **Escala**

Cada una de las pequeñas piezas que se van a modelar deben estar hechas a escala, para que una vez que estén terminadas se puedan unir y embonen o encajen perfectamente con las otras. Las medidas de las piezas se obtuvieron previamente para ser utilizadas en este paso.

- **Textura**

Una vez que la pieza esté armada, se le añadirá el color o la textura necesaria a cada parte para que se vea igual que la pieza real. Éste es el toque final para que la pieza quede terminada. (Ver **Figura 5.3**)

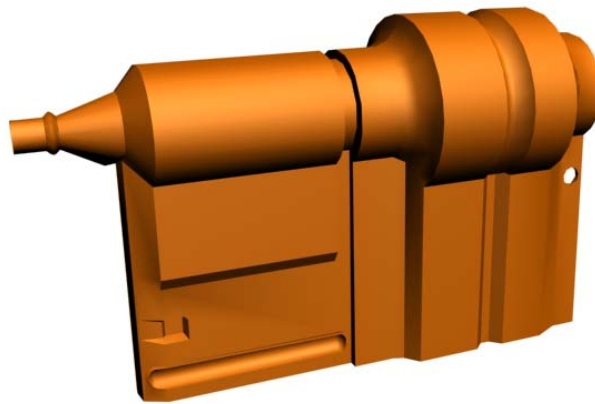


Figura 5. 3 Pieza modelada en 3D (Protector de aislador).

5.1.2.6 Unión para obtener modelo final

En caso de que el objeto que se está modelando se conforme de varias piezas, y ya que está finalizada cada pieza, éstas se unirán a las demás piezas creadas para formar un modelo completo.

Todo este proceso se deberá repetir para cada modelo que hay que realizar hasta que queden completos todos los que formarán una escena.

5.1.3 Integración de la escena

Los modelos que aparecerán en una escena ya han sido creados, sin embargo hay que acomodarlos de tal forma que formen el mundo real. Para esto, habrá que armar cada pieza que se requiera que esté presente en la escena.

Una vez que ya se tiene armado, es necesario crear un escenario, para que los modelos no queden aparentemente flotando en el aire. El diseño del escenario dependerá del lugar que se quiere simular.

El escenario puede ir desde una superficie con pavimento o pasto, un cuarto, o hasta una ciudad con edificios y calles. Para realizar cualquiera de las anteriores, se utilizan planos, es decir, rectángulos a los que se les asigna una textura, ya sea de edificio con ventanas, de calle, de banqueta, etc., y de fondo se utiliza un cielo en caso de ser necesario. En la **Figura 5.4**, se puede apreciar el modelo realizado previamente, donde al fondo aparece como escenario un edificio.

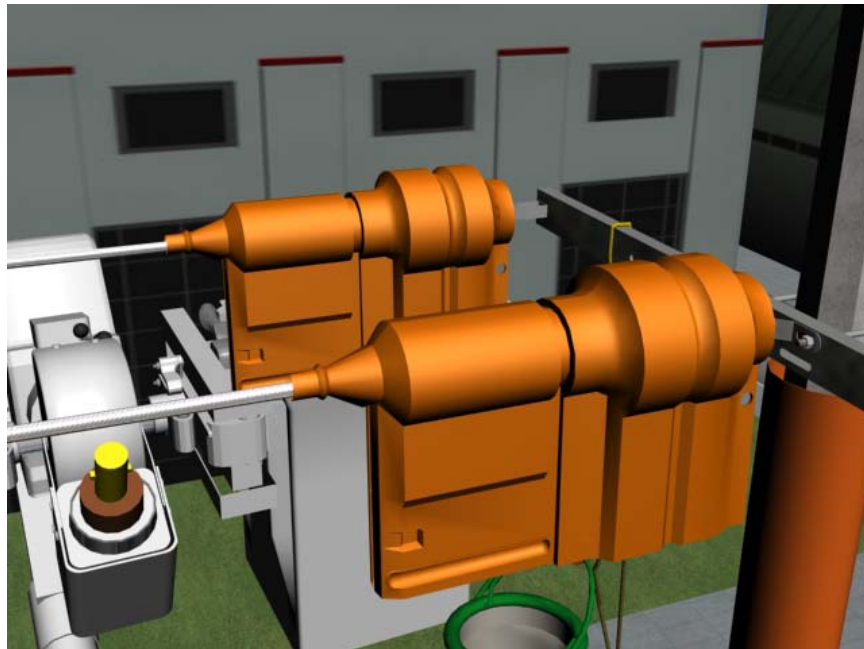


Figura 5.4 Modelos 3D en la escena.

5.1.4 Programación de comportamientos

La programación de comportamientos en una escena se desarrolla con el fin de poder darles movimientos naturales a los modelos y que así sean aún más reales.

A esta etapa en el modelo se le conoce como “animación”, ya que al darle movimientos, el objeto pasa de estar estático en la escena a moverse en coordinación con los demás objetos que la formen para poder simular su funcionamiento real.

Una vez que los modelos estén animados, se les asigna la interacción que tendrán con el usuario, como las piezas a las que se les podrá dar clic o el tiempo que se deberá tardar la animación en hacer su movimiento.

Este proceso incluye varios pasos:

- Determinar la animación que se va a realizar.
- Visualizar la secuencia de la animación.
- Dividir la secuencia en secciones a animar.
- Animación:
 - Dar tiempos y movimientos a cada pieza que se utiliza en cada sección de la secuencia.
- Interacción:
 - Asignar clics y propiedades a cada elemento en la escena.
 - Generar el archivo apropiado para el sistema.

5.1.4.1 Determinar la animación

Se deberá determinar qué parte de toda la animación se va a realizar. Las animaciones se podrán dividir por secciones o por partes según el guión que se haya desarrollado anteriormente con el fin de determinar la interacción del sistema con el usuario.

5.1.4.2 Visualizar y dividir la secuencia

Una vez determinada la animación que se realizará, se visualizará la secuencia que se tenga en video o se analizará la secuencia documentada, a fin de conocer el movimiento de rotación o traslación que deberá seguir cada objeto en la escena.

Ya que se haya visualizado la escena, se podrá dividir por secciones a animar, es decir, la parte visualizada se divide en “subpartes”, ya sea por objeto o por la acción que se realice.

5.1.4.3 Animación

La animación está basada en un principio de visión humana. Si una persona ve una serie de imágenes relacionadas en una sesión rápida, las percibirá como un movimiento continuo. Cada una de estas imágenes es llamada *frame* (3dsmax reference, 2004).

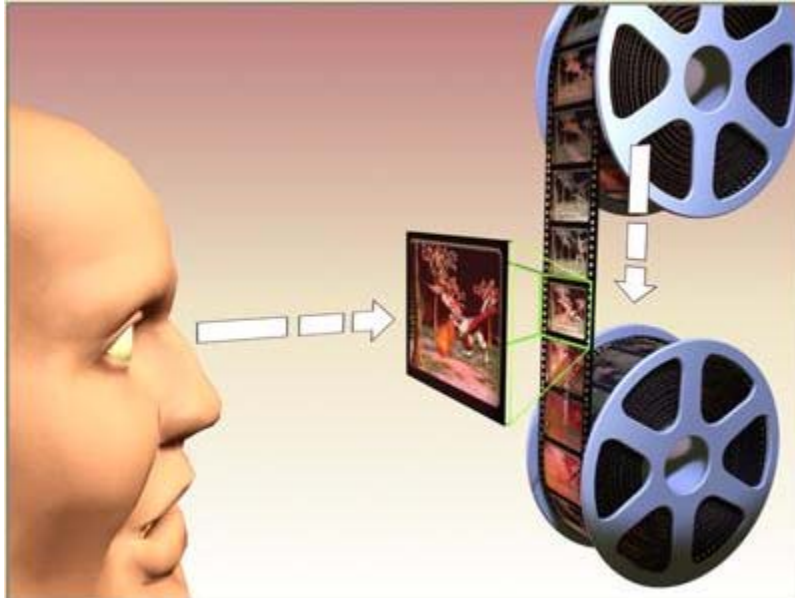


Figura 5.5 Un *frame* es una imagen sencilla en una película animada.

En el software, estos *frames* se manejan mediante una línea de tiempo, donde se va asignando el movimiento.

La animación se realiza pieza por pieza, es decir, si hay que mover un modelo, y eso implica que otro se mueva junto con él, habrá que dar animación por separado a cada uno. Las animaciones se realizan en el mismo *software* en que se crean los modelos, que es el 3DStudio Max, el cual permite realizar los movimientos requeridos para cada modelo.

Los movimientos con los que se puede animar un modelo son de traslación en los ejes “x”, “y” y “z”; de rotación sobre los mismos ejes y animación a nivel de vértices. (Ver **Figura 5.6**)

5.1.4.4 Interacción

Para hacer la escena interactiva, el usuario deberá participar de las animaciones que contenga. Para realizar esto, el usuario podrá manipular los modelos libremente o bien a base de clics, en el caso de un sistema de RV no inmersiva.

Esta interacción que ofrece el sistema, se realiza con un *software* llamado Cult 3D, el cual permite asignar los clics deseados a los modelos y también le da propiedades a cada uno.

Utilizando este *software*, la animación de la escena se puede dividir en las secciones necesarias, ya que el sistema esperará el clic por parte del usuario para continuar con la animación. También permite asignar sonidos, los cuales pueden ser sonidos distintivos para el sistema o sonidos para los modelos.

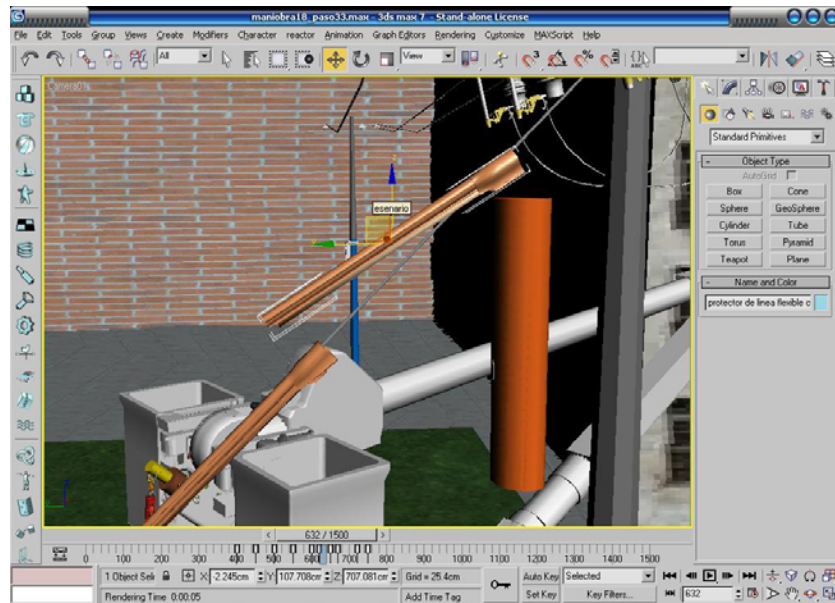


Figura 5.6 Animación de una pieza.

Las escenas se adecúan a transcurrir a una velocidad estándar, es decir, dependiendo de los *frames* utilizados a la hora de asignar los movimientos a las piezas, es que la escena va a correr. Este *software* permite manipular dicha velocidad.

Se pueden incluir también, utilizando el Cult 3D, etiquetas que aparezcan sobre cada modelo al pasar el puntero del *mouse* sobre él, a fin de que al referirse a alguna pieza, el usuario, en caso de no conocerla, pueda saber de qué pieza se está hablando. (Ver **Figura 5.7**)

5.1.5 Desarrollo de interactividad sistema-usuario

Para que quede asentada la interacción que van a tener el sistema y el usuario, se deberá realizar un guión, en el cual se especificará en qué momento se va a detener la animación para esperar alguna acción por parte del usuario. Este guión también incluirá las instrucciones y explicaciones que el sistema deberá mostrar al usuario en cada una de las partes en que se haya dividido la animación.

5.1.6 Creación de la interfaz

Una vez que se tengan listas las escenas se incluirán en una interfaz que permita manipularlas, dando instrucciones al usuario de cómo hacerlo y mostrándole las animaciones.

La interfaz se podrá realizar con el diseño que se desee, utilizando el *software* necesario para crear botones, íconos, tablas, ventanas, etc. Se deberá realizar un diseño previo de dicha interfaz donde se incluyan los requerimientos que tenga el sistema.

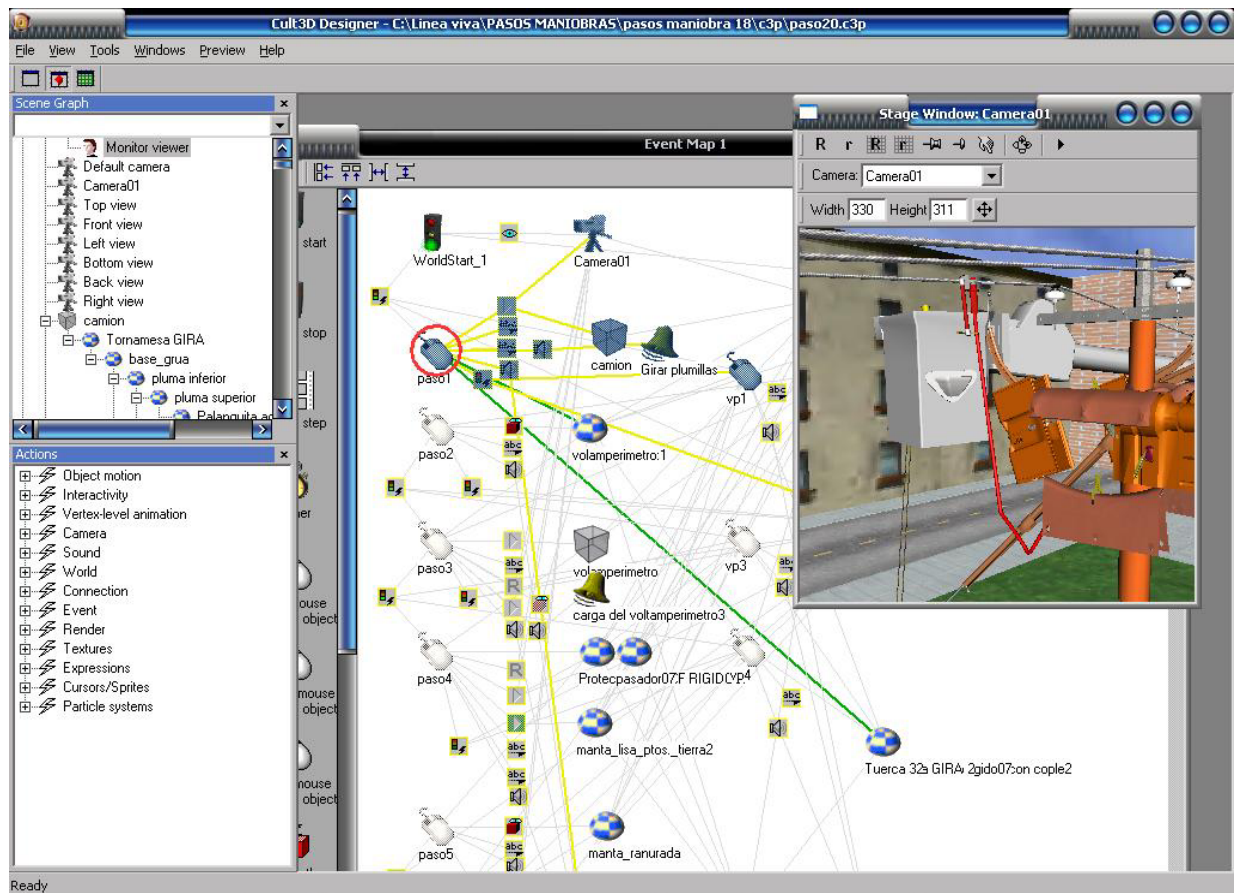


Figura 5. 7 Asignación de interacción.

5.2 Desarrollo del sistema ALEn^{3D}

El sistema ALEn^{3D} fue creado siguiendo los pasos de la metodología mencionada en la sección anterior. A continuación se describirán los pasos aplicados al sistema.

Capítulo 5

Desarrollo del sistema

En este capítulo se describen las diferentes fases que se siguieron para el desarrollo del sistema. Esto va desde la filmación de los modelos físicos hasta la creación de la interfaz, pasando por el desarrollo de las piezas, la integración de la escena y la programación de comportamientos.

5.1 Metodología para el desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual (SRV)

Para los sistemas de Realidad Virtual que se han creado hasta ahora por el Grupo de RV del IIE, la metodología utilizada ha sido de gran utilidad. Esta metodología incluye varios puntos que representan el proceso que se sigue hasta la creación de la interfaz del sistema.

Más adelante se explica con detalle cada uno de los puntos de dicha metodología que a continuación se listan:

1. Recabar información
 - a. de los equipos u objetos a modelar (medidas, texturas, colores, etc.)
 - b. del funcionamiento y manejo de cada equipo o herramienta
2. Desarrollar los modelos 3D a escala
3. Crear la o las escenas integrando los modelos 3D
4. Animar y asignar comportamientos y sonidos
5. Desarrollar la interactividad del sistema con el usuario
 - a. Escribir un guión que indicará el comportamiento de la escena del sistema y su interactividad con el usuario.
6. Creación de la interfaz

5.1.6 Creación de la interfaz

Una vez que se tengan listas las escenas se incluirán en una interfaz que permita manipularlas, dando instrucciones al usuario de cómo hacerlo y mostrándole las animaciones.

La interfaz se podrá realizar con el diseño que se desee, utilizando el *software* necesario para crear botones, íconos, tablas, ventanas, etc. Se deberá realizar un diseño previo de dicha interfaz donde se incluyan los requerimientos que tenga el sistema.

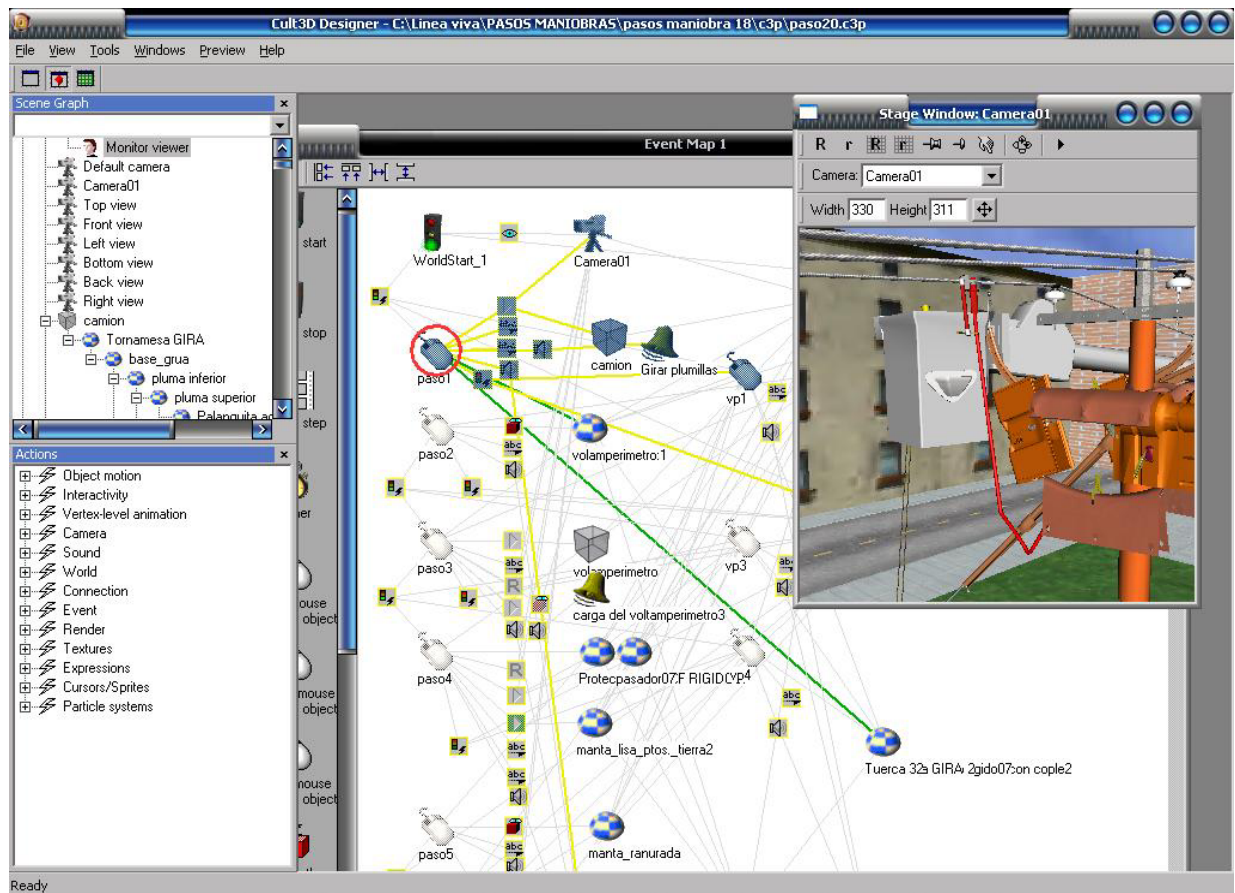


Figura 5. 7 Asignación de interacción.

5.2 Desarrollo del sistema ALEn^{3D}

El sistema ALEn^{3D} fue creado siguiendo los pasos de la metodología mencionada en la sección anterior. A continuación se describirán los pasos aplicados al sistema.

5.2.1 Recabar información

Para conocer todo el material que se tenía que modelar, se acudió al centro de entrenamiento de CFE en Córdoba, Veracruz, donde facilitaron todas las herramientas y materiales que utilizan para poder observarlos y tener así una idea más clara de lo que se va a modelar.

5.2.2 Desarrollo de modelos 3D a escala

El proceso de modelado se siguió con todos los objetos que se requerían para completar la maniobra “Cambio de una cadena de aisladores en estructura RD30 con plataforma”. La herramienta que se utiliza para el desarrollo de modelos es 3D Studio Max versión 7.0, un *software* que permite la creación de figuras 3D con el nivel de detalle deseado. Los materiales, herramientas, equipo de seguridad y equipo de línea viva que se modelaron fueron los siguientes:

Lona para Acomodar Equipo y Herramienta
Maneas de Polipropileno de Doble Gamba y Trenzado a la Pierna
Mangas de Hule Dieléctricas de la Clase Adecuada
Manta Lisa de 90 x 90 cm
Manta Ranurada de 90 x 90 cm
Martillo de Bola
Montacargas de Correa Convertible $\frac{3}{4}$ -1 1/2 Tonelada
Montura tipo Manopla
Pértiga Escopeta de 6 pies
Pértiga Eslabón en Espiral (Con Estrobo de Polipropileno)
Aisladores de Suspensión 7SVH10
Pinza para Electricista
Pinza Sujetadora
Plataforma Aislada de 4 pies (Fija)
Polea Aislante con Soga Mandadera
Protecciones de Línea Rígido
Ropa de Trabajo (Camisa y Pantalón de algodón)
Talco y Jabón Neutro
Tensor de Escuadra
Protector de Poste 1 Pie
Protector de Poste 2 Pies
Protector de Poste 4 Pies
Protector de Poste 3 Pies
Botas Dieléctricas
Casco con Barbiquejo de Seguridad
Cinta Preventiva de Color Amarillo
Cinturón y Bandola de Seguridad
Conos Preventivos de Hule 45 Cm
Cubeta para Herramientas
Cubeta Para Mantas (80 cm x 31 Cm)

Cubeta para Protectores de Línea (110 Cm x 31 cm)
Cubierta de Terminal (Protecciones de Aislador de Suspensión)
Desarmador Plano del No. 12, 10 y 6
Estrobo de Nylon
Estrobo de polipropileno (Varias Medidas)
Franela Para Limpiar Equipo de Línea Viva
Guantes de Algodón
Guantes de Hule
Guantes de Piel Protectores para Guantes
Guantes de Piel Suave para Liniero
Lentes de Seguridad (Gafas Protectoras)

Las siguientes imágenes son algunos ejemplos de las piezas que se modelaron:



Figura 5. 8 *Plataforma de 4 pies.*



Figura 5. 10 *Cadena de aisladores.*

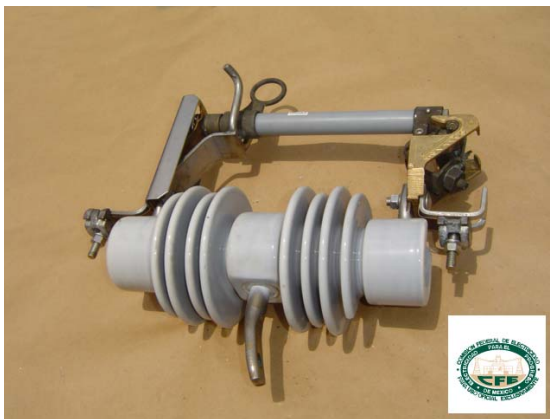


Figura 5. 9 *Cortacircuito fusible.*



Figura 5. 11 *Acoplador o cople.*

Además de éstos, se utilizaron también postes, líneas de cable, crucetas, retenidas, entre otros para armar la estructura (Ver **Figura 5.12**). El escenario se creó utilizando texturas de casas, edificios, ventanas, calles, pasto, banquetas, etc.

Un ejemplo del proceso de modelado es el siguiente:

El objeto que se va a modelar es la **Montura tipo Manopla**. La montura manopla se coloca en el poste a la altura del liniero de piso para atar la cuerda que sube la plataforma.

La **Figura 5.13** muestra la montura manopla que se visualizó físicamente y también se filmó cada parte de ella, incluyendo las medidas de cada una (alto, largo, ancho). Se conoció el funcionamiento de la misma y la forma en que se instala.

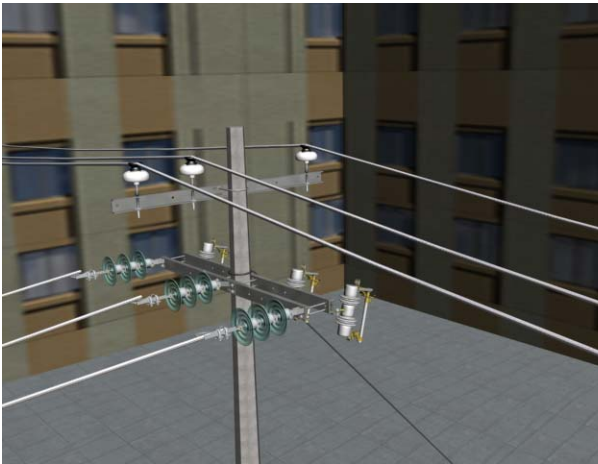


Figura 5.12 Estructura con líneas, crucetas, poste, etc.



Figura 5.13 Montura manopla.

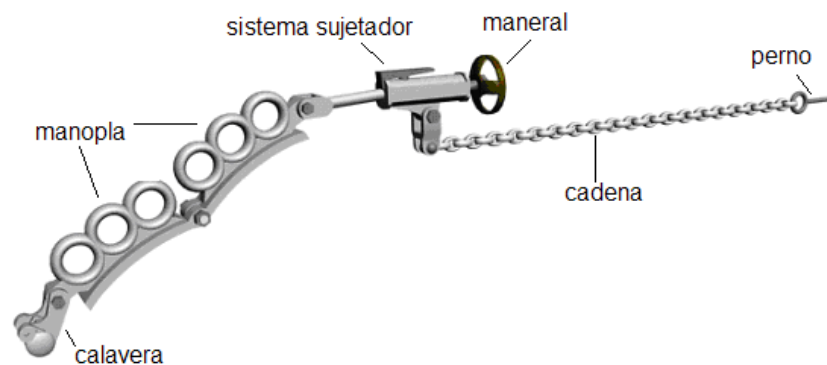


Figura 5.14 Partes de la montura manopla en 3D.

La montura manopla está formada por: la cadena, la calavera, la manopla, el perno, el maneral y el sistema sujetador, de los cuales se obtuvieron las medidas y quedaron filmadas en el video para poder realizarlas a escala.

La montura se coloca en el poste y se sujeta con la cadena. La cadena debe quedar en posición con la calavera y asegurarse con el perno. Una vez que está sujeta al poste, se debe apretar girando el maneral hasta que ya no se pueda hacerlo manualmente y entonces utilizando un desarmador se apretará hasta quedar fija.



Figura 5. 15 *Medición de la manopla de la montura.*

Para modelar la montura de la manopla, que es la que se muestra en la **Figura 5.15**, se pueden utilizar figuras llamadas “Torus”, para los círculos, cilindros, líneas gruesas y hexágonos para los tornillos, entre otras, como se muestra en la **Figura 5.16**. Como se puede observar, las piezas se van creando por separado. Ya que están creadas se les aplica la textura indicada para quedar semejantes a la pieza real.

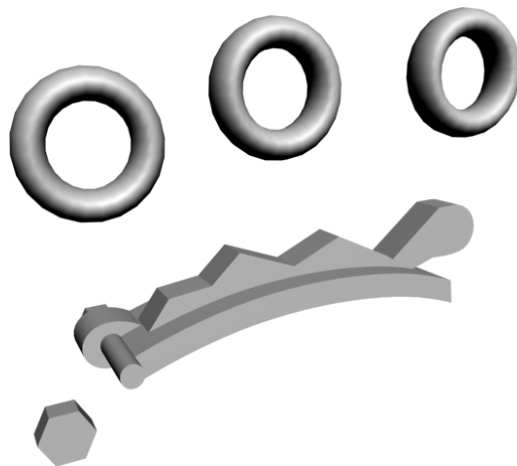


Figura 5. 16 *Modelos creados en 3D studio Max para formar la montura manopla con textura aplicada.*

Una vez que están creadas las pequeñas piezas, se unen para formar una pieza más de las partes que forman la montura manopla. La **Figura 5.17** muestra la pieza ya armada. Ésta es sólo la manopla de la montura. En la **Figura 5.18** se muestra la montura ya terminada.

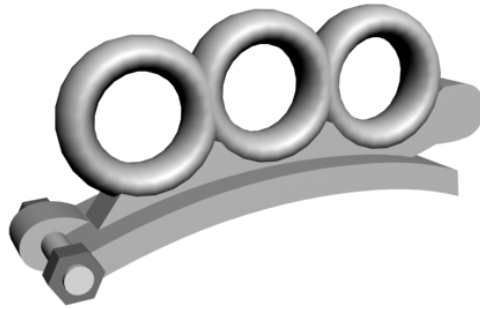


Figura 5. 17 Piezas unidas que forman la manopla.



Figura 5. 18 Montura manopla terminada.

5.2.3 Creación de la escena

Una vez que ya se tiene armada y animada una pieza, es necesario crear un escenario, a fin de poder colocar el poste en una banqueta, en una carretera o en el lugar donde se vaya a encontrar. El fondo que se ve en la **Figura 5.19** es el escenario que se construyó para la maniobra. La **Figura 5.20** muestra el escenario completo.



Figura 5. 19 Montura colocada en el poste.



Figura 5. 20 Escenario para la estructura RD30.

5.2.4 Animar y asignar comportamientos

Ya que está terminada, ahora hay que animar la montura para que se coloque en el poste, como lo indica su paso. Dicho paso tiene que ser dividido en subpasos, para poder realizarlo. Por ejemplo, los subpasos en que se divide este paso son:

1. Subir la montura para colocarla en el poste a una altura de 1.50 metros.
2. Colocar la cadena en posición con la calavera.
3. Apretar la llave o maneral manualmente hasta donde se pueda.
4. Con un desarmador plano terminar de apretarla.

De este modo, el paso ha quedado dividido en subpasos, los cuales son los que serán animados en la escena. Esos subpasos quedarán asentados en un “guión”, que es un documento en donde se describirá cómo será la interacción del usuario con dichos subpasos.

5.2.5 Desarrollo de interactividad

La montura se debe colocar siguiendo cada subpaso que aparece en el guión que se elaboró previamente. En la **Figura 5.21** podemos observar cómo la montura va tomando la posición necesaria para colocarse mientras sube a la altura en que se va a colocar.

La **Figura 5.19** nos muestra la montura ya colocada y fija sobre el poste, además de las propiedades que se le agregan en el proceso de interactividad con el usuario, donde a base de instrucciones que el sistema va dando al usuario, según el guión, fue llevando la montura paso a paso hasta colocarse y fijarse en el poste. Como se puede observar también, hay una etiqueta que muestra el nombre de la pieza sobre la que esté el cursor.

De esta forma se va desarrollando cada paso de la maniobra hasta completarla. Una vez que estén completos los pasos, se deberán exportar para introducirlos al sistema.

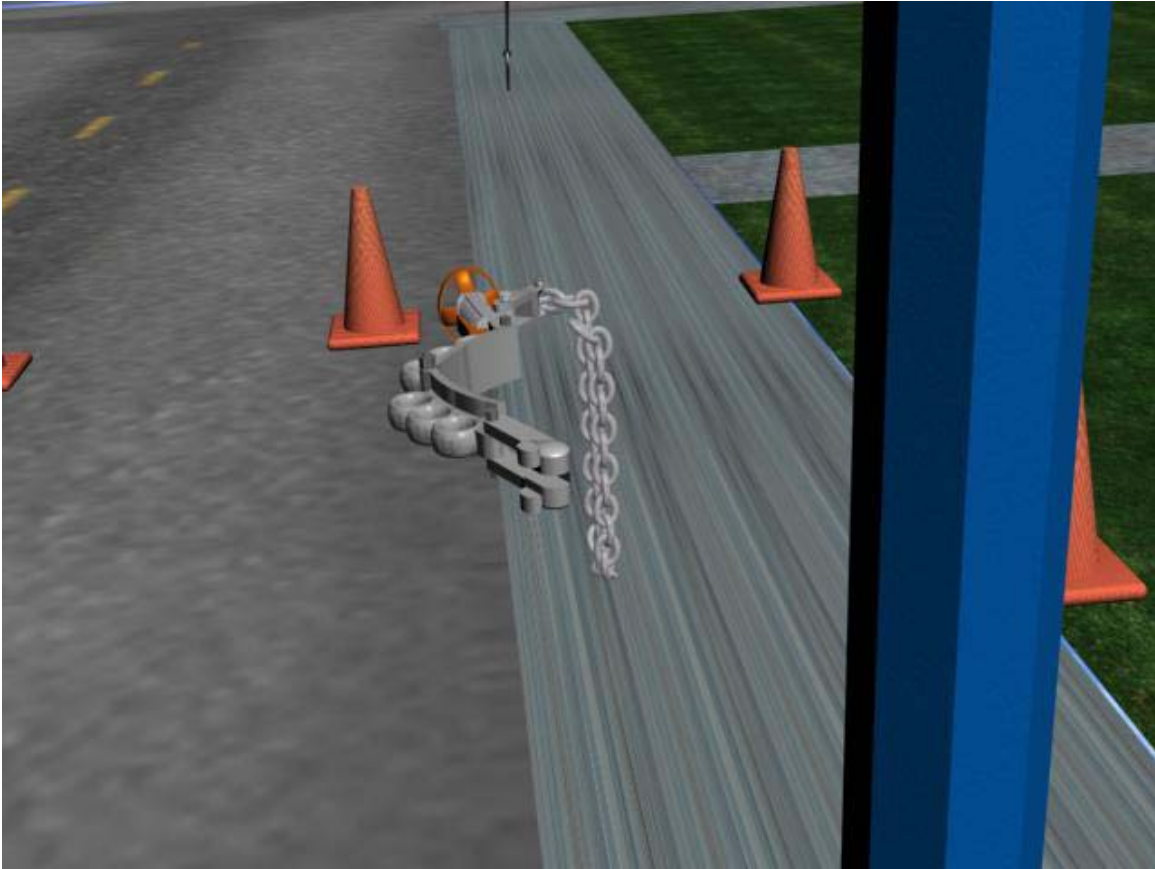


Figura 5. 21 Montura subiendo para colocarse en el poste.

5.2.6 Creación de la interfaz.

El diseño general de la funcionalidad del sistema se muestra en la **Figura 5.22**, donde aparece la interfaz con la que va a interactuar el usuario, que está formada por componentes en Flash (menús, botones, etc.), los modelos 3D y C#, que es un contenedor que permite la interacción entre los anteriores. C# a su vez tendrá interacción con una base de datos para obtener información necesaria.

Para crear la interfaz, se utilizó el software Photoshop para hacer las imágenes, desde el fondo hasta los botones que se utilizan en la interfaz. Las dimensiones del fondo son 1024 x 780 píxeles.

Los elementos que conforman la interfaz, como tablas, botones con animación, menús, etc., se realizaron utilizando Macromedia Flash MX 2004. Otros elementos como cajas de texto, botones sin animación, las ventanas para cada pantalla, etc., están realizadas en C#, las cuales funcionan como un contenedor para los elementos hechos en Flash MX y en Cult 3D.

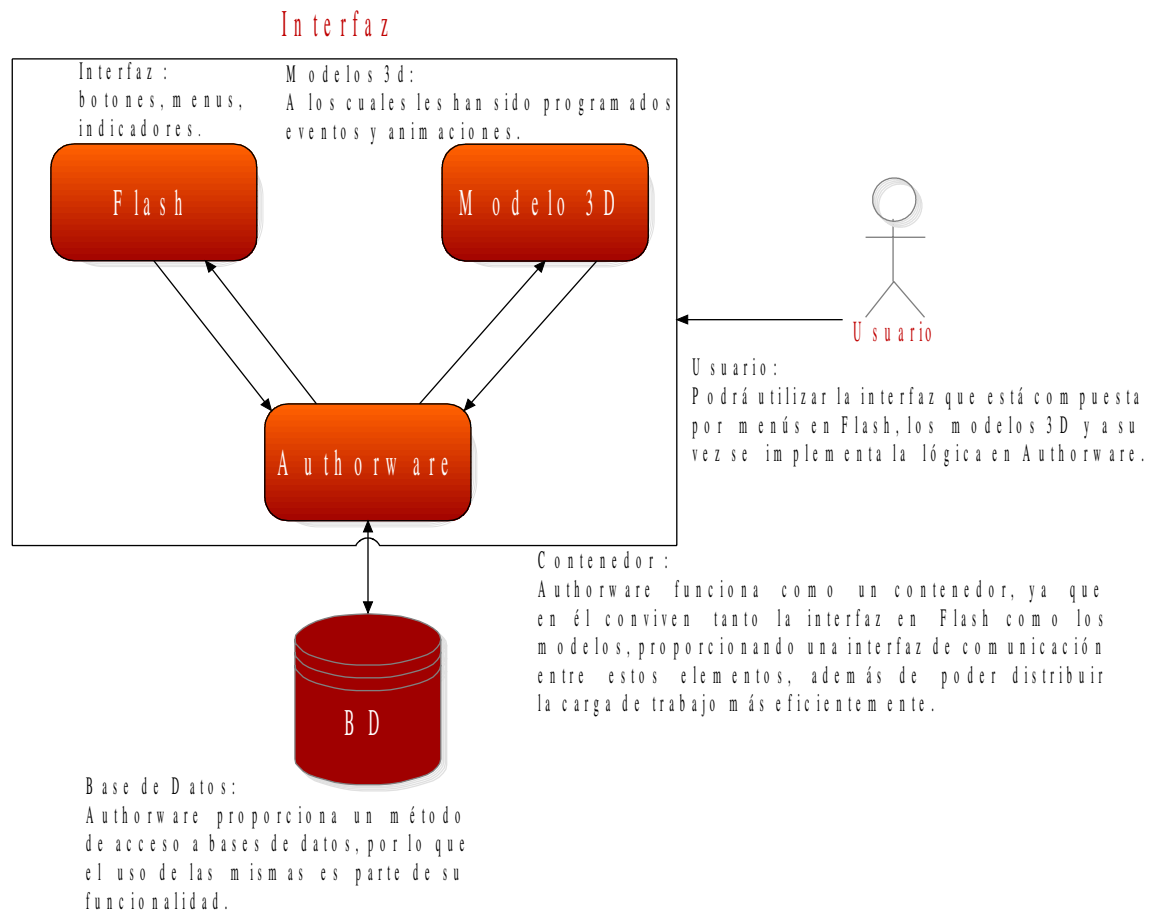


Figura 5. 22 Diagrama general de la funcionalidad del sistema.

La lógica del sistema tal como llamar elementos de la base de datos, crear dinámicamente menús en pantalla para el usuario, las ventanas emergentes, controlar el progreso del estudiante, controlar la carga y descarga de escenas, instrucciones y sonidos de cada paso, controlar la navegación del usuario en el sistema, la elaboración de reportes, etc., está realizado en C#.

La interfaz del sistema cuenta con varias pantallas. Unas de estas pantallas forman el menú del sistema, donde se puede elegir lo que se quiere hacer en el sistema, ya sea aprender/practicar, evaluar una maniobra o conocer el catálogo de herramientas, además de la pantalla donde se elige la maniobra.

La pantalla donde se presentan las escenas creadas para cada paso es la mostrada en la **Figura 5.23**, en la cual se pueden observar también las ventanas donde se dan las instrucciones al usuario además de los botones que se utilizan para volver al menú anterior o para elegir una herramienta o material entre otros.



Figura 5. 23 interfaz: pantalla en la que se presentan las escenas 3D.

Todos los datos, como las instrucciones, el material requerido en ese paso, el número de paso hasta el que llegó el usuario, entre otros, son llamados de la base de datos, ya que contiene tablas con las listas de materiales según su tipo (línea viva, materiales, herramientas, equipo de seguridad), el progreso de los usuarios en cada maniobra, la lista de maniobras según su tipo (con canastilla, con plataforma y especiales), el número de pasos y los pasos de cada maniobra, etc.

5.3 Resumen

Para poder crear las maniobras, se siguió la metodología mencionada en este capítulo. Se modelaron todas las piezas necesarias para la realización de las maniobras. Los materiales mencionados en este capítulo son una parte de todo el material que contiene el catálogo de herramientas para realizar las maniobras.



Figura 5. 23 interfaz: pantalla en la que se presentan las escenas 3D.

Todos los datos, como las instrucciones, el material requerido en ese paso, el número de paso hasta el que llegó el usuario, entre otros, son llamados de la base de datos, ya que contiene tablas con las listas de materiales según su tipo (línea viva, materiales, herramientas, equipo de seguridad), el progreso de los usuarios en cada maniobra, la lista de maniobras según su tipo (con canastilla, con plataforma y especiales), el número de pasos y los pasos de cada maniobra, etc.

5.3 Resumen

Para poder crear las maniobras, se siguió la metodología mencionada en este capítulo. Se modelaron todas las piezas necesarias para la realización de las maniobras. Los materiales mencionados en este capítulo son una parte de todo el material que contiene el catálogo de herramientas para realizar las maniobras.

El proceso de modelado puede llevar mucho tiempo, dependiendo de la complejidad de cada modelo. Hay que tomar en cuenta que para realizar una escena son necesarios muchos modelos que la integren.

Una vez que se realizaron todos los modelos 3D de las piezas necesarias para las escenas, se realiza la animación de cada una, es decir, darles movimiento e interacción. Los modelos utilizados en una maniobra, se reutilizan en las demás maniobras que los puedan usar, a fin de ahorrar tiempo y trabajo.

Las animaciones ya realizadas en una maniobra, también se pueden reutilizar en otro escenario, siempre y cuando los modelos utilizados y las acciones que realizan sean similares a las que deba hacer la otra maniobra.

Capítulo 6

Evolución del sistema después de las pruebas de usabilidad

Cabe señalar que, durante el desarrollo de esta tesis, se realizaron dos tipos de pruebas. Los primeros análisis se realizaron con la finalidad de poder mejorar la usabilidad de la interfaz, mientras que las otras pruebas, se realizaron con la finalidad de conocer el impacto que tuvo el sistema ALEn^{3D} en el aprendizaje de los usuarios.

En este capítulo, después de realizar las primeras pruebas, se hace un recuento de la evolución del sistema a través de los resultados de los análisis de usabilidad, modificaciones y nuevas ideas que surgieron para mejorar el sistema.

6.1 Pruebas de usabilidad y resultados

Al completar el diseño y desarrollo del sistema ALEn^{3D}, se realizaron pruebas de usabilidad. Las pruebas realizadas fueron el *Think Aloud* y la evaluación heurística, por que son pruebas que no son tediosas y se pueden realizar a bajo costo, tanto económico como de tiempo y se obtienen rápido los resultados.

Las primeras pruebas de usabilidad realizadas al sistema ALEn^{3D}, aunque no se hicieron con usuarios finales, arrojaron variados resultados, donde claramente se pueden percibir las mejoras que se pueden hacer al sistema y a su interfaz.

Las personas a las que se les realizaron las pruebas están divididas en 2 grupos: el grupo 1 (G1) que está formado de 5 personas con conocimientos de computación y alguna experiencia en el manejo de paquetes de *software* pero no de usabilidad. Y el grupo 2

(G2) formado de 5 personas con conocimientos acerca de cómo aplicar la usabilidad en un sistema. El G2 también cuenta con buenos conocimientos de computación y experiencia en el manejo de paquetes de *software*.

Se aplicaron 2 tipos de pruebas de usabilidad: “*Think aloud*” y evaluación heurística. La primera fue aplicada a los 2 grupos de personas, mientras que la segunda sólo al G2.

Cabe aclarar, que estas pruebas se realizan con la finalidad de poder realizar mejoras a la interfaz y a la usabilidad del sistema. Las pruebas con usuarios finales se realizaron una vez que el sistema contó con las mejoras a la interfaz y de usabilidad sugeridas.

6.1.1 Observaciones del “Think aloud”

Tarea a realizar

Los 2 grupos de personas a los que se les aplicó esta técnica, se les asignó la tarea de lograr el objetivo de una maniobra, es decir, si la maniobra es “cambio de una cadena de aisladores en estructura RD30”, la tarea del usuario es realizar el cambio de dichos aisladores, para lo cual tendrá primero que elegir el material, cubrir la estructura y después realizar dicho cambio. La tarea será realizada en el Modo Aprendizaje/Práctica.

Preparativos y aplicación de la prueba

Se utilizaron 2 computadoras con diferentes características para hacer las pruebas. Éstas fueron asignadas al usuario aleatoriamente. Las características de las computadoras son las siguientes:

1. COMPAQ Procesador Dual de 2.8 Intel Xeon, 3.5Gb en ram, tarjeta de video de 128 Mb.
2. COMPAQ Procesador Intel Centrino de 1.4, 256Mb en ram, tarjeta de video de 64 Mb.

El sistema fue instalado en las dos máquinas para observar su funcionamiento de acuerdo a las características de cada una. Se pudo observar que el sistema funcionaba mejor en la computadora 1, mientras que en la computadora 2 las animaciones eran un poco mas lentas, es decir, se retrasaban un poco. Esta diferencia se debe a la memoria RAM que posee cada máquina, sin embargo, su funcionamiento es aceptable.

Los usuarios realizaron la prueba y el evaluador estuvo presente por si había alguna observación.

Resultados

Los resultados que se obtuvieron, han sido clasificados en algunas categorías, ya que había resultados similares obtenidos de distintos participantes. Los resultados serán ordenados de acuerdo al grupo de personas que realizó la prueba y de acuerdo a lo que se observó de la mayoría de ellos.

En la **Tabla 6.1** se pueden observar los resultados de la prueba *Think Aloud* para los diferentes grupos.

Tabla 6.1 Observaciones obtenidas con la prueba “Think Aloud”.

Grupo de personas	Observaciones
Grupo 1	<p>Errores en las instrucciones: En la redacción de las instrucciones había errores, por ejemplo, nombres de modelos que no coincidían con los de la escena.</p> <p>Estandarización de términos: En un paso el sistema nombraba a un modelo de una forma y en pasos posteriores lo nombraba con otro, o la etiqueta en la escena 3D tenía un nombre distinto al que utilizaban las instrucciones del sistema.</p> <p>Presentación de sugerencias: Los usuarios sugerían ideas que se les iban ocurriendo conforme utilizaban el sistema.</p> <p>Cambios en el diseño de la interfaz: Debido a problemas que se presentaron con las opciones que presentaba la interfaz, se sugirieron algunos cambios en ella.</p>
Grupo 2	<p>Ortografía y redacción: La interfaz tenía algunos errores de ortografía.</p> <p>Instrucciones desfasadas: Las instrucciones de algún paso se quedaban desfasadas, por lo que llegaba un punto en el que la escena no coincidía con las instrucciones.</p> <p>Sonidos desfasados: Algunos sonidos que contenía la escena 3D se escuchaban después de que la animación había sido presentada.</p> <p>Consistencia en la interfaz: No todos los botones de la interfaz tenían consistencia en cuanto al lugar en que se encontraban.</p> <p>Consistencia en las animaciones: Hacía falta unificar las etiquetas en los modelos, así como la forma en que se movían los modelos.</p> <p>Cambios en el diseño de la interfaz: Se sugirieron cambios para el menú de herramientas.</p> <p>Errores en las instrucciones: Algunas instrucciones tenían faltas de ortografía o errores de formato.</p> <p>Estandarización de términos: Algunos modelos eran llamados con un nombre corto y su nombre debería ser el nombre completo.</p> <p>Cambios en el orden de los pasos:</p>

Algunos usuarios sugirieron cambios en el orden de secuencia de los pasos.
--

Presentación de sugerencias:

Los usuarios hicieron sugerencias para mejorar el sistema.

Como se puede observar en la tabla anterior, el G2 tiene más observaciones que el G1. Esto se debe a que los usuarios del G2 tienen más experiencia en cuanto a la usabilidad.

Los resultados obtenidos fueron analizados y algunos ya fueron aplicados al sistema, a fin de que al momento de presentarlo al usuario final, el sistema tenga el menor número posible de errores.

De los resultados obtenidos, ya se han realizado la mayoría de los cambios. Entre los cambios ya realizados, se encuentran: la corrección de errores de instrucciones, de ortografía, la estandarización de términos, instrucciones y sonidos desfasados, etc. Hay otros cambios que aún no se han completado por que siguen en proceso, como por ejemplo, el diseño de la interfaz.

6.1.2 Observaciones de la Evaluación Heurística

Las 10 heurísticas, mencionadas en el capítulo 2, son:

1. Cercanía entre el sistema y el mundo real.
2. Visibilidad del status del sistema.
3. Libertad de control por el usuario.
4. Consistencia y Estándares.
5. Prevención de Errores.
6. Reconocer mejor que Recordar.
7. Flexibilidad y eficiencia de uso.
8. Diseño minimalista y estético.
9. Ayudas y documentación.
10. Ayudar a reconocer, diagnosticar y recobrase de errores.

Tarea a realizar

La evaluación heurística se aplicó al Grupo 2, teniendo como tarea a realizar la misma tarea aplicada en el *Think Aloud*.

Preparativos y aplicación de la prueba

Las máquinas que se utilizaron para realizar esta prueba, fueron las mismas mencionadas en la sección anterior, y la aplicación de la prueba también, a fin de que ambas pruebas estuvieran en las mismas condiciones.

Resultados

Los resultados que se obtuvieron en esta prueba fueron menos que en la prueba de *Think Aloud* pues, en esta prueba el sistema generalmente cumple con las heurísticas y no hay ausencia de ellas. Esta evaluación sólo se aplicó al Grupo 2, pues el Grupo 1 no tenía conocimiento de usabilidad.

En la **Tabla 6.2** se pueden observar los resultados de la evaluación heurística.

Tabla 6.2 *Observaciones obtenidas con la evaluación heurística.*

Grupo de personas	Heurística:	Observaciones
--------------------------	--------------------	----------------------

Grupo 2_	11. Cercanía entre el sistema y el mundo real.	Siempre se presenta información en texto que va indicando al usuario qué es lo que tiene que ir realizando.
	Visibilidad del status del sistema.	El sistema cuenta con prevención de errores en audio y en texto, sin embargo, el audio del sistema no está completo.
	Libertad de control por el usuario.	Si el usuario puede deshacer acciones, falta que el sistema brinde la posibilidad de rehacerlas.
	Consistencia y Estándares.	El sistema es consistente, por ejemplo, los botones que son iguales en diferentes ventanas producen el mismo efecto, así mismo la orientación de los diferentes elementos en las ventanas se mantiene constante.
	Prevención de Errores.	El sistema cuenta con esta heurística en cuanto a los errores de interacción del sistema con el usuario.
	Reconocer mejor que Recordar.	Los objetos a ser recordados siempre se mantienen visibles, por lo que es sencillo reconocerlos.
	Flexibilidad y eficiencia de uso.	El sistema no cuenta con “atajos” o formas de configurarlo para usuarios expertos.
	Diseño minimalista y estético.	Siempre se presenta sólo la información necesaria dentro del sistema.
	Ayudas y documentación.	La ayuda siempre está disponible y no es muy extensa para que el usuario la lea.
	Ayudar a reconocer, diagnosticar y recobrase de errores.	Los errores que se cometen en el sistema son claros para el usuario.

Con esta evaluación, se puede determinar que las personas que participaron en ella dan al sistema, como promedio, una calificación de 4 de un total de 5 puntos. Esta calificación se puede obtener mediante la hoja de calificación de cada heurística que se realiza al final de cada evaluación. Un ejemplo de la hoja de calificación se puede ver en la **Tabla 6.3**.

Tabla 6. 3 Hoja de calificaciones para las heurísticas.

Está presente la Heurística:	Nunca (1)	Pocas veces (2)	Normalmente (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5)
1- Visibilidad del status del sistema					*
2- Empate del sistema y el mundo real				*	
3- Control por el usuario			*		
4- Consistencia y estándares				*	
5- Prevención de errores				*	
6- Identificación en lugar de memorización					*
7- Flexibilidad y eficiencia del uso				*	
8- Estética y diseño minimalista					*
9- Apoyar a usuarios para diagnosticar errores y recuperarse				*	
10- Ayuda y documentación			*		

Las observaciones obtenidas con esta evaluación serán analizadas para determinar el funcionamiento final de la interfaz del sistema.

Las correcciones pertinentes fueron realizadas, a fin de poder obtener la interfaz resultante, que se presenta en el **Anexo E**.

6.1.3 Definición de heurísticas propias

Dadas las restricciones de la navegación, ésta puede llegar a ser complicada y hacer difícil la navegación e interacción del usuario en/con el ambiente virtual. Así, las heurísticas deben incluir propuestas que provean una opción viable para evitar este tipo de problema. Sin embargo existen también otros tipos de problemas para los cuales también se pueden reutilizar heurísticas de los ambientes 2D.

A continuación se describirá la metodología para identificar heurísticas de usabilidad en ambientes 3D.

Una de las maneras más efectivas para identificar heurísticas en modelos 3D es identificando las diferentes formas en las que los usuarios desearían navegar un ambiente 3D. Es como identificar necesidades de navegación en un ambiente 3D y después proveer los medios para facilitar dicha navegación. Las necesidades pueden estar basadas en la concepción realista del ambiente 3D y ver las formas en las que se navegaría en la

realidad. Esto proveería las funciones básicas de navegación. Sin embargo la navegación virtual provee ventajas sobre un recorrido real, aquí se pueden identificar más heurísticas que faciliten y hagan ventajoso el recorrido virtual. Por lo anterior, una metodología para determinar las heurísticas sería la siguiente:

- **Paso 1:** Determinar diferentes tipos de ambientes a recorrer (habrá diferentes tipos de necesidades sobre recorrido e interacción con el ambiente).
- **Paso 2:** Identificar los diferentes tipos de necesidades sobre recorrido e interacción con el ambiente
- **Paso 3:** Completar la lista de necesidades del paso anterior con características o facilidades extra que pueden ser posibles sólo en el recorrido virtual y que proveen una mejora del recorrido virtual con respecto a un recorrido físico.
- **Paso 4:** Proponer opciones para implementar, hacer posible o facilitar la navegación especificada en los pasos anteriores.
- **Paso 5:** Realizar pruebas de usabilidad para determinar la eficiencia de las soluciones propuestas.

A continuación se describen algunas necesidades detectadas en forma general.

Toma del control por parte del sistema: El sistema toma el control para posicionar al usuario de manera ventajosa en el ambiente: A fin de ayudar a la navegación mediante el uso de *mouse* y teclado, una opción sería definir puntos estratégicos que sabemos que el usuario debe navegar de tal modo que se puede definir también un radio en cada uno de esos puntos, de tal forma que cuando el usuario llega a traspasar dicho radio, el sistema toma el control y dirige la navegación, de tal modo que facilite al usuario determinada ubicación y que lo deje en un lugar que le facilite la navegación. Esto puede aplicar durante la navegación o durante la manipulación de objetos.

Reset: Debido a la inexperiencia del usuario o a que existe la posibilidad de que se de la situación en la que el modelo pueda perderse de vista dentro del espacio en la pantalla dedicado al ambiente interactivo, podría contarse con la siguiente opción: un botón de reset para recuperar el objeto y ubicar al usuario en una posición ventajosa para él.

Manejo automático de cámaras: llevar al usuario a través de cámaras al lugar donde está pasando lo que quiere ver.

Aceleración: Durante un recorrido virtual, el usuario podría necesitar o requerir que dicho recorrido sea más rápido. Esto podría resolverse con el uso de alguna función del *mouse*, o con el teclado mediante una combinación de teclas, donde una tecla hace la función de acelerador y otra indica la dirección del movimiento. Existen paquetes que ya hacen uso de esta característica como el software *Cult 3D*.

Opción de rotación: algunas veces el usuario desea hacer rotaciones de algún objeto o dentro del ambiente, sería de mucha ayuda contar con un botón para activar/desactivar la rotación de algún objeto seleccionado previamente o del ambiente.

Zoom o visualización en pantalla completa: A fin de que el usuario tenga una mejor visualización y se le haga más real la escena, se puede contar con una opción de hacer la visualización en pantalla completa, quitando de la pantalla la interfaz del sistema. En el caso de la navegación libre, se puede aplicar mejor esto, pues el usuario tendrá un control total de dicha navegación.

Opción de selección en la escena: Cuando la animación requiere que el usuario dé un clic para que dos piezas de la escena interactúen entre sí, es deseable que el usuario pueda dar clic en cualquiera de las dos piezas y no sólo en una porque, si sólo una puede ser seleccionada, el usuario podría cometer errores innecesarios al dar clic en la otra.

Explicación en audio: Cuando el sistema 3D interactúa con el usuario, el sistema debe dar instrucciones al usuario para que éste realice alguna acción. Al momento de realizarla, puede iniciar una animación en la escena 3D lo que hace que el usuario la observe atentamente y no lea la explicación de dicha animación. Para esto, se puede dar la explicación en audio, a fin de que el usuario no tenga que desviar su atención para leer la explicación, si no que el sistema se la hará saber al momento de que esté ocurriendo en la escena.

Propiedades de los modelos: Cuando en una escena la animación sucede debajo de otro objeto, es deseable que el modelo que lo está cubriendo tome propiedades de transparencia, a fin de que el usuario pueda observar lo que está sucediendo debajo de éste.

Ayuda a recuperarse de atascamientos en la navegación: Cuando el usuario se encuentra en una navegación libre, la detección de colisiones no le permite atravesar los modelos o los planos que conforman las paredes. A fin de que el usuario no llegue a atascamientos donde no pueda seguir navegando, el sistema después de detectar que el usuario ha quedado atascado, puede ayudarlo y darle la opción de salir de ahí y dejarlo en algún punto estratégico donde pueda continuar la navegación.

6.2 Análisis intermedio y final

Al realizar el análisis de las pruebas de usabilidad que se aplicaron, se realizaron varios cambios al diseño de la interfaz como resultado de los mismos.

6.2.1 Fusión de Modos Aprendizaje y Práctica

Aquí se presentan otros cambios que se le han hecho al sistema en cuanto al diseño y la implementación.

El sistema se comenzó a desarrollar de acuerdo al prototipo en papel realizado previamente, el cual, ha sufrido cambios debido a mejoras que se han realizado para la lógica y el flujo del sistema.

Según el diseño realizado en papel, el sistema debería contar en su menú principal con las siguientes 5 opciones:

- Modo Aprendizaje
- Modo Práctica
- Modo Evaluación
- Catálogo de Herramientas
- Administración de usuarios

Los Modos Aprendizaje y Práctica se fusionaron para facilitar el aprendizaje al usuario. Estos modos se conformaban de los mismos procedimientos y del mismo flujo de datos, la única diferencia era la flexibilidad ofrecida por el Modo Práctica. La diferencia para este modo radicaba en que el usuario tenía la flexibilidad de ir por todos los pasos de la maniobra. Como era un modo exclusivo para practicar, el usuario previamente tenía que haber recorrido cada paso de la maniobra secuencialmente en el Modo Aprendizaje (Ver diagramas de flujo en el **Anexo C**). Sin embargo, después de analizar las pruebas de usabilidad, al usuario le era difícil recordar todos los pasos de la maniobra (aproximadamente 50) para poder realizarlos después en el Modo Práctica. Es por ello, que al analizar los flujos de estos modos, se decidió hacer una fusión de ellos en un sólo modo que tuviera características de ambos. Este nuevo modo es llamado “Modo Aprendizaje/Práctica”.

El Modo Aprendizaje/Práctica permite que el usuario, al iniciar una maniobra, pueda seleccionar el material y continuar con los pasos de los que se conforma la maniobra tal como se realizaba en el diseño inicial en el Modo Aprendizaje.

Como resultado de la fusión, en caso de que el usuario no termine en una sesión todos los pasos, en la siguiente sesión el sistema le dará la opción de continuar desde donde se quedó, o bien, practicar los pasos que ya llevaba aprendidos. Es decir, el usuario no tiene que terminar de recorrer la maniobra en su totalidad para poder practicar los pasos que ya había aprendido, sino que ahora puede saltar entre pasos para practicar los que desee.

Con el fin de que el usuario no vaya a hacer un mal uso del sistema, y esto haga que no aprenda correctamente, otra característica con la que cuenta el sistema, es que permite

que el usuario no pueda ir más allá del paso que ya ha aprendido, es decir, no puede saltar a pasos superiores de los que ha visto, pero sí le permite practicar y saltar en todos los anteriores.

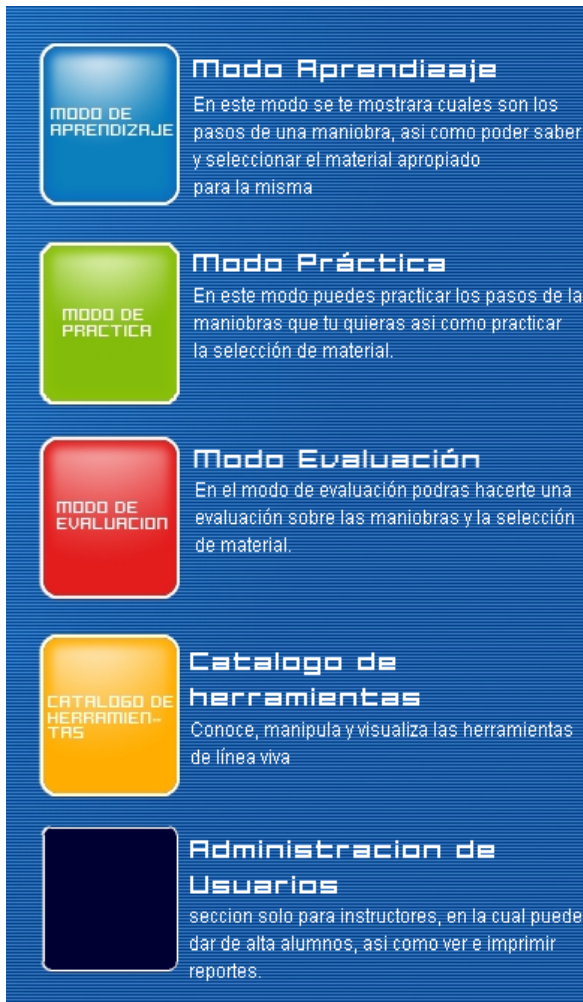


Figura 6. 1 Menú anterior del sistema.



Figura 6. 2 Menú actual del sistema.

El sistema actualmente consta de 4 partes principales (Ver **Figura 6.2**), las cuales son:

- Modo Aprendizaje/Práctica
- Modo Evaluación
- Catálogo de Herramientas
- Administración

La lógica del Modo Evaluación sigue tal cual se había diseñado inicialmente. El Catálogo de Herramientas cuenta con las mismas características del diseño inicial, solamente que ahora se utilizan *scroll bars* para poder ver toda la lista de materiales y herramientas con las que cuenta, a diferencia del diseño inicial, donde se utilizaban botones con flechas que

subían o bajaban la lista por página y esto hacía que el usuario se confundiera al buscar el material.

La opción para Administrador, sólo aparecerá cuando el usuario que ingrese al sistema tenga un nombre de usuario y contraseña de tipo administrador. Si no es así, ésta opción no aparecerá en el menú principal. Con esta fusión, el sistema podrá tener un control o seguimiento más riguroso del progreso del estudiante. Dependiendo del progreso del mismo, el sistema va a mostrar elementos de manera dinámica en la interfaz para acceder a otras partes o modalidades del mismo.

6.2.2 Observación

Inicialmente se utilizó *Authorware* como contenedor de la interfaz, que a su vez, estaba conformada de elementos en *Flash* y las escenas y modelos 3D. *Authorware* daba la posibilidad de crear aplicaciones que corrían localmente en la máquina (aplicaciones de escritorio), sin embargo, al ver que el sistema iba creciendo, el rendimiento del mismo se volvía menos eficiente.

Esto influyó en la decisión de hacer una migración del sistema a C#. Dicha migración se hizo para mejorar el rendimiento del sistema, ya que se hace un mejor uso de recursos como el procesador y la memoria.

En el **Anexo E** se encuentra la descripción del funcionamiento de la interfaz resultante, así como imágenes de cada una de las pantallas que lo conforman.

6.3 Resumen

De la evolución que sufrió el sistema resultaron mejoras para su funcionamiento. El diseño de la interfaz, gracias a las pruebas de usabilidad, se ha estado mejorando para que al usuario final le sea más fácil navegar por el sistema.

Un beneficio para el usuario es la fusión del Modo Aprendizaje y el Modo Práctica, ya que la navegación ahora será más directa al ir cambiando de nivel de profundidad en el sistema.

El sistema aún se encuentra en desarrollo, por lo que los cambios aquí mencionados han formado parte importante de la evolución del mismo.

Capítulo 7

Efecto del uso del sistema en el aprendizaje

El sistema ALEn^{3D} está diseñado para que el usuario adquiriera conocimiento sobre la realización de maniobras para dar mantenimiento a línea viva. Sin embargo, era necesario determinar si cumple con su objetivo, es decir, si realmente logró algún impacto en el aprendizaje de los usuarios sobre la realización de las maniobras. Para esto, dicho aprendizaje se puede medir por medio de experimentos donde los participantes son sometidos a exámenes después de haber sido capacitados con ayuda del sistema ALEn^{3D}. De hecho los experimentos pueden incluir desde la simple observación del usuario, hasta realizar una evaluación directa al usuario con un examen.

Sin embargo, para nuestros usuarios finales, el sistema ALEn^{3D} no es la única fuente de aprendizaje que tengan, ya que pueden contar con un instructor que los vaya guiando y resolviendo las dudas que se les presenten para su mejor aprovechamiento.

En el **Anexo F** se podrá encontrar un análisis realizado sobre el impacto en el aprendizaje utilizando sistemas de capacitación basados en RV, así como algunos métodos utilizados para ello. De las metodologías que se encuentran en dicho análisis, se mencionan las utilizadas en la evaluación del aprendizaje de los usuarios del sistema ALEn^{3D}. También se podrán encontrar en el anexo, una revisión de técnicas y herramientas de evaluación.

7.1 Diseño de las pruebas

El objetivo de realizar pruebas a los usuarios finales del sistema ALEn^{3D}, fue obtener resultados y analizarlos para determinar si el sistema realmente cumple con su objetivo que es dar instrucción a los linieros mediante el uso de la realidad virtual. A continuación se desarrollará el diseño de las pruebas aplicadas.

7.1.1 Métodos utilizados

De las técnicas mencionadas en el **Anexo F**, se utilizaron en la evaluación para los usuarios del sistema ALEn^{3D} métodos de ambas técnicas, es decir, de la técnica objetiva y la subjetiva, así como los métodos adicionales que se presentan en dicha sección.

Los métodos utilizados son:

- Respuesta libre
- Doble alternativa
- Resolución de problemas prácticos
- Observación directa

La evaluación constó de una sección de preguntas utilizando la respuesta libre y la doble alternativa; y de otra sección donde se expusieron al alumno problemas a resolver de forma práctica, es decir, en campo de trabajo.

El evaluador realizó la observación directa durante toda la evaluación, aunque con más énfasis en la práctica de campo.

7.1.2 Grupos de personas a evaluar y tamaño de la muestra

Para aplicar estas técnicas de evaluación se solicitó que reunieran a 2 grupos de personas con características similares para que participaran en la evaluación, ya que, de acuerdo a la planeación, los grupos serían sometidos a diferentes técnicas de aprendizaje y posteriormente a una evaluación similar. A continuación se describe el perfil de cada grupo que se solicitó:

Grupo Tradicional (GrTrad): Según la curva de evaluadores mencionada en el Anexo A, el primer grupo debería ser formado por al menos 5 personas sin ninguna experiencia en la realización de maniobras. Este grupo iba a aprender a realizar las maniobras de la forma tradicional. Es decir, en un salón con un instructor que les enseñara cómo se realiza una maniobra.

Grupo ALEn (GrALEn): Al igual que el anterior, el segundo grupo debería estar formado por al menos 5 personas sin ninguna experiencia en el uso del sistema ni en la realización de maniobras. Este grupo iba a aprender a realizar las maniobras utilizando el sistema y contando con el apoyo del instructor. Para esto se les asigna una cuenta de usuario para que puedan acceder al sistema y se les daría una breve explicación del funcionamiento del mismo para que no interfiera con su aprendizaje.

7.1.3 Tareas para el usuario

Los 2 grupos definidos anteriormente, fueron invitados a completar ciertas tareas adecuadas para cada grupo, para después poder realizar la evaluación del aprendizaje de los alumnos. La tarea a realizar tendría que cumplir las mismas metas para ambos grupos ya que la evaluación que se hizo, fue semejante para los dos.

En este caso, la tarea es realizar una maniobra, donde el usuario debería aprender a seleccionar el material que necesitaba, a cubrir la estructura para protegerse, a cumplir el objetivo deseado de la maniobra y posteriormente a descubrir la estructura para concluir el trabajo satisfactoriamente. Todos los pasos que contiene una maniobra son muy importantes al realizarla en el campo de trabajo, es por ello que toda la maniobra tiene vital importancia.

A continuación se mencionarán las tareas asignadas a cada uno:

Para el GrTrad, la tarea a realizar era aprender una maniobra con el método tradicional. Tendrían sesiones con un instructor que les enseñe en un aula, con ayuda de un video sobre el cual, el instructor les explicaría los pasos para realizar la maniobra “Instalación de estribo en estructura TS30 con plataforma”. Se eligió esta maniobra debido a que es una de las maniobras que se encuentran completas dentro del sistema y porque el centro de capacitación contaba en ese momento con el material completo para realizar dicha maniobra para la evaluación práctica. Sin embargo, las evaluaciones se pueden realizar con cualquiera de las demás maniobras terminadas, si se contara con el material necesario.

Para el GrALEn, la tarea a realizar era completar la misma maniobra “Instalación de estribo en estructura TS30 con plataforma” en el sistema, mientras que el instructor iría complementando la información que le ofrece el sistema. El alumno podría ir preguntando al instructor cualquier duda que se le presente. Al terminar de aprender la maniobra podría practicar el tiempo que considere necesario.

7.1.4 Aplicación de las evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron una vez que el usuario completó la tarea que le fue asignada y el instructor o el evaluador consideraron que el alumno era capaz de realizarlas. Dichas evaluaciones se hicieron a ambos grupos de forma teórica y práctica, es decir, utilizando las técnicas objetivas y subjetivas mencionadas anteriormente en este capítulo.

El usuario respondió a un examen teórico y posteriormente realizó uno práctico. A lo largo de las preguntas propuestas en dichos exámenes, se van cubriendo los objetivos de los pasos más representativos y de mayor importancia para cumplir el objetivo fundamental de la maniobra. Para elaborar las preguntas, el instructor sugirió algunas de ellas, las cuales se encuentran en la evaluación teórica puesto que también son parte de las preguntas acerca de los pasos más significativos de la maniobra.

A continuación se presentan los formatos de los exámenes que se aplicaron a los alumnos de ambos grupos.

Evaluación teórica para linieros. IIE - CFE

Nombre: _____ **Fecha:** _____
Grupo de Aprendizaje: _____

Instrucciones: Lee las preguntas y contesta correctamente.

1. ¿Cómo y para qué, se hace la prueba de los guantes y mangas dieléctricas?
2. ¿Qué equipo de protección personal debe portar el liniero al subir al poste?
3. Menciona los pasos que debes realizar al llegar a la línea de baja tensión.
4. ¿Cuál es el orden de los pasos a seguir para colocar la plataforma en el poste?
5. ¿Con qué equipo de línea viva se debe cubrir la cruceta?
6. ¿Dónde se debe instalar la polea con soga mandadera para subir los materiales y equipo según el caso? Explique cada caso.
7. Tomando en cuenta la maniobra “Instalación de estribo en estructura TS30”, ¿a qué distancia de la cruceta se debe colocar el estribo en la línea? y ¿qué herramienta se utiliza para colocarlo?

Instrucciones: Subraya la respuesta que consideres correcta.

1. ¿Para la maniobra de “Instalación de estribo en estructura TS30”, se debe utilizar la plataforma giratoria de 4 pies?
Verdadero Falso
2. Una vez parado en la plataforma, lo primero que debo de cubrir es la cruceta.
Verdadero Falso

3. La fase que se debe cubrir primero es la más lejana al liniero.
Verdadero Falso
4. La protección que se debe retirar al final es la de la fase más cercana al liniero.
Verdadero Falso
5. La montura manopla se coloca en el poste para poder amarrar ahí la soga durante la instalación de la plataforma.
Verdadero Falso
6. Según la maniobra “Instalación de estribo en estructura TS30”, al estar descubriendo la estructura, primero se deberán quitar los protectores de aislador y después los protectores de línea.
Verdadero Falso

Para el examen práctico, se eligieron actividades que, también de acuerdo con el instructor, son de carácter significativo para el desarrollo de la maniobra. Las actividades que llevó a cabo el alumno, también van cubriendo los objetivos de los pasos más importantes. Es por ello que se aplicaron dichas preguntas en el examen práctico a los alumnos.

Debido a que el evaluador no es experto en las maniobras, al momento en que el alumno desarrolló las actividades prácticas, el instructor le iba diciendo al evaluador si la actividad fue realizada debidamente o si falló el alumno en algún paso de la actividad.

Evaluación práctica para linieros.

IIE - CFE

Actividades que desarrollaron los linieros:

1. Realiza prueba de campo a guantes y mangas dieléctricas.
2. Instala la montura manopla en el poste.
3. Coloca el protector de aislador tipo alfiler y el protector de línea utilizando la pértiga escopeta.
4. Instala la plataforma en el poste.
5. Colócate el cinturón con bandola y embandólate al poste. Ahora debes subir a la plataforma. Realiza los pasos necesarios.
6. Ahora que estás sentado en la plataforma cálzate de mangas y guantes dieléctricos.

7. Cubre la plataforma.
8. Supongamos que ya has terminado de cubrir la fase orillera, ahora gira la plataforma hacia la otra fase orillera.
9. Descubre, marca y cepilla la línea para instalar el estribo.
10. Instala el estribo y comprímelo.

De cada paso para realizar una actividad, hay una serie de subpasos que se deben realizar consecutivamente, según las reglas de seguridad, a fin de no poner en riesgo la vida del liniero una vez que esté en el campo de trabajo.

Para dichos subpasos, a pesar de que fue poco el tiempo de aprendizaje del alumno, el evaluador observó si se realizaron correctamente. Es decir, no basta con completar la tarea solicitada, sino que se debía realizar siguiendo un orden ya establecido, además de utilizando el material adecuado para cada actividad.

Es por ello, que los aspectos consecutivos a observar de cada actividad en el desempeño del liniero son los siguientes:

1. Realiza prueba de campo a guantes y mangas dieléctricas.
 - a ¿es capaz de elegir los guantes correctos?
 - b ¿es capaz de elegir las mangas correctas?
 - c ¿es capaz de elegir el *glove inflator*?
 - d ¿puede inflar los guantes con en *glove inflator*?
 - e ¿revisa los guantes correctamente?
 - f ¿revisa las mangas correctamente?

2. Instala la montura manopla en el poste.
 - a ¿es capaz de elegir la montura manopla?
 - b ¿pone la montura a una altura adecuada?
 - c ¿puede poner la cadena en posición con la calavera?
 - d ¿suelta el gatillo?
 - e ¿aprieta la volante con la mano?
 - f ¿usa el desarmador para terminar de apretar?

3. Coloca el protector de aislador tipo alfiler y el protector de línea utilizando la pértiga escopeta.
 - a ¿es capaz de elegir el aislador tipo alfiler?
 - b ¿es capaz de elegir la pértiga escopeta?
 - c ¿es capaz de colocar el aislador tipo alfiler?
 - d ¿es capaz de elegir el protector de línea?
 - e ¿es capaz de colocar el protector de línea?
 - f ¿coloca los protectores en la secuencia correcta?
 - g ¿coloca los protectores en la fase correcta?

h ¿une bien los protectores?

4. Instala la plataforma en el poste.

- a ¿es capaz de elegir la plataforma?
- b ¿colocó la plataforma en posición correcta en el poste?
- c ¿colocó la cadena en posición con la calavera?
- d ¿suelta el gatillo?
- e ¿aprieta la volanta con la mano?
- f ¿usa herramienta para terminar de apretar?
- g ¿instala primero la volanta superior?

5. Colócate el cinturón con bandola. Ahora estás embandolado al poste y debes subir a la plataforma.

- a ¿es capaz de elegir el cinturón con bandola?
- b ¿sabe colocar la bandola para subir a la plataforma?
- c ¿sabe colocar la bandola al estar en la plataforma?

6. Cálzate de mangas y guantes dieléctricos.

- a ¿se colocó los guantes de algodón?
- b ¿se colocó las mangas correctamente?
- c ¿se colocó los guantes dieléctricos bien?
- d ¿se quitó correctamente las mangas?

7. Cubre la plataforma.

- a ¿seleccionó la manta ranurada?
- b ¿seleccionó la pinza sujetadora?
- c ¿colocó correctamente la manta y su pinza?

8. Ya has terminado la fase orillera. Ahora gira la plataforma hacia la otra fase orillera.

- a ¿quita el perno para aflojar la plataforma?
- b ¿gira la plataforma utilizando un método adecuado?
- c ¿vuelve a colocar el perno?

9. Descubre, marca y cepilla la línea para instalar el estribo.

- a ¿colocó bien la manta lisa en el protector de línea?
- b ¿recorrió el protector de línea?
- c ¿recorrió la manta lisa?
- d ¿tomó en cuenta los 70 cm. para colocar el estribo?
- e ¿cepilló la línea?
- f ¿marcó la línea?

10. Instala el estribo y comprímelo.

- a ¿es capaz de seleccionar el conector estribo?
- b ¿coloca el estribo en forma correcta?
- c ¿aprieta el estribo con la pinza correcta?

Una vez terminados estos exámenes se pudo observar si el liniero conocía los pasos que debería seguir y sabía cómo realizar cada acción. En el examen teórico, el alumno contestó las preguntas de manera personal, es decir, se le entregó el examen y lo debería resolver en un tiempo máximo de 60 minutos.

En el examen práctico, los alumnos realizaron en pareja las tareas que se les pidieron, pues es necesario un “liniero de piso” que le pase el material al “liniero de poste”, que es el que está arriba del poste. El sistema ALEn^{3D} se enfoca en su mayoría a la vista del liniero de poste, sin embargo, en algunas escenas se muestran las acciones que debe tomar el liniero de piso, pues éste debe pasarle las cosas al liniero de poste de forma especialmente acomodada y listas para usarse.

En este examen, el evaluador y el instructor estuvieron presentes, para observar el desempeño del alumno realizando lo indicado. Este examen se debería resolver en el tiempo estimado por el instructor, que es aproximadamente de 30 a 40 min. tomando en cuenta todas las actividades, ya que a cada persona le toma un tiempo distinto realizar la misma tarea.

7.1.5 Comparación entre grupos

La comparación entre los 2 grupos evaluados, se hizo mediante los resultados que se obtuvieron de las evaluaciones, ya que éstas últimas arrojaron resultados numéricos, que pueden ser medidos a fin de poder detectar si ambos grupos han aprendido igual o no.

Dentro de los parámetros que se pueden observar, existen algunos que ayudan a la comparación que se puede hacer entre grupos, y otros que simplemente no son significativos para ello. Los parámetros a observar se describen a continuación, ya que son los más representativos para la medición del aprendizaje.

- **Tiempo que tarda en aprender una maniobra.** Es deseable que el alumno aprenda la secuencia de pasos de una maniobra en un tiempo indicado y que no sea necesario utilizar más tiempo del debido.
- **Conocimiento adquirido en el reconocimiento de materiales,** ya que es importante que el alumno sea capaz de reconocer y nombrar los materiales por su nombre correcto.
- **Conocimiento adquirido en la secuencia de pasos.** El alumno debe conocer la secuencia correcta de pasos, ya que el omitir alguno es muy peligroso.

- **Conocimiento adquirido de la realización de los pasos.** Además de conocer la secuencia correcta, el alumno deberá ser capaz de desarrollar dichos pasos correctamente.

7.2 Realización de las pruebas

Para realizar las pruebas mencionadas en la sección anterior, se acudió la subestación Córdoba II de la CFE, en la ciudad de Córdoba, Veracruz.

De la gente que reunieron para capacitar, se formaron los 2 grupos: el GTrad y el GALEn. Los grupos se formaron con 12 participantes, los cuales fueron asignados al azar para cada grupo. Se pidieron personas que no tuvieran conocimiento de la realización de maniobras para conformar los grupos, sin embargo, algunos de los participantes ya tenían experiencia al menos en la utilización del material y funcionamiento de las herramientas.

La prueba se realizó en varias sesiones. La primera sesión, de seguridad y planeación de la maniobra, se realizó con los 2 grupos. Una vez terminada, el GTrad se fue con su instructor a un salón y el GALEn se fue a otro salón con computadoras que tenían el sistema instalado.

A continuación se describirá lo ocurrido en cada sesión.

1. Sesión de seguridad y planeación de la maniobra. 2 hrs. (12:00pm – 2:00pm)

Seguridad.

Como primera parte de esta sesión para los alumnos, ésta se desarrolló con un instructor que les habló de la seguridad al realizar maniobras en línea energizada, según el Reglamento de Seguridad e Higiene de la CFE. La sesión tuvo una duración de 2 hrs.

Las secciones del reglamento que aplican para este tipo de trabajo son:

- Sección 101 – Alcance y aplicación:
Trata sobre la prioridad de la seguridad, el alcance del reglamento y el significado de las reglas.
- Sección 102 – Responsabilidad de la seguridad:
Trata sobre la seguridad propia y de los demás trabajadores.
- Sección 103 – Planeación:
Trata de la planeación que se debe hacer para cualquier trabajo que se vaya a realizar.
- Sección 105 – Protección del área:

- Trata de la protección y seguridad que se debe tomar en el área de trabajo para evitar accidentes.
- Sección 106 – Pasando material:
Trata sobre las reglas que se deberán seguir para el momento en que se esté pasando el material de nivel (Baja o media tensión).
 - Sección 107 – Equipo de protección:
Trata sobre el equipo de protección que deben portar los trabajadores al momento de realizar alguna tarea.
 - Sección 109 – Trabajos en alturas:
Trata de la seguridad que se deberá tomar al momento de estar realizando trabajos en las alturas.
 - Sección 110 – Distancias de seguridad:
Trata de las distancias de seguridad necesarias en el lugar de trabajo.
 - Sección 111 – Licencias y libranzas:
Trata de las solicitudes de licencia y las libranzas que se deben realizar antes de comenzar algún trabajo.
 - Sección 119 – Trabajos en líneas energizadas:
Trata del reglamento que se debe seguir al estar trabajando especialmente en líneas energizadas.

Planeación.

Se realizó una planeación general de la maniobra donde los alumnos participaron al dar ideas y opiniones. El instructor permitió a los alumnos que eligieran materiales y cantidades que consideraban necesarias, por lo que la planeación elaborada por los alumnos no es exacta.

La maniobra a planear es “Instalación de estribos en líneas energizadas en estructura TS30 con plataforma”. El objetivo de dicha maniobra, consiste en colocar un conector estribo en cada una de las fases de la estructura. Para realizar esto, se deberá utilizar plataforma giratoria para que el liniero pueda cambiarse fácilmente de fase. Se hará utilizando el método aislado sobre aislado que consiste en que esté aislada tanto la estructura como el liniero. La planeación realizada quedó de la siguiente manera:

INSTALACIÓN DE ESTRIBOS EN LÍNEAS ENERGIZADAS EN ESTRUCTURA TS30 CON EL MÉTODO AISLADO SOBRE AISLADO (CON PLATAFORMA).

Materiales:

- Estribos de acuerdo al calibre instalado
- Alambre CU calibre 4, conectores varios (opcional)
- martillo
- desarmador
- pinza de electricista no. 9
- metro de madera (y plumón)

Herramientas:

- pinza hidráulica
- cepillo de alambre
- machete con funda y lima 2
- higrómetro
- radio portátil

Equipo de Línea Viva:

- protectores de línea viva: 9
- protectores de aislador: 3
- mantas lisas de 90 x 90: 6
- mantas ranuradas de 90 x 90: 4
- protectores de poste: 1 de 1'
- protectores de poste: 2 de 2'
- protectores de poste: 1 de 4'
- protectores de cruceta: 2
- protectores de punta de cruceta
- protectores de punta de poste: 1
- pinzas sujetadoras: 14
- botones: 1 paquete
- plataforma giratoria: 1 de 6'
- pivote: 1
- montura manopla: 1
- pértiga universal: 1
- pértiga escopeta: 1 de 6'
- aplicador ubangui: 1 ó 2
- guantas dieléctricos clase 2

- lona de 4x4
- mangas dieléctricas clase: 2
- conos preventivos: 8
- rollo de cinta preventiva: 1
- franelas: 4
- guantes de algodón: 4 pares
- guantes de liniero: 2 pares
- cinturón y bandola: 2
- maneadas: 2 pares
- polea y soga mandadera para LV: 2
- estrobos: 2

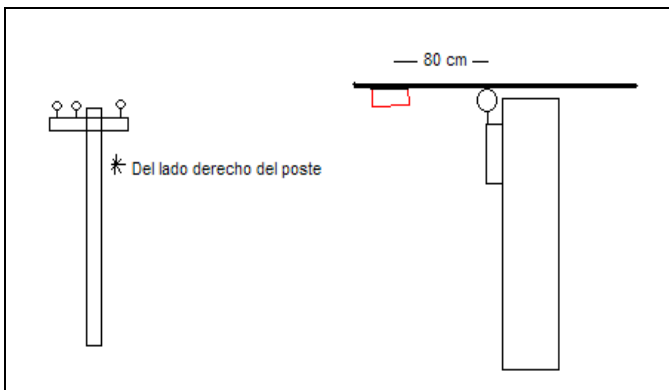
Equipo de seguridad

- casco dieléctrico
- barboquejo
- lentes de seguridad
- ropa de trabajo
- botas dieléctricas
- soga de ½"
- navaja

Nota: en el trayecto al punto de trabajo se pasará a bloquear el recierre del restaurador de Beisborama. (Tabla de libranza).

(Beisborama es un lugar que se encuentra en la ciudad de Córdoba, Ver., donde se realizó esta planeación. El liniero antes de ir a trabajar a la estructura indicada, deberá realizar este bloqueo en donde se encuentre el restaurador para que cuando esté trabajando en la línea asignada, éste no corra ningún peligro.)

Cabe aclarar que los datos y cantidades mencionadas anteriormente no son exactos, debido a que ésta es una planeación que se realizó con la opinión de todos los alumnos, los cuales es la primera vez que realizan una. Por ejemplo, se dijo que la distancia para colocar el estribo es a 80 cm. del poste, y el sistema marca que es a 70 cm. Ambas cantidades son correctas, sólo que cada liniero instructor lo indica según la forma en que él lo hace. Ya que estén trabajando divididos en 2 grupos, el instructor o el sistema les marcarán las cantidades correctas de cada cosa.



2. Sesión de selección de material y aprendizaje de la maniobra

Se dividió a los alumnos en 2 grupos de 12 integrantes cada uno. A continuación se describirán las actividades que tuvo cada grupo en esta sesión.

GTrad

La sesión del GTrad inició con la selección de material. El grupo fue llevado a la bodega de materiales por el instructor, y sacaron algunos de los materiales que se iban a necesitar para la maniobra, a fin de que los alumnos pudieran conocerlo y saber su funcionamiento. Cabe señalar, que no se contaba con todo el material, por lo que solamente sacaron el material que hubo disponible. En la planeación de la maniobra se mencionaron cantidades de material necesario, y el instructor, ahora en esta etapa, corrigió a los alumnos acerca de las cantidades realmente necesarias.

Una vez terminada la selección se fueron a un aula donde se les puso un video y el instructor les iba describiendo y explicando las acciones del liniero que salía en el video. No todos los pasos que aparecían en el video estaban correctos, por lo que el instructor corregía y explicaba los errores y la forma de hacerlo bien. Una vez que terminaron de ver el video, el instructor explicó cada paso del manual que tenía para la maniobra, y el instructor simulaba la forma de poner los materiales. Los alumnos anotaron en su libreta lo que creyeron conveniente y preguntaban y comentaban acerca de cada paso explicado por el instructor.

Esta sesión se llevó a cabo en 2 días, y en total tuvo una duración de 7 hrs.: 2 horas al terminar la sesión de seguridad y 5 horas el siguiente día.

GALEn

En el GALEn, se utilizó una computadora para 2 alumnos, debido a que no se contaba con una computadora para cada uno.

Se les dio una introducción al uso del sistema, es decir, se explicó al inicio de la sesión para qué es cada botón de la interfaz, a fin de que no tuvieran problemas para iniciar con el aprendizaje de la maniobra.

Al iniciar una maniobra, primero tienen que seleccionar el material que van a necesitar. Los participantes iniciaron eligiendo el material y cantidades correctas que les pidió el sistema, mientras reconocían las piezas y las cantidades, ya que en la planeación no se mencionaron siempre las cantidades correctas. Un instructor les dio una breve explicación del uso que se le daba al cada material y los tipos que existen, mientras los usuarios preguntaban si tenían alguna duda. Durante la selección de material también surgieron algunas dudas acerca del uso de la interfaz; los evaluadores, encargados del experimento, resolvieron las dudas.

Al terminar la selección de material, los usuarios empezaron a ver en el sistema cada paso de la maniobra, siguiendo las instrucciones que les daba el sistema, mientras que un instructor les complementaba cada paso.

Esta sesión, al igual que la del GTrad, se llevó a cabo en 2 días, y en total tuvo una duración de 7 hrs.: 2 horas al terminar la sesión de seguridad y 5 horas el siguiente día.

3. Sesión de evaluación teórica y práctica.

Al concluir el aprendizaje de la maniobra, ambos grupos fueron sometidos a una evaluación teórica que consistía en un examen, el cual se muestra en la sección 7.1.4.

Para la evaluación práctica, se formaron grupos de 2 personas que hubieran tenido el mismo grupo de aprendizaje, es decir, el grupo de aprendizaje tradicional y el grupo del sistema ALEn^{3D}. Cada pareja debería completar una serie de tareas indicadas por el evaluador, mientras un instructor se encontraba presente para determinar si la tarea realizada se llevó a cabo correctamente o no.

En un patio se extendió una lona donde se colocaron los materiales y herramientas necesarios para realizar la maniobra que aprendieron (ver **Figuras 7.1 y 7.2**), además de otros materiales que no se utilizaban en dicha maniobra, todo esto para que se pudiera observar el reconocimiento de material por parte de los participantes.



Figura 7.1 Equipo y materiales sobre la lona.



Figura 7.2 Equipo y Materiales sobre la lona.

Para realizar cada tarea, la pareja de linieros, debería utilizar los materiales adecuados y colocarlos en forma correcta, a fin de poder observar los aspectos indicados en la sección 7.1.4. (Ver **Figuras 7.3 y 7.4**)



Figura 7.3 *Alumnos en la evaluación práctica.*



Figura 7.4 *Alumnos en evaluación práctica.*

El tiempo que tardó cada pareja fue variable, mismo que se indicará en una gráfica posteriormente.

7.3 Resultados de los análisis

Las evaluaciones realizadas se analizaron para poder obtener los resultados. A continuación se mostrarán los resultados de la evaluación teórica y los resultados de la evaluación práctica, así como algunas gráficas comparativas de los mismos.

7.3.1 Resultados de la evaluación teórica

Se aplicaron a los alumnos 13 preguntas para la evaluación teórica mencionadas en la sección 7.1.4 de este capítulo. Los resultados obtenidos de dicha evaluación, se representaron en una tabla que se encuentra en el **Anexo G**.

El GTrad tuvo 137 aciertos de un total de 156; y la calificación promedio del grupo es de 87.91 de un total de 100.

El GALEn obtuvo un resultado de 135.5 aciertos de un total de 156; y la calificación promedio del grupo es de 86.95 de un total de 100.

La diferencia en el promedio de calificación entre un grupo y otro es de 0.96 puntos.

7.3.2 Resultados de la evaluación práctica

En el **Anexo G**, se muestra una relación de los equipos que se formaron para la evaluación práctica, la cual incluye los nombres de los participantes, el grupo al que pertenecen, la hora de inicio y término de la evaluación y algunas observaciones de cada equipo.

Las preguntas que se aplicaron a los alumnos para la evaluación práctica, se muestran en la sección 7.1.4 de este capítulo. Los resultados obtenidos de dicha evaluación, por equipo (parejas), se muestran en una tabla en el **Anexo G**.

Se obtuvo el total de puntos acumulados por cada equipo, el cual se puede observar en la última fila de la tabla G.2 (**Anexo G**). Haciendo la suma de los puntos obtenidos por cada equipo, el total del GTrad es de 265 de un máximo de 294 puntos; mientras que el total del GALEn es de 277 de un máximo de 294 puntos. La diferencia entre estos dos grupos es de 12 puntos.

7.3.3 Comparaciones entre grupos

Las gráficas presentadas en esta sección, ilustran los resultados de las evaluaciones, así como una comparación entre los 2 grupos. Los resultados muestran el desempeño que tuvieron los alumnos durante el desarrollo de la evaluación.

Gráficas pertenecientes al examen teórico.

La **Figura 7.5** muestra el número de aciertos que obtuvo cada participante del GTrad y del GALEn en el examen teórico, teniendo en cuenta que el puntaje máximo que se podía obtener es 13.

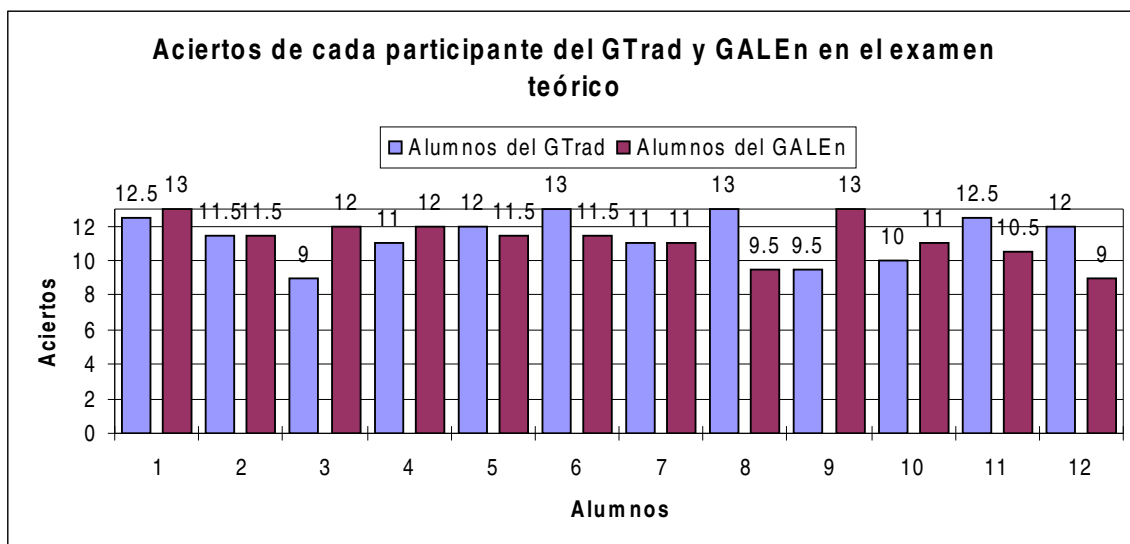


Figura 7.5 Resultados por participante del GTrad y GALEn en el examen teórico.

La **Figura 7.6** muestra la comparación de la suma de aciertos obtenidos por los miembros de cada grupo, donde el puntaje máximo que podía obtener un grupo podía ser de 156, pues son 12 alumnos con un máximo de 13 aciertos por alumno. En la gráfica se puede observar que el GTrad tiene una puntuación mayor, cuya diferencia es de 1.5 aciertos más en el examen que el GALEn.

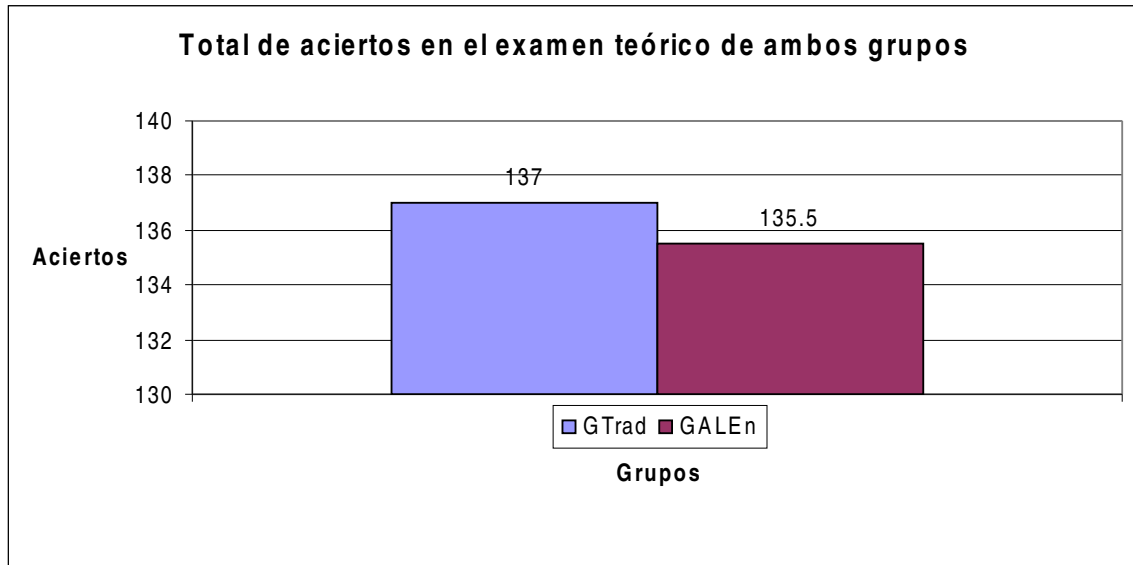


Figura 7. 6 Total de aciertos por equipo en la evaluación teórica.

Gráficas pertenecientes al examen práctico.

En la **Figura 7.7** se muestra el número de aciertos que obtuvo cada equipo (pareja) del GTrad y GALEn en el examen práctico, de un total de 49 puntos por equipo. Cabe recordar que se formaron 6 equipos de dos personas por cada grupo.

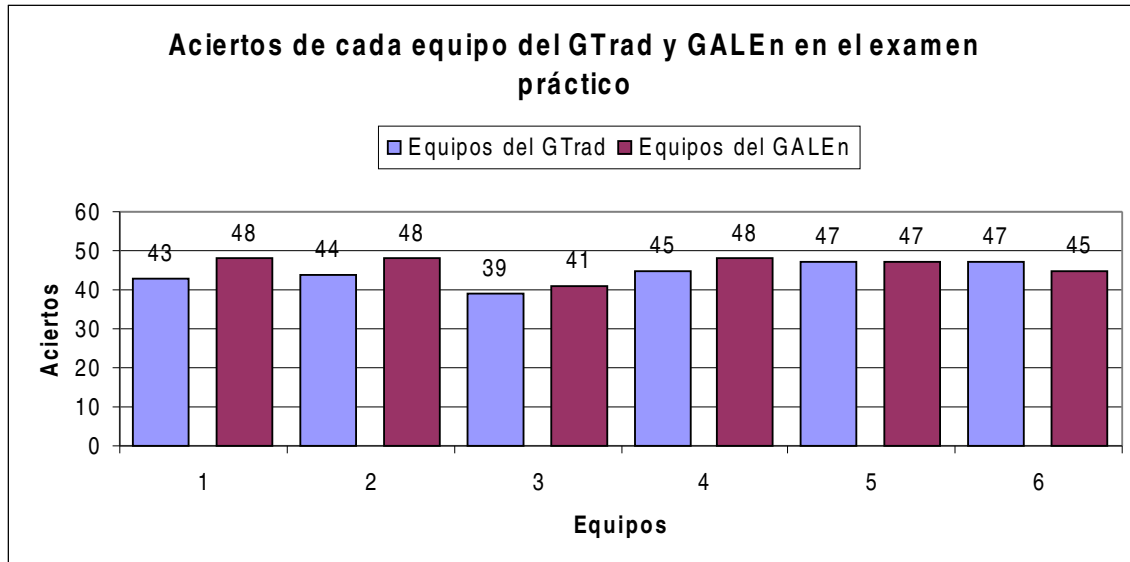


Figura 7.7 Resultados de cada equipo del GTrad y GALEn en el examen práctico.

La Figura 7.8 muestra la comparación de la suma de aciertos obtenidos por los equipos de cada grupo, donde el puntaje máximo que podía obtener un grupo podía ser de 294, pues se formaron 6 equipos por grupo con un máximo de 49 puntos por cada equipo. En la gráfica se puede observar que la diferencia entre los grupos es de 12 puntos, quedando con mayor puntaje el GALEn.

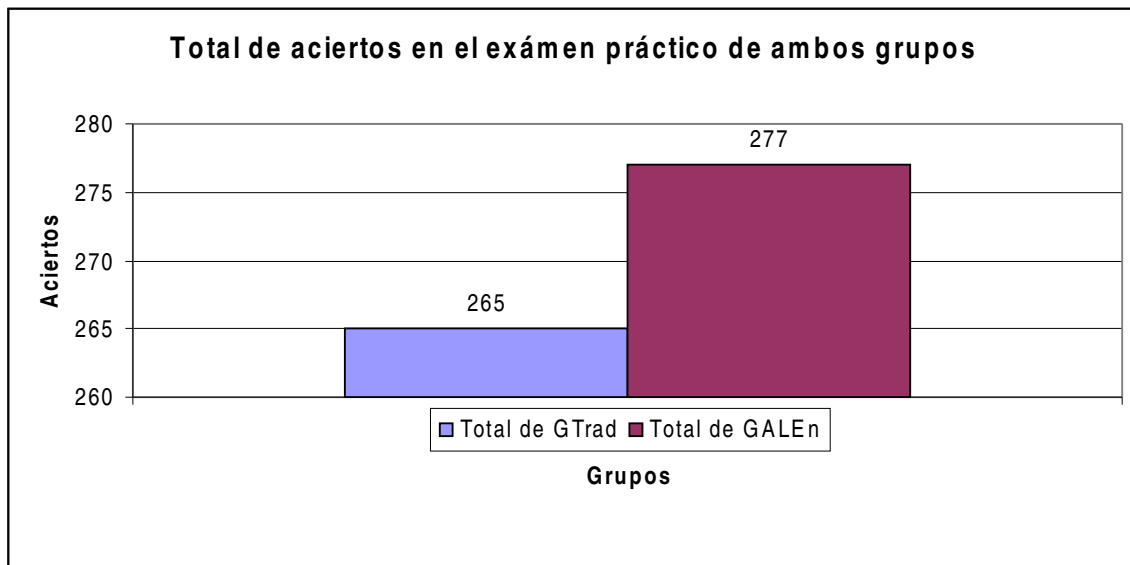


Figura 7.8 Total de aciertos por equipo en la evaluación práctica.

Gráficas finales.

Sumando los puntajes máximos que pudo tener cada grupo (del examen teórico y práctico), se obtiene la cantidad de 450 puntos. Al hacer la suma de los puntajes que

obtuvo cada grupo se obtienen las cantidades mostradas en la **Figura 7.9**, donde claramente se puede ver que el GTrad obtuvo un total de 402 puntos, mientras que el GALEn obtuvo 412.5. La diferencia entre ambos grupos es de 10.5 puntos, quedando con mayor puntaje el GALEn.

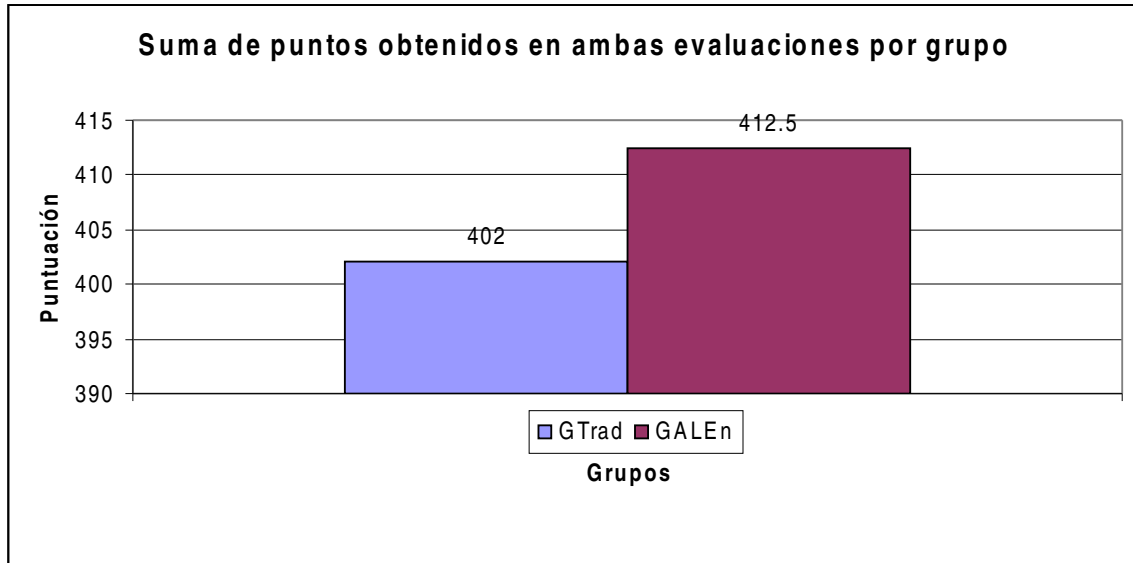


Figura 7.9 Total de la suma de puntos de ambas evaluaciones por grupo.

Cada equipo o pareja que participó de la evaluación práctica, desarrolló una serie de tareas, como se mencionó antes en este capítulo. A cada equipo le tomó un tiempo distinto terminar dichas tareas. La **Figura 7.10** muestra los tiempos utilizados por cada equipo y se puede observar que al GALEn le llevó un poco más de tiempo completar la evaluación práctica.

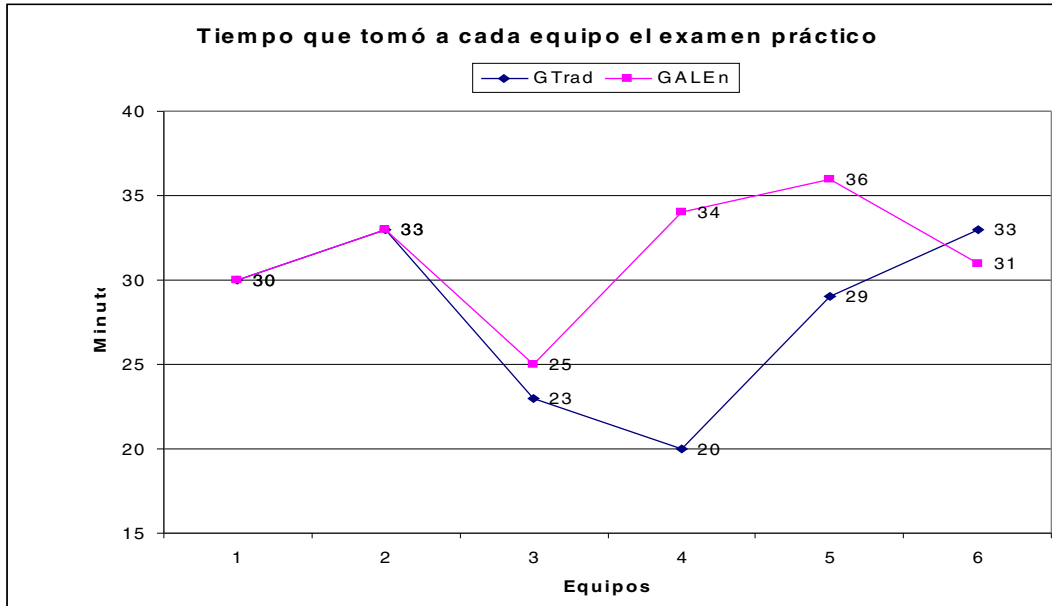


Figura 7. 10 Tiempo que llevó a cada equipo completar el examen práctico.

7.4 Discusión

A fin de poder emitir un diagnóstico real, se deberán tomar en cuenta algunos aspectos no planeados y fuera de nuestro control acerca del desarrollo del experimento. Dichas observaciones se muestran a continuación.

Observaciones.

Para poder llevar a cabo la evaluación, se solicitó un grupo de al menos 12 personas que no tuvieran conocimiento alguno acerca de la realización de maniobras, es decir, personal de CFE que recibiera capacitación por primera vez. El grupo que proporcionaron para dar capacitación se formó con 24 personas.

Uno de los puntos a observar es que la capacitación se llevó a cabo en poco tiempo, en comparación del tiempo que normalmente utilizan, ya que en esta evaluación se utilizaron 7 hrs. aproximadamente para la instrucción solamente de la maniobra y, en una capacitación normal, se llevan alrededor de 12 hrs., siempre y cuando se den las condiciones para ello. Esto es, que en una capacitación normal, se debe tomar en cuenta si existen en la bodega todos los materiales necesarios para que el alumno los pueda conocer (aunque generalmente no se encuentran todos), si el clima está en condiciones (que no llueva) de que se pueda asistir al lugar donde se simula y se le enseña al alumno la forma de realizar cada paso, etc.

Por otro lado, cabe aclarar que las condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas no fueron las óptimas, pues hasta que se estaba realizando el examen práctico, nos percatamos de que en el grupo de personas que invitaron para capacitarse, había algunas que ya tenían conocimiento al menos de los materiales y de su funcionamiento, hasta de la forma en que se realizaban algunos pasos. Se cree que esto pudo influir en el resultado del experimento, pues las personas con conocimiento siempre tomaban la iniciativa para realizar las tareas asignadas.

Otro de los puntos a observar es que los alumnos que fueron capacitados por el método tradicional (GTrad) eran capaces de explicar muy bien lo que debían de hacer en cierto caso, sin embargo al momento de llevarlo a la práctica algunos no sabían cómo se utilizaban los materiales o cómo se colocaban. Se cree que esto se debe a que el instructor pudo influenciar con anécdotas o algunos ejemplos de lo que se debe y no se debe hacer, pero no pudieron ver como se hacía.

En contraste, el grupo capacitado con el sistema (GALEn), no explicaba más allá de lo que iba a hacer pero si era capaz de llevarlo a cabo utilizando las herramientas adecuadas. Esto se cree que sucedió debido a que el sistema les permite ver la animación de cómo se deben utilizar los materiales y la colocación de las piezas, pero no les proporciona más ejemplos acerca de lo que pueden o no hacer.

Discusión

Ambos grupos han realizado un buen desempeño en la maniobra para la que se les preparó. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones muestran que el grupo que trabajó con el sistema (GALEn), obtuvo por muy poca diferencia un puntaje mayor al otro grupo.

Esto se cree que se debe a la enseñanza que el sistema les permite tener por medio de las animaciones acerca de cómo se realiza cada paso. Si a esto le agregamos que el sistema también permite al usuario poder practicar cuantas veces desee una maniobra, e incluso evaluarse dentro de la misma, el alumno quedará bien capacitado.

Con esto se puede concluir que con el sistema el usuario puede aprender de forma autónoma el caso ideal de la realización de una maniobra, sin embargo la enseñanza no se puede limitar sólo a eso, es decir, un instructor deberá resolver sus dudas e incluso, si es necesario, comentarles alguna otra forma en que puedan realizar un paso, ya que cada liniero va desarrollando su creatividad en la realización de pasos, según su experiencia.

Capítulo 8

Conclusiones

8.1 Conclusiones

La capacitación o enseñanza por medio de sistemas de computadora es un área que está en desarrollo constante. El uso de Realidad Virtual para la enseñanza se está utilizando cada vez más.

En este trabajo, se describe el desarrollo del sistema ALEn^{3D} desde sus inicios. Es un sistema de capacitación para linieros que utiliza la Realidad Virtual para enseñar paso a paso la forma de realizar su trabajo. Dicho sistema fue diseñado desde cero, especialmente para cubrir las necesidades de estos trabajadores.

El sistema ALEn^{3D} consta de un conjunto de maniobras de mantenimiento y prevención a líneas vivas. Dichas maniobras a su vez, constan de una serie de pasos consecutivos que permiten al trabajador prevenir accidentes. El sistema también cuenta con la posibilidad de consultar un catálogo de herramientas que muestra todos los equipos y materiales que serán necesarios para realizar dichas maniobras.

En la actualidad, existen muy pocos trabajos relacionados a la usabilidad en sistemas 3D. La usabilidad es la que permite conocer la eficiencia y la facilidad de uso que el sistema brinda al usuario. Dependiendo del grado de usabilidad que el sistema presente, es el impacto que éste causará en los usuarios.

Para poder mejorar la usabilidad en un sistema, se realizan pruebas y análisis de usabilidad cuyos resultados ayudan al diseñador a mejorar dicho sistema. Cabe mencionar que la mayoría de las técnicas de análisis de usabilidad que existen están enfocadas al diseño *Web*, sin embargo, en este trabajo se utilizaron dichas técnicas aplicándolas al uso del sistema ALEn^{3D}.

Las pruebas de usabilidad realizadas resultaron de gran utilidad para el diseño de la interfaz porque, permitieron a los desarrolladores corregir detalles importantes antes de presentar el sistema al usuario final.

Estas pruebas se aplicaron durante todas las etapas de desarrollo del sistema, hasta concluir con las pruebas realizadas a los usuarios finales para conocer la efectividad y el impacto que causó el sistema en su aprendizaje.

Sin embargo, las pruebas finales realizadas no se aprovecharon al cien por ciento conforme a lo planeado, ya que algunos de los usuarios finales que colaboraron en estas ya tenían conocimiento acerca de la forma en que se realizaban las maniobras.

A pesar de esto, el estudio que se realizó para conocer el impacto que tuvo el sistema en el aprendizaje de los usuarios arrojó como resultado que los usuarios que utilizaron el sistema para aprender una maniobra, fueron más capaces de llevar a la práctica lo aprendido, pues el sistema les mostró por medio de la realidad virtual la forma en que se manipulan o colocan los objetos.

Los usuarios que aprendieron en una forma tradicional, es decir con un instructor que utiliza una grabación en video para explicar, fueron capaces de explicar mejor verbalmente la forma en que se realiza un paso pero llevarlo a la práctica se les dificultó un poco más.

El sistema ALEn^{3D} proporcionó a los usuarios una forma más interactiva de aprender las maniobras, ya que por ser un sistema que utiliza la RV para dar instrucción y que permite practicar las veces que se desee, es muy llamativo e interesante para el usuario.

8.2 Trabajo futuro

Aún queda trabajo por hacer para el sistema ALEn^{3D}. Hasta el momento, el Grupo de Realidad Virtual del Instituto de Investigaciones Eléctricas ha desarrollado aproximadamente 10 maniobras de las 41 existentes. Se deberá continuar con todo el proceso de desarrollo del resto de las maniobras, así como con ajustes a la interfaz.

En este trabajo se realizaron estudios de usabilidad con los usuarios finales, sin embargo una vez que el sistema se considere terminado, se podrán aplicar más estudios para determinar posibles cambios y correcciones en las maniobras.

Para este sistema, la animación de cada paso en una maniobra se limitó a realizar cada uno en su forma ideal, es decir sin poder cometer posibles equivocaciones en las animaciones al momento de que el usuario interactúe con el sistema. A futuro, se pueden desarrollar más animaciones para cada paso, donde se incluyan posibles errores y se permita que el usuario caiga en uno de ellos y el sistema lo lleve hasta las consecuencias que éste provoque.

También se podrá continuar el desarrollo a fin de que en este sistema se pueda utilizar RV inmersiva y sea aún más real para el usuario.

El sistema se podrá adaptar para en un futuro poder utilizarlo desde el *Internet*, a fin de que los usuarios puedan acceder a él desde cualquier localidad en la que se encuentren. Para ello, habrá que reducir el peso de las animaciones.

Con la aplicación de estos estudios de usabilidad, se puede diseñar un nuevo estudio que se enfoque a la Realidad Virtual, es decir, una evaluación más específica para los sistemas en 3D.

Referencias

(5DT, 2005)

5DT Fifth Dimension Technologies, Virtual Reality for the Real World, High Voltage Line Inspection Training System

<http://www.5dt.com/products/pcbthvlineinspect.html>, Fecha de consulta: Septiembre 2005.

(AEP, 2005)

American Electric Power. <http://www.aep.com/> Fecha de consulta: Octubre 2005.

(Agras, 2001)

Agras, Mónica. Artículo: "Cromoterapia: el rojo."

<http://www.deon.com.ar/74agras.html> Fecha de consulta: Marzo 2005.

(Anguita, 2006)

Anguita, 2006. Anguita Navas, Juan Manuel. "Técnicas y herramientas de evaluación online". Vértice e-learning. No se encontró fecha de la publicación, por lo que se puso la fecha en que estuvo disponible.

http://www.verticelearning.com/articulos/tecnicas_y_herramientas_de_evaluacion_on_line.html Fecha de consulta: Enero 2006.

(Arroyo y Los Arcos, 1999)

Eder Arroyo, José Luis Los Arcos, IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Volume I, Volume1, June 07, 1999, Florence Italy, "SRV: A Virtual Application to Electrical Substations Operation Training".

(Ascom, 2005)

Ascom Group. http://www.ascom.com/about_ascom/our_company.htm Fecha de consulta: Mayo 2005.

(ATC, 2006)

Associated Training Corporation. <http://www.atc-trng.com/> Fecha de consulta: Enero 2006.

(Ayala, 2004)

Ayala García, Andrés. “*Prototipo para la Capacitación de Operadores de Control (PCOC)*”. Reporte técnico. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Mor. Mexico 2004

(Benford, 2005)

Benford, Steve. Understanding the User. <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/~sdb/uid/topic%20%20-%20understing%20the%20user.pdf> Fecha de consulta: Marzo 2005.

(BHA, 1998)

BHA Group, Inc., 1998, “*Electrostatic Precipitator Products*”, Interactive Control Room View. <http://www.bha.com/products/espprod/dac-01c.htm>. Fecha de consulta: Julio 2003.

(BNFL, 2005)

BNFL. British Nuclear Group. <http://www.bnfl.com/index.php?pageID=67> Fecha de consulta: Mayo 2005.

(Burdea y Coiffet, 2003)

Burdea, Grigore C. y Coiffet, Philippe. “*Virtual Reality Technology*”, Second Edition, Wiley-Interscience. 2003

(Candia, 2000)

Candia, Alejandra. “La Educación Virtual: ¿Una Alternativa A La Educación Tradicional?” <http://www.utdt.edu/eduforum/ensayo10.htm> Fecha de consulta: Diciembre 2005.

(CFE, 2004)

Comisión Federal de Electricidad. *CAMMED (CAtálogo Multimedia de Maniobras En Distribución)* Videos “Mantenimiento a líneas vivas” México 2004.

(Colorblindness, 2005)

“Colors for the Color Blind” About Coloblindness. <http://www.toledo-bend.com/colorblind/aboutCB.html> Fecha de consulta: Julio 2005.

(CSA, 2005)

Cooperative Services Alliance. <http://www.csahome.coop/> Fecha de consulta: Octubre 2005.

(Cawley, 2003)

Cawley, James C. “*Overhead Power Line Contact Alarm for Mobile Equipment*”

- Pittsburgh Research Laboratory, National Institute for Occupational Safety and Health, USA. <http://www.cdc.gov/niosh/mining/projects/oplca.html>. Fecha de consulta: Abril 2003.
- (ENCORP, 2005)**
ENCORP, Energy Management Center <http://www.encorp.com> Fecha de consulta: Septiembre, 2005
- (Farnum, 2002)**
Farnum, Chris. “[What an IA Should Know About Prototypes for User Testing](#)”. Julio 29, 2002. “Lo que un IA debería saber acerca de prototipos para pruebas con usuarios”. Traducido por Jorge Vergara. Abril 3, 2004. <http://aifia.org/es/translations/000349.html> Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Furhmann, 2000)**
Furhmann Anton L., Grimmel Betina. Teaching in Virtual Reality – concepts and evaluation. www.evaluiere.de/infos/veroeff/002.pdf Fecha de consulta: Enero 2006.
- (Galeano, 2000)**
Galeano G, Javier B. “La realidad Virtual” <http://www.monografias.com/trabajos4/realvirtual/realvirtual.shtml> Fecha de consulta: Mayo 2005.
- (Gea, 2002)**
Gea, Miguel. “Diseño”. Universidad de Granada. Presentación de Power Point. <http://griho.udl.es/ipo/transpas/ingsoft.ppt> Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Gonyeau, 2003).**
Gonyeau, Joseph 2003. “*The Virtual Nuclear Tourist, Nuclear Power Plants Around the World*”. <http://www.nucleartourist.com/>. Fecha de consulta: Julio 2003.
- (Hochstein, 2002)**
Hochstein, Lorin. “GOMS” <http://www.cs.umd.edu/class/fall2002/cmssc838s/tichi/printer/goms.html> Fecha de consulta: Abril 2005.
- (Hom, 1996)**
Hom, James. “Evaluación Heurística” 1996. <http://www.entrelinea.com/usabilidad/inspeccion/Heur.htm> Fecha de consulta: Octubre 2004.
- (Huan-Wen and Chin-Ming, 2000)**

Huan-Wen Tzeng, Chin-Ming Tien. MM". Proceedings of 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 2, pp. 971-976, 2000.

(HVRC, 2005)

Halden Virtual Reality Centre, "Focus Areas"

<http://www.external.hrp.no/vr/index.html> Fecha de consulta: Septiembre, 2005

(IFE, 2005)

IFE, Institute for Energy Technology, "Laboratories" <http://www.ife.no>

Fecha de última actualización: septiembre, 2005

(IIT, 2005)

Illinois Institute of Technology. The Delphi Method.

<http://www.iit.edu/~it/delphi.html> Fecha de consulta: Enero 2006.

(ISO/IEC9126, 2001)

ISO/IEC 9126. International Organization for Standardization on Software Product Quality. 2001.

(Jornada, 2004)

Periódico "La Jornada". <http://www.jornada.unam.mx> Fecha de consulta: Octubre 2004.

(Kyushu, 2004)

Kyushu. <http://www.kyuden.co.jp/english/Distribution/English/Department/Distribution5.html> Fecha de consulta: Junio 2004.

(L3_MAPPS, 2005)

L3 – MAPPS Communications, Marine, Power and Space

http://www.mapps.l-3com.com/L3_MAPPS/index.shtml, L3_MAPPS, 2005.

Fecha de consulta: Septiembre 2005.

(Labein, 2005)

Labein tecnalia, Investigación y desarrollo tecnológico

<http://www.labein.es/> Fecha de consulta: Septiembre 2005.

(LATTC, 2005)

LATTC Los Angeles Trade Tech College.

http://www.lattc.cc.ca.us/dept/TCAS/cat0001/ct_Apprenticeship.htm Fecha de consulta: Octubre 2005.

(Leal et al., 2004)

Leal Aulenbacher, Ilse. “*Desarrollo del Prototipo de un Sistema de Distribución de Energía Eléctrica usando Realidad Virtual*”. Informe técnico parcial. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Mor. Mexico 2004

(Manchón, 2003)

Manchón, Eduardo. Webestilo, usabilidad programación y mucho más.
“Evaluación heurística por expertos”
<http://www.webestilo.com/guia/articulo.phtml?art=40> Fecha de consulta: Octubre 2005.

(Mayora, 2004)

Mayora Ibarra, Oscar. “Técnicas de usabilidad” Interacción Humano Computadora. ITESM Campus Morelos. 2004.

(Mercovich, 1999)

Mercovich, Eduardo. “*Diseño de Interfaces y Usabilidad: cómo hacer productos más útiles, eficientes y seductores.*” Siggraph 99. Buenos Aires, Argentina.
<http://planeta.gaiasur.com.ar/infoteca/siggraph99/disenio-de-interfaces-y-usabilidad.html>. Fecha de consulta: Enero 2005.

(Mitsubishi, 2005)

Mitsubishi Heavy Industries Europe <http://www.mitsubishi-heavy.de/> Fecha de consulta: Mayo 2005.

(Nielsen, 1994)

Nielsen, Jacob. “Usability Engineering”. Morgan Kauffman Ed. 1994.

(Nielsen, 1997)

Nielsen, Jacob. *Discount Usability for the Web.*
http://www.useit.com/papers/web_discount_usability.html Fecha de consulta: Junio 2005.

(Nielsen, 2000)

Nielsen, Jacob. *How to conduct a heuristic evaluation.*
http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html Fecha de consulta: Junio 2005.

(NLC, 2006)

Northwest Lineman College, The Benchmark Standard of Training.
<http://www.lineman.com/about.cfm> Fecha de consulta: Enero 2006.

(NPTI, 2005)

Nacional Power Training Institute. <http://npti.nic.in/mainpage.html> Fecha de consulta: Octubre 2005.

(Parker, 1998)

Parker, Lynne., Draper, John. Robotics Applications in Maintenance and Repair. <http://www.cs.utk.edu/~parker/publications/Handbook99.pdf> Fecha de consulta: Enero 2006.

(Pauline, 2002)

Pauline, Martín. “Tipos de evaluación en el proceso enseñanza-aprendizaje” Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”. <http://www.uca.edu.sv/investigacion/edudistancia/unidad3.html#un1> Fecha de consulta: Enero 2006.

(Pavón et.al., 2006)

Pavón, Pilar. Pérez, Dolores y Lafuente Varela. “La evaluación en los cursos online”. Centro Virtual Cervantes. http://cvc.cervantes.es/obref/formacion_virtual/metodologia/pavon.htm Fecha de consulta: Enero 2006.

(Pérez et al, 2004)

Pérez Ramírez, Miguel., Zabre Borgaro, Eric., Islas Pérez, Eduardo. “*Prospectiva y ruta tecnológica para el uso de la tecnología de realidad virtual en los procesos de la CFE*”. IIE/GSI/022/2003. Reporte Final. Presentado a la SUBDIRECCIÓN TÉCNICA de la CFE por la DIVISIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Mor. México. 2004

(PLAGENSTI-IIE-2, 2001)

Instituto de Investigaciones Eléctricas, Octubre 2001, “*Plataforma Genérica para Aplicaciones de Sistemas Tutoriales Inteligentes en Capacitación y Adiestramiento de personal técnico de centrales Eléctricas*”, PLAGENSTI-IIE-2

(Powerlink, 2005)

Powerlink, Queensland. <http://www.powerlink.com.au/asp/index.asp> Fecha de consulta: Mayo 2005.

(Pressman, 1993)

Pressman, Roger S. “Ingeniería de Software, un enfoque práctico” Tercera edición. Ed. Mc. Graw Hill. 1993.

(RIBIE, 2000)

RIBIE, 2000. Jorge Andrick Parra Valencia, Olga Lucía Moya García, Sonia Helena Velasco Rincón “Seviba: realidad virtual para el aprender a aprender. Una reflexión alrededor del desarrollo del software constructivista basado en pensamiento sistémico”

<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/demos/43/> Fecha de consulta: Diciembre 2005.

(Richter, 1997)

Richter, Heather. GOMS,

http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/!rodney/HAR_GOMS_Fall97.html. Fecha de consulta: Marzo 2005.

(ROBTET, 1995)

ROBTET. ROBot para Trabajos En Tensión.

<http://cela.disam.etsii.upm.es/robotica/proyectos/robtet/index.html> Fecha de consulta: Enero 2006.

(Rodríguez, 2004)

Rodríguez Gallegos, Eric. “*Prototipo de un Turbogenerador Eléctrico Usando Técnicas de Realidad Virtual*”. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 2004.

(Rodríguez y Pérez, 2004)

Rodríguez Gallegos, Eric. Pérez Ramírez, Miguel. “*Desarrollo de un Prototipo de un Turbogenerador*”. Informe técnico parcial. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Mor. México. 2004.

(RRPP, 2005)

RRPP Planet. “Psicología del color”. Artículo creado en la Universidad Hispanoamericana de Costa Rica. <http://www.rrppnet.com.ar/psicologiadelcolor.html> Fecha de consulta: Marzo 2005.

(Ruiz, 2002)

Ruiz del Pinto, Laura. “Evaluación, tipos de evaluación”. Revista de posgrado de la VIa cátedra de Medicina No. 118.

<http://med.unne.edu.ar/revista/revista118/evaluacion.html> Fecha de consulta: Enero 2006.

(Siemens, 2005)

SIEMENS. Planta Virtual con Tecnología Corporativa.

<http://www.siemens.co.uk/index.jsp> Fecha de consulta: Mayo 2005.

(SLTC, 2006)

Southeast Lineman Training Center, Training Lineworkers of the future.
<http://www.lineworker.com/ELP%20Course%20Overview.htm> Fecha de consulta:
Enero 2006.

(Sonoda et al, 2000)

Sonoda, Yoshiaki. Yoshimoto, Nobuya. Morimura, Kouichi. Nakatani, Takafumi. Matsuzaki, Suemi. 2000, “*Development of Plant Training Simulator Based on Virtual Reality*“ Mitsubishi, Heavy Industries, Ltd., Technical Review Vol. 37, No. 1, Feb. 2000. <http://www.mhi.co.jp/tech/htm/00371t/e0037105t.htm>. Fecha de consulta: Julio 2003

(Steeve, 2003)

Soar Training Expert for Virtual Environments, “*Steeve in Action*”,
<http://www.isi.edu/isd/VET/steve-demo-screenshots.html>. Fecha de consulta:
Julio 2003.

(Tecnatom, 2005)

TECNATOM, S.A, Sistemas de Realidad Virtual
<http://www.tecnatom.com/espanol/catalogo/catalogo.php?idSeccion=16&idSubseccion=35>, Tecnatom, 2005
Fecha de consulta: Septiembre 2005.

(TECT, 2005)

Technical Electrical Consulting and Training. <http://www.tect-inc.com/courses.php> Fecha de consulta: Octubre 2005.

(txipinet, 2005)

Txipinet. “Diseño de GUIs”. <http://www.txipinet.com/gui3.php> Fecha de consulta:
Marzo 2005.

(Usability, 2002)

Usability First. “Usability Glossary: CMN-GOMS”, “Methods: GOMS. Online guide to usability resources.” Fecha de consulta: Marzo 2005.
<http://www.usabilityfirst.com/methods/goms.txl>
http://www.usabilityfirst.com/glossary/main.cgi?function=display_term&term_id=35

(User-experience, 1997)

- User-experience.org “Site Usability Heuristics for the Web”.. <http://user-experience.org/uefiles/writings/heuristics.html> Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Virtalis, 2005)**
VIRTALIS, Systems and Services
<http://www.virtalis.co.uk/content/blogcategory/66/156/>, Virtalis, 2005
Fecha de consulta: Septiembre 2005.
- (Villa, 2003)**
Villa, Luis. Talleres del web. Artículo: “Empleo del color”.
http://www.talleresdelweb.com/index.php?tdw=ttl_articulos&id=13&acc=93
Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Wharton et al., 1994)**
Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C., & Polson, P., (1994). The cognitive walkthrough method: A practitioner's guide. Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Wikipedia, 2006)**
Wikipedia, La enciclopedia libre. “Realidad Virtual”
http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_Virtual Fecha de consulta: Marzo 2005.
- (Zaiantz, 2003)**
Zaiantz, Jack. “Usability without users”.
<http://www.puddledock.com/design/files/QATalk.ppt#17> Fecha de consulta:
Octubre 2005.
- (Zulkardi, 2005)**
Zulkardi. Triangulation in Educational Research.
<http://www.geocities.com/zulkardi/submit3.html> Fecha de consulta: Enero 2006.

Anexo A

Técnicas de usabilidad

A.1 GOMS – *Goals Operators Methods & Selection rules*

GOMS es una familia de técnicas propuestas por Card, Moran y Newell (1983), para modelar y describir el desempeño de las tareas humanas.

GOMS está compuesto por Metas, Operadores y Reglas de Selección, que son los componentes que son usados para construir los bloques del modelo GOMS.

- *GOALS*: representan las metas de los usuarios a cumplir, usualmente especificadas de manera jerárquica.
- *OPERATORS*: son las acciones básicas que el usuario debe realizar para usar el sistema y llegar a la meta.
- *METHODS*: son las distintas formas de llevar a cabo las acciones en el sistema.
- *SELECTION Rules*: se refiere a identificar qué métodos se utilizarán para hacer una tarea y en consecuencia definir las reglas de uso posibles.

Existen diferentes variantes de este método, las cuales conforman la Familia GOMS. A continuación se mencionan y explican dichas variantes.

Familias del Método GOMS:

CMN-GOMS – Card, Moran Newell

KLM-GOMS – *Keystroke Level Model*

NGOMSL – *Natural GOMS language*

CPM-GOMS – *Cognitive Perceptual Motor in Critical Path Method*

A.1.1 Keystroke-Level Model (KLM)

El KLM es la variante más simple de GOMS. Se usa principalmente en modelos con aplicaciones que usan *mouse* y editores de texto, estaciones de trabajo para operadores de asistencia telefónica, operaciones en sistemas de bases de datos y software CAD/CAM.

Fue descrito por Card, Moran y Newell en los años 80 (Mayora, 2004). Este modelo se enfoca en unidades de tareas que usan un número pequeño de operaciones ordenadas. El KLM no se enfoca en las tareas más cognitivas tales como escribir un párrafo o en la creación de un diagrama ya que asume que no habrá actividad mental de alto nivel mientras se ejecuta la tarea.

Los tiempos de la predicción son simplemente la suma de los tiempos de ejecución de las operaciones individuales.

Las operaciones físicas que son realizadas por los usuarios, así como sus valores en segundos son los siguientes (Benford, 2005):

Tabla A. 1 Operaciones del KLM.

LETRA	NOMBRE	ACCIÓN	VALOR en segundos
K	<i>Keystroking</i>	Golpe de teclado	0.12s
B	<i>Pressing</i>	Presión del botón del <i>mouse</i>	0.1s
P	<i>Pointing</i>	Movimiento del <i>mouse</i> o de otro dispositivo hacia un lugar diferente	1.1s
H	<i>Homing</i>	Cambiar la mano del <i>mouse</i> al teclado y viceversa	0.4s
D	<i>Drawing</i>	Dibujar líneas con el <i>mouse</i>	varios
M	<i>Mentally</i>	Preparación mental para una acción física	1.35s
R	<i>System response</i>	Respuesta del sistema	varios

Así, cada tarea delimitará a la siguiente. Los tiempos individuales para cada una de las tareas pueden ser diferentes dependiendo de los usuarios, el *hardware* y el uso por lo que los promedios tendrían que ser determinados por la experimentación.

Ejemplo:

Meta: Minimizar la ventana

Método 1. Usar el menú

1. Mover el *mouse* a la barra de encabezado
2. Hacer *click* en el botón derecho de *mouse*
3. Mover el *mouse* a la opción minimizar

4. Hacer *click* en el botón izquierdo del *mouse*

Método 2. Usar el botón de la barra de encabezado

1. Mover el *mouse* al botón minimizar en la barra de encabezado.
2. Hacer *click* en el botón izquierdo del *mouse*

Método KLM

Método 1. Usar el menú

M	1.35 s
H: Mover mano hacia el <i>mouse</i>	0.4 s
P: Apuntar a la barra de encabezado	1.1 s
B: Hacer <i>click</i> en el botón derecho	0.1 s
P: Apuntar a la opción minimizar	1.1 s
B: Hacer <i>click</i> en el botón izquierdo	0.1 s
Total:	3.43 s

Método 2. Usar el botón de la barra de encabezado

M	1.35 s
H: Mover mano hacia el <i>mouse</i>	0.4 s
P: Apuntar al botón minimizar en la barra de encabezado	1.1 s
B: Hacer <i>click</i> en el botón izquierdo	0.1 s
Total:	2.41 s

En el ejemplo anterior, podemos ver que para lograr la meta, se divide ésta en acciones, a las cuales se les asignan los tiempos correspondientes según la tabla. Al final se hace una sumatoria para conocer el total de tiempo que lleva realizar dicha meta.

El analizar los resultados para realizar la actividad del KLM puede sugerir las maneras de cómo mejorar el sistema demostrando que tareas u operaciones son las que están tomando la mayor parte del tiempo.

A.1.2 Card, Moran and Newell GOMS (CMN-GOMS)

CMN-GOMS es el modelo original propuesto por Card, Moran y Newell en 1983 (Mayora, 2004). CMN-GOMS agrega una estructura jerárquica al modelo KLM utilizando reglas de selección y metas. Las tareas son organizadas como una serie de metas y submetas. Un modelo CMN-GOMS puede predecir secuencias de operadores que son ejecutadas en un tiempo y ser representado en forma de un programa. Se usa

principalmente en procesadores de palabras, sistemas CAD para diseño ergonómico y páginas *web*.

La jerarquía puede descomponer tareas en muchos niveles de subtareas, con los operadores que son ejecutados en forma secuencial (Richter, 1997).

Ejemplo:

Método CMN-GOMS

Meta: Minimizar Ventana

[*Select* Meta: Usar el menú

Mover el *mouse* a la barra de encabezado

Hacer *click* en el botón derecho

Mover el *mouse* a la opción minimizar

Hacer *click* en el botón izquierdo

Meta: Usar el botón de la barra de encabezado

Mover el *mouse* al botón de la barra de encabezado

Hacer *click* en el botón izquierdo

Reglas de Selección:

Usuario Jorge:

Regla 1: Usar el método menú, a menos que otra regla aplique.

Regla 2: Usar el método botón, si el *mouse* tiene un botón

En el ejemplo podemos observar la meta, que es minimizar una ventana, dividida en submetas, que son cada una de las acciones que se deben llevar a cabo.

A.1.3 *Natural GOMS Language* (NGOMSL)

NGOMSL se basa en CMN-GOMS proponiendo una noción de lenguaje natural para representaciones de modelos GOMS. Los métodos son representados en términos de una teoría cognitiva conocida como *Cognitive complexity theory* (CCT), esta teoría cognitiva incorpora operadores internos que permiten manipular la información y el trabajo de la memoria. Fue desarrollado por Polson y Kieras en 1988.

Método NGOMSL

Método para la meta: Cortar texto

Paso 1. Conseguir la meta: Seleccionar el texto.

Paso 2. Regresar que el comando esta cortado, y conseguir la meta:

Realizar un comando.

Paso 3. Regresar con la meta cumplida.

...

Conjunto de reglas de selección para la meta: Seleccionar el texto

Si el texto es una palabra, entonces conseguir la meta: Seleccionar la palabra.

Si el texto es arbitrario, entonces conseguir la meta: Seleccionar el texto arbitrario.

Regresar con la meta cumplida.

...

Método para la meta: Seleccionar el texto arbitrario

Paso 1. Determinar la posición del inicio del texto (1.20 seg)

Paso 2. Mover el cursor al inicio del texto (1.10 seg)

Paso 3. Presionar el botón del *mouse*. (0.10 seg)

Paso 4. Mover el cursor al final del texto. (1.10 seg)

Paso 5. Soltar el botón del *mouse*. (0.48 seg)

Paso 6. Verificar que el texto correcto está seleccionado. (1.20 seg)

Paso 7. Regresar con la meta cumplida.

Como se puede observar, la meta ha sido dividida en pasos a seguir. Según estos pasos, y tomando en cuenta el tiempo estimado para cada una, este modelo predice que tomará 5.18 segundos seleccionar el texto arbitrario.

A.1.4 Cognitive-Perceptual-Motor GOMS (CPM-GOMS)

CPM-GOMS se basa en los modelos previos de GOMS asumiendo los operadores perceptivos, cognitivos y motores que se pueden realizar en paralelo. Emplea un diagrama (también conocido como diagrama de PERT) para representar operadores y dependencias entre los operadores. CPM-GOMS también se conoce como *Critical-Path-Method* GOMS. La **Figura A.1** es un ejemplo de un diagrama para implementar la tarea de leer pantalla y el movimiento que se requiere del ojo.

La secuencia que produce la trayectoria más larga a través del diagrama se llama la trayectoria crítica, y representa una estimación del tiempo total requerido para realizar la tarea.

Esta figura muestra la secuencia que se seguirá para cumplir el objetivo, la cual es:

- Atender a la información 50 mseg
- Iniciar el movimiento del ojo 50 mseg
- Realizar el movimiento del ojo 30 mseg

- Percibir la información 100 msec
- Verificar la información 50 msec

En este caso (si se asume que es una señal visual binaria simple en la pantalla) y tomando en cuenta los tiempos sugeridos en la figura, la trayectoria crítica es $50+50+30+100+50=280$ milisegundos. El modelo, mostrado en la **Figura A.1**, asume que la percepción visual, las operaciones cognitivas, y los movimientos del ojo pueden ocurrir en paralelo.

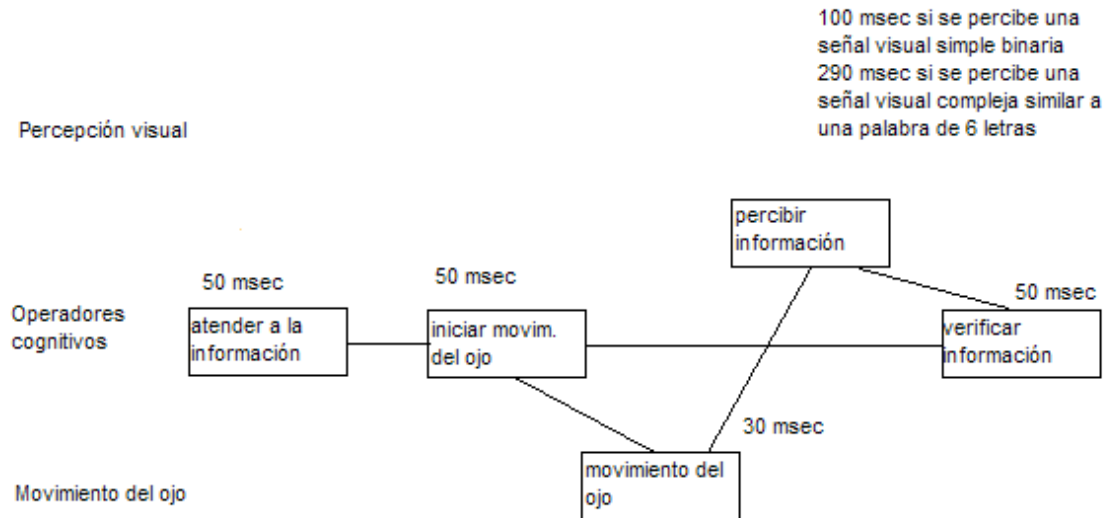


Figura A. 1 Modelo del CPM – GOMS (Hochstein, 2002)

CPM-GOMS estima generalmente ejecuciones seriales de las unidades de tareas para ser más rápido que la otra versión de GOMS.

Las técnicas del GOMS ofrecen una gran ventaja para realizar las pruebas, pues son flexibles al poder realizarse en cualquier etapa del diseño, es decir, se pueden realizar antes, durante y después del desarrollo del sistema.

A.2 Recorrido Cognitivo

El recorrido cognitivo se plantea como una técnica de revisión donde los evaluadores expertos construyen escenarios para las tareas a partir de una especificación o de un prototipo temprano para desempeñar después el papel del usuario trabajando con la interfaz en cuestión (recorriendo la interfaz). Actúan como si la interfaz estuviera completamente construida y ellos (en el papel del usuario tipo) estuvieran trabajando a

través de las tareas que realizan. Se controla cada paso que ha de realizar el usuario: callejones sin salida en los que la interfaz bloquea al usuario y le impide completar su tarea indicarán que algo falta en la interfaz. Caminos complejos y sinuosos a través de las secuencias de funciones indicarán que la interfaz requiere de una nueva función que simplifique la tarea y evite el colapso.

En esta técnica se designa una tarea a realizar y se llevan a cabo las ejecuciones propias de dicha tarea. Para cada acción el usuario tratará de realizar la selección adecuada y el sistema deberá dar la retroalimentación correspondiente.

Hay que tomar en cuenta algunos aspectos para realizar el Recorrido Cognitivo, estos son:

1. Definir las entradas del Recorrido Cognitivo (RC)
 - a. Identificación de usuarios
 - b. Tareas ejemplo para evaluación
 - c. Secuencias de acciones para completar las tareas
 - d. Descripción o implementación de la interfaz

2. Reunirse para realizar el RC
 - a. Describir las metas del recorrido
 - b. Describir lo que será hecho durante RC
 - c. Describir lo que no será hecho durante RC
 - d. Explícitamente evitar motivos para adoptar una actitud defensiva
 - e. Poner las reglas en un lugar visible
 - f. Asignar roles
 - g. Apelar por reconocimiento del líder

3. Recorrer las secuencias de acciones para cada tarea
 - a. Decir una historia creíble para estas dos preguntas:
 - ¿Sabrá el usuario que hacer en este paso?
 - ¿Si el usuario hace lo correcto, sabrán que hicieron lo correcto, y que están progresando hacia su meta?
 - b. Mantener el control del RC, asegurarse de que las reglas se están respetando.

4. Registrar la información crítica
 - a. Posibles problemas de aprendizaje
 - b. Ideas de diseño
 - c. Huecos o faltantes del diseño
 - d. Problemas en el análisis de tareas

5. Revisar la interfaz para solucionar los problemas

Para cada paso en el análisis de las tareas son necesarias 4 preguntas:

(Wharton et al., 1994)

1. ¿Intentará el usuario realizar el efecto correcto?
2. ¿Notará el usuario que hay una acción correcta disponible?
3. ¿Asociará el usuario la acción correcta con el efecto que está tratando de realizar?
4. Si la acción correcta es realizada, ¿verá el usuario que se ha hecho progreso hacia la solución de la tarea?

Esta técnica puede ser usada en etapas tempranas del desarrollo dado que puede ser realizado usando solo las especificaciones del sistema como base.

Ejemplo:

Como ejemplo, a continuación se muestran 2 acciones que se deben hacer para realizar la tarea que se le ha asignado al usuario, la cual es crear un curso en un sistema tutorial que contiene lecciones acerca de “Administración de la Calidad”, donde el usuario podrá agregar los temas que desee. Antes de poder crear el curso, el usuario tendrá que registrarse en el sistema. Para quedar registrado en el sistema, el usuario deberá introducir sus datos. Una vez que ya se haya registrado, el usuario podrá identificarse en el sistema, pues ya habrá quedado su registro en la base de datos.

Ya que es la primera vez que ingresas a este sistema, te presentamos un formulario para registrarte como usuario del sistema, y que nos permitirá conocerte y diseñar mejor las sesiones tutoriales.

Nombre:

Gerencia:

Puesto:

Grado Académico:

Especialidad Académica:

Figura A. 2 Pantalla para registrarse en el sistema.

Tarea A

Para un usuario nuevo, crear su curso sobre el Sistema de Administración de la Calidad y ver los temas que lo componen.

Acción 1. Identificarse en el sistema.

1. ¿Cuál es la meta del usuario?
Escribir su nombre y presionar el botón “Continuar”.
2. ¿Hay una opción disponible obvia para el usuario?
Si, existe un cuadro de texto para escribir el nombre y un botón con la leyenda “Continuar”.
3. ¿La acción corresponde con la meta?
Si.
4. ¿Hay una buena retroalimentación?
Si, al presionar el botón “Continuar” muestra la siguiente pantalla.

Acción 2. Registrarse en el sistema.

1. ¿Cuál es la meta del usuario?
Escribir los datos que le pida el formulario y presionar el botón “Continuar”.
2. ¿Hay una opción disponible obvia para el usuario?
Si, existe un cuadro de texto para cada uno de los datos y un botón con la leyenda “Continuar”.
3. ¿La acción corresponde con la meta?
Si.
4. ¿Hay una buena retroalimentación?
Si, al presionar el botón “Continuar” muestra la siguiente pantalla.

A.3 Otras técnicas

A.3.1 Color

Cada tono de color transmite al ser humano diferentes tipos de sentimientos y reacciones, es por ello que no se debe utilizar cualquier color para presentar algo a un usuario. Los colores más utilizados en las aplicaciones informáticas son los grises y azules. Los tonos fríos transmiten relajación y son más adecuados cuando vamos a pasar largas horas ante un monitor.

Los colores cálidos y los fríos se llegan a diferenciar por su efecto sobre la presión sanguínea de la persona que percibe el color: los cálidos la aceleran, mientras los fríos la relajan (Villa, 2003). Los colores conviene utilizarlos de manera consistente.

En contexto de interfaz de aplicaciones son convenciones en el uso de color (Villa, 2003):

Gris: Estado de inactividad, deshabilitado.

Verde: Correcto, permitido, no crítico.

Amarillo: Advertencia, cuestión crítica, alerta.

Rojo: Error, alto, prohibición.

Azul: En una interfaz de navegador corresponde al color por defecto de los hiperenlaces de una página *Web*.

En el caso de las personas con discapacidades visuales relacionadas con la percepción de color se deben utilizar recursos adicionales para la comprensión. Un ejemplo de discapacidad en las personas es *colorblindness*.

A.3.2 ¿Que es colorblindness?:

- *Colorblindness* (deficiencia de la vision al color) es una condición en la que ciertos colores no pueden ser distinguidos, y es posible comúnmente debido a una condición hereditaria. El *colorblindness* Rojo/Verde es la forma más común, cerca del 99%, y causa problemas en distinguir el rojo y el verde. Otra deficiencia que también existe es Azul/Amarillo, pero es raro y no hay pruebas disponibles para ello.
- No hay ningún tratamiento para *colorblindness*, ni es causa de alguna discapacidad significativa. Sin embargo, puede ser frustrante para los individuos afectados por ella. (Colorblindness, 2005)

A.3.3 Los significados del color

Rojo: Es un color que destaca en cualquier composición. Es un tanto agresivo, aumenta la presión arterial, acelera la circulación sanguínea y el ritmo respiratorio. Se agudizan los sentidos del olfato y del gusto. Las reacciones se vuelven automáticas. (Agras, 2001)

Amarillo: El amarillo es el color del sol, de la luz. Transmite sensaciones alegres pero también sirve para transmitir avisos, precaución. (Muy utilizado en las señales de tráfico.).

Verde: El color de la naturaleza, la vegetación. Transmite frescor, salud, los verdes azules son los favoritos de los consumidores. Simboliza "un paso más": correcto, avanzar (semáforos). Es un color sedante, ayuda al reposo y la vista.

Azul: El color de la credibilidad (en la mayor parte de los informativos el tono predominante de fondo es el azul, así como en comunicaciones corporativas o gubernamentales): transmite seriedad, credibilidad, serenidad, tranquilidad. En su justa medida, potencia la paciencia y la amabilidad.

Negro: Color del luto en los países occidentales: Misterio, lujo, poder, elegancia.

Púrpura: El color de la riqueza, del poder. (Emperadores Romanos, Cardenales de la Iglesia, Reyes...): riqueza, lujo, inteligencia, sofisticación, misterio.

Blanco: Luto en los países orientales. Transmite pureza, limpieza, luminosidad pero también vacuidad. Es muy utilizado en diseños minimalistas, donde no existen los adornos, sino solamente se utilizan elementos mínimos.

Gris: Es el color más neutro e incluso aburrido. Expresa elegancia, aburrimiento, vejez. (Villa, 2003)

A.3.4 Modelos mentales

La gente interactúa con su mundo a través de modelos mentales que ellos han desarrollado. Específicamente, las ideas y las habilidades que traen a su trabajo están basadas en modelos mentales que ellos desarrollan acerca de ese trabajo. El uso adecuado del color comunica hechos e ideas más rápidamente y más estéticamente al usuario. El color también puede ayudar a desarrollar modelos mentales eficientes y factibles si se siguen las siguientes pautas: simplicidad, consistencia, claridad y lenguaje del color (RRPP, 2005).

- **Simplicidad**

La simplicidad es importante en el diseño de interfaces a color. Existe una simplicidad inherente en el color la cual debería ser usada cuando se desarrolla el diseño. Los cuatro colores fisiológicamente primarios son el rojo, el verde, el amarillo y el azul. Estos colores son fáciles de aprender y recordar. Vinculando significados prácticos e intuitivos a estos colores simples cuando se diseña una pantalla, el diseñador de la interfaz enriquece el desarrollo del usuario con un modelo mental efectivo (RRPP, 2005).

- **Consistencia**

La consistencia es vital al asignar significados a los colores. El orden intuitivo de los colores puede ayudar a establecer consistencia intuitiva en el diseño. El orden

espectral y perceptual rojo, verde, amarillo, azul puede guiar el orden de los conceptos vinculados a los colores. El rojo es primero en el orden espectral y se enfoca en el frente, el verde y el amarillo se enfocan en medio, mientras que el azul se enfoca en el fondo.

El color puede ser usado para codificar o agrupar piezas de información. Esto ayuda a incrementar el número de piezas de información que un usuario puede retener en la memoria de corto plazo (RRPP, 2005).

- **Claridad**

La claridad es también una pauta importante para usar color. Experimentos han mostrado que el tiempo de búsqueda para encontrar una pieza de información es disminuido si el color de esta pieza es conocido por anticipado, y si el color sólo se aplica a esa pieza. Los colores de interfaz estandarizados deberán de ser establecidos y usados a través del desarrollo. El uso claro y conciso del color puede ayudar a los usuarios a encontrar piezas de información más rápidamente y más eficientemente. El aprendizaje puede ser grandiosamente aumentado con el color. El color ha probado ser superior al blanco y negro por la efectividad en el tiempo de proceso de información y por el rendimiento de memoria. La estética y lo atractivo de la interfaz son inherentemente aumentados por el uso del color (RRPP, 2005).

Para crear buenas interfaces hay algunas otras sugerencias efectivas (RRPP, 2005):

- utiliza el color azul para el fondo
- utiliza la secuencia de color espectral (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta)
- mantén pequeño el número de colores
- evita usar colores adyacentes que difieren solamente en la cantidad de azules puros
- utiliza colores brillantes para indicar peligro o para llamar la atención del usuario

Es aconsejable que el color rojo y el verde no sean usados en la periferia del campo visual sino en el centro. Si son usados en la periferia, es necesario un medio para captar la atención del usuario, como un cambio de tamaño o el parpadeo, por ejemplo.

El negro, azul, blanco y amarillo son apropiados para la periferia del campo visual, donde la retina es más sensitiva a ellos.

Es preciso usar colores que difieran tanto en valor como en tono. Las combinaciones rojo/verde, azul/amarillo, verde/azul, y rojo/azul deben ser evitadas excepto si se necesita un efecto visual especial. Pueden crear vibraciones, ilusiones, sombras y postimágenes.

Debemos tener en cuenta que los objetos verdes o azules parecen más grandes que aquellos que son rojos o amarillos. También consideraremos que los colores fríos hacen aparecer al objeto como mucho más plano que los calientes, que producen efecto de relieve. (txipinet, 2005)

Todos estos consejos, acerca del uso de colores en las interfaces, son muy útiles, ya que ayudan a crear modelos mentales más eficientes para el usuario, es decir, le será más fácil recordar lo que el sistema les enseña, reconocer imágenes e instrucciones. Además, en cuanto a usabilidad del sistema, el manejo de colores hará que el usuario no se pierda dentro del sistema al momento de utilizarlo.

A.4 Grupos de personas a evaluar y tamaño de la muestra

Para aplicar las técnicas de evaluación, se crearán grupos de personas según las características que se requieran para cada tipo de usuario.

Es deseable que los integrantes de los diferentes grupos no conozcan el funcionamiento del sistema que se quiere evaluar. Esto asegura que los usuarios den su impresión al utilizarlo sin estar influenciados por un conocimiento previo sobre su funcionamiento, que les impida identificar posibles fallos o aciertos sobre la usabilidad de la interfaz. También es deseable que no hayan intervenido en el desarrollo del mismo, para que así lo puedan evaluar libremente sin ningún tipo de influencia y den su punto de vista simplemente como usuarios.

Para realizar las evaluaciones, se requerirá al menos de cinco personas en cada grupo. Según Nielsen, hasta el 75% de los problemas de usabilidad se pueden hallar con grupos de 5 personas. Después de ello, el número de personas en el grupo puede crecer exponencialmente, pero los resultados que se obtienen ya no varían mucho. Por lo anterior se puede concluir que 5 personas es un número adecuado para la obtención de resultados representativos sobre la usabilidad del sistema. Ver **Figura A.3** (Nielsen, 2000).

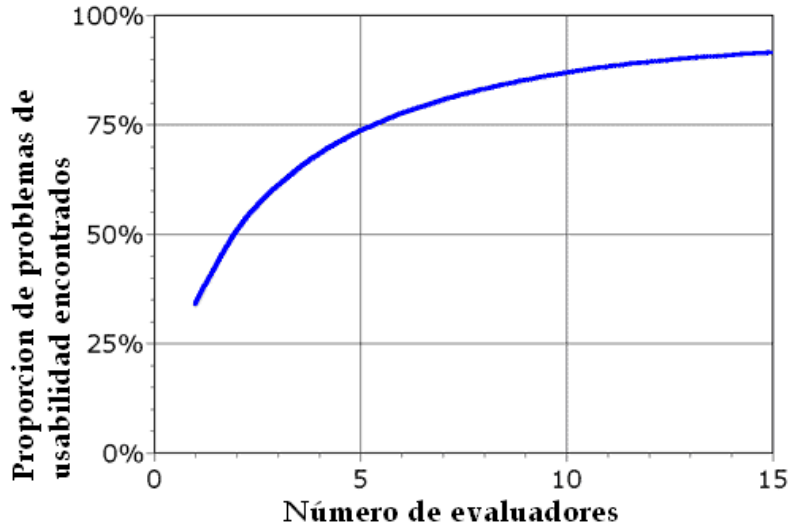


Figura A. 3 Porcentaje de problemas de usabilidad encontrados conforme se agregaron evaluadores. (Nielsen, 2000)

La **Figura A.4**, muestra una relación costo-beneficio con respecto al número de evaluadores en el mismo proyecto. La curva muestra que el número óptimo de evaluadores es alrededor de 4. (Nielsen 2000)

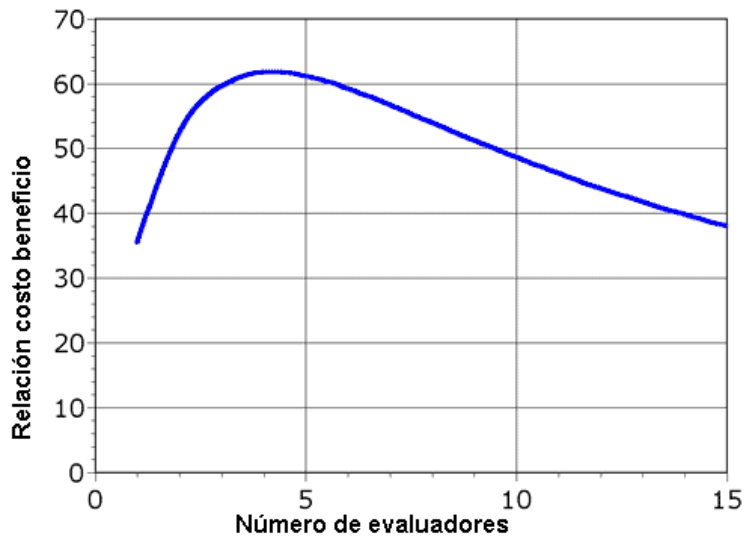


Figura A. 4 Relación costo – beneficio. (Nielsen, 2000)

Anexo B

Prototipo en papel

A continuación se muestra cada una de las pantallas realizadas en el prototipo en papel así como una explicación de cada una.



Figura B. 1 Pantalla de inicio.

En la **Figura B.1** se muestra la pantalla del sistema que solicita al usuario ingresar su Nombre de Usuario y contraseña para poder ingresar al sistema. En caso de que alguno de los 2 sea incorrecto, tendrá que ingresarlos nuevamente. Esto satisface los requerimientos R01 y R02.

Sistema de Capacitación de Línea Viva

INFORMACIÓN DEL USUARIO

Nombre: _____

Última fecha de acceso: _____

Última maniobra visitada: _____

Maniobras aprobadas: de 20.

Selecciona el Modo que deseas utilizar:

Modo Aprendizaje Modo Práctica Modo Evaluación

Catálogo de Equipo Ver Reportes

Salir

Hoja 2

Figura B. 2 Menú principal.

En la **Figura B.2** se muestra la pantalla con información del usuario una vez que inició sesión en el sistema. Los datos que mostrará son: Nombre del usuario, Última fecha en que accedió al sistema, Última maniobra que visitó, Número de maniobras aprobadas del total de maniobras. En otra parte de la pantalla aparecen los íconos donde se podrá ingresar a una maniobra, al catálogo de equipo o a ver los reportes de los usuarios (solamente disponible para administradores). Si el usuario desea ingresar a una maniobra, se han dispuesto 3 opciones o modos: el Modo Aprendizaje, el Modo Práctica y el Modo Evaluación. En el primero el usuario podrá aprender y estudiar alguna maniobra. El

segundo dará la facilidad para poder practicar mientras que el tercero evaluará los pasos que siga el usuario al realizar una maniobra. Esto satisface los requerimientos R03 y R04.

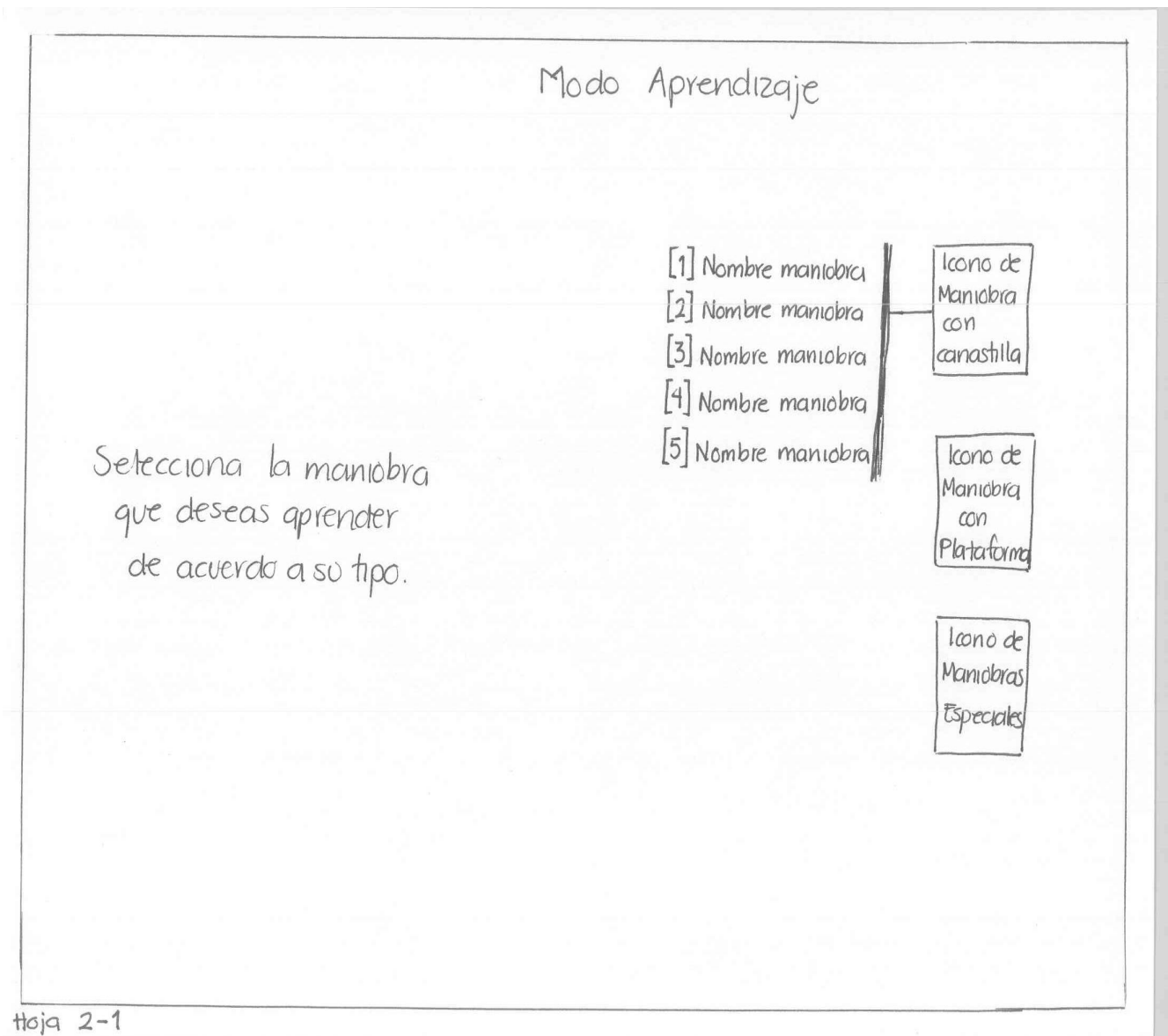


Figura B. 3 Selección de maniobra en Modo Aprendizaje.

Si el usuario ingresa al Modo Aprendizaje, le aparecerá la pantalla de la **Figura B.3**, donde tendrá que elegir la maniobra que desea aprender. Las maniobras están divididas en Maniobras con canastilla, Maniobras con plataforma y Maniobras especiales. Esto satisface el requerimiento R05.

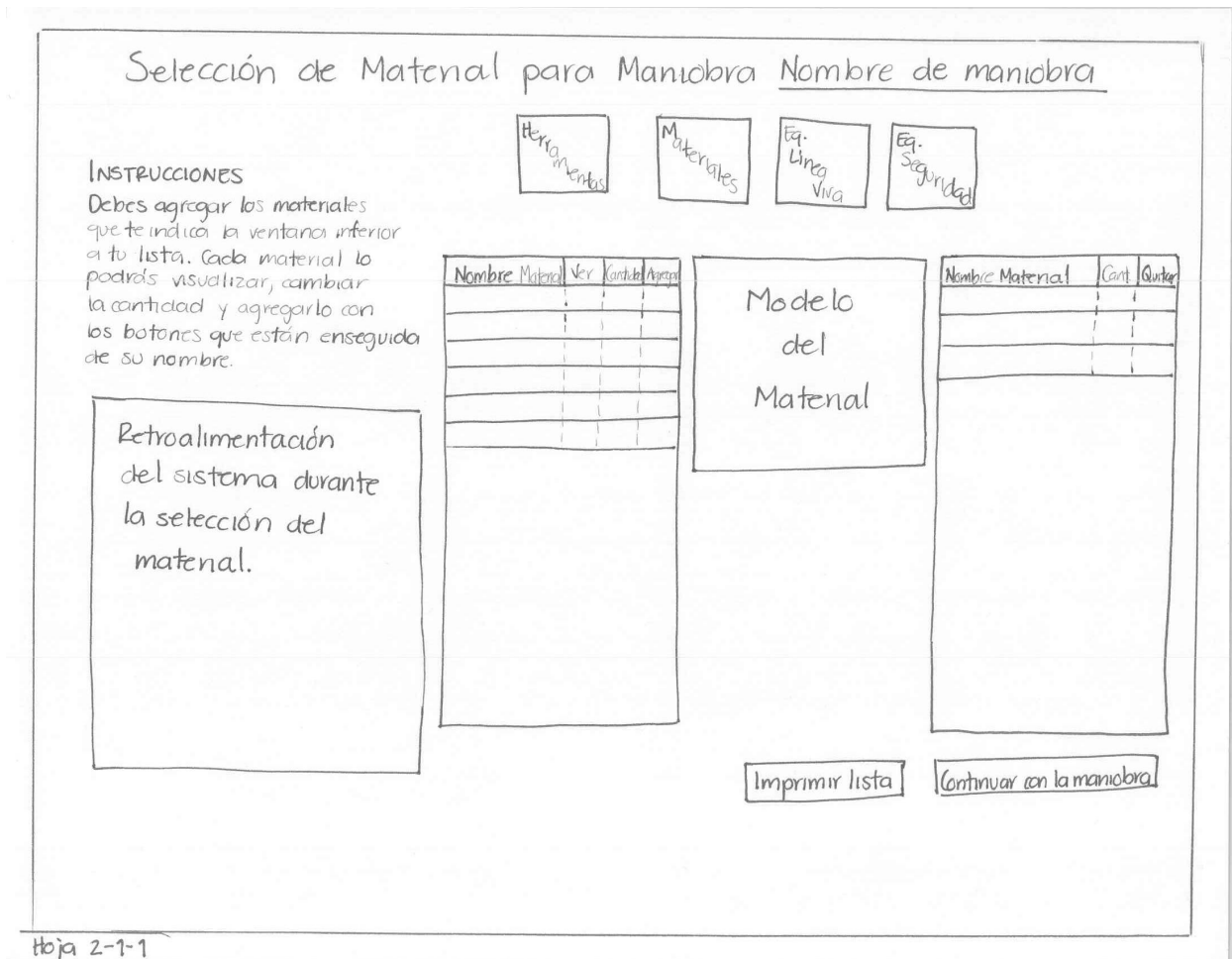


Figura B. 4 Selección de material.

Al seleccionar la maniobra, el usuario será llevado a la pantalla de Selección de material (**Figura B.4**), donde se le darán las instrucciones para seleccionarlo. La pantalla cuenta con una sección de retroalimentación por parte del sistema, donde se le indicará el material que debe seleccionar. El material está clasificado en: Herramientas, Materiales, Equipo de línea viva y Equipo de seguridad. El usuario deberá seleccionar alguna de estas clasificaciones para que todo el material correspondiente. Al dar un clic en un nombre de un material, aparecerá el modelo de éste en la parte de “Modelo de material”. De esta forma, el usuario podrá ver el modelo de cada material y distinguirlos fácilmente. Si el usuario desea agregar alguno de estos materiales a su lista, deberá proporcionar la cantidad de éstos y después agregarlos. En caso de que haya cometido algún error y desee quitar un material de la lista también podrá hacerlo. La pantalla también dará la opción de poder imprimir la lista de materiales de esa maniobra. Esto satisface los requerimientos R06 y R07.

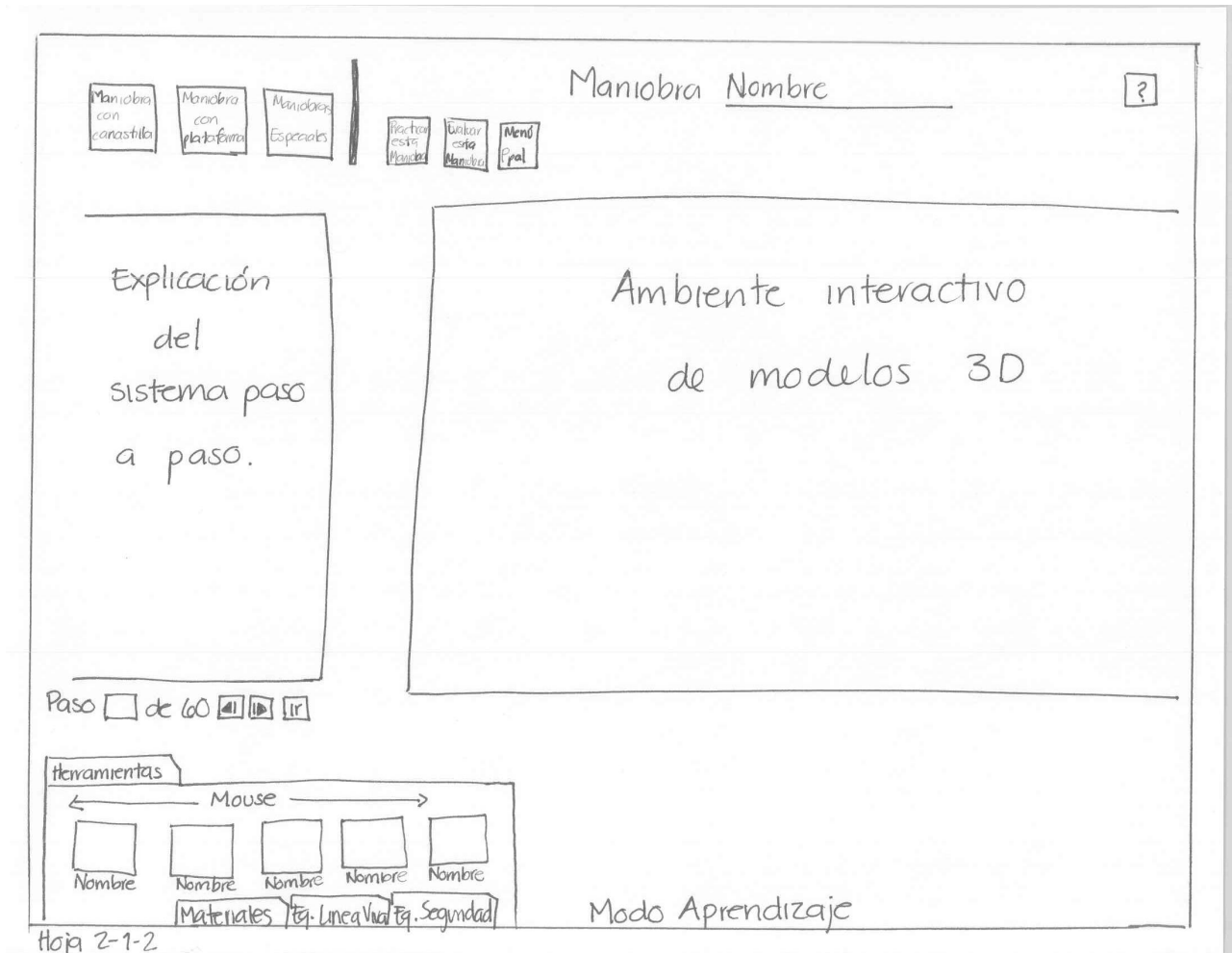


Figura B. 5 Pantalla del Modo Aprendizaje.

Una vez seleccionado el material, se continúa y aparece la pantalla de la **Figura B.5**, donde está designado un espacio a la explicación por parte del sistema de cada paso de la maniobra. También hay un espacio asignado para que sea el ambiente interactivo de los modelos 3D, donde el usuario podrá observar cómo es que se realiza cada paso. El usuario podrá saltar de pasos en la maniobra con los botones de opción que aparecen debajo del espacio asignado a la explicación del sistema. Las listas de materiales estarán siempre disponibles en la parte inferior izquierda de la pantalla, ahí el usuario podrá elegir algún material en caso de ser necesario. Se habilitarán accesos directos a la práctica de la misma maniobra en la que el usuario se encuentra, así como a la evaluación, al menú principal y también se puede hacer el cambio de maniobra, pero dentro del mismo Modo (Aprendizaje). Esto satisface los requerimientos R08, R09, R10, R11, R12 y R13.

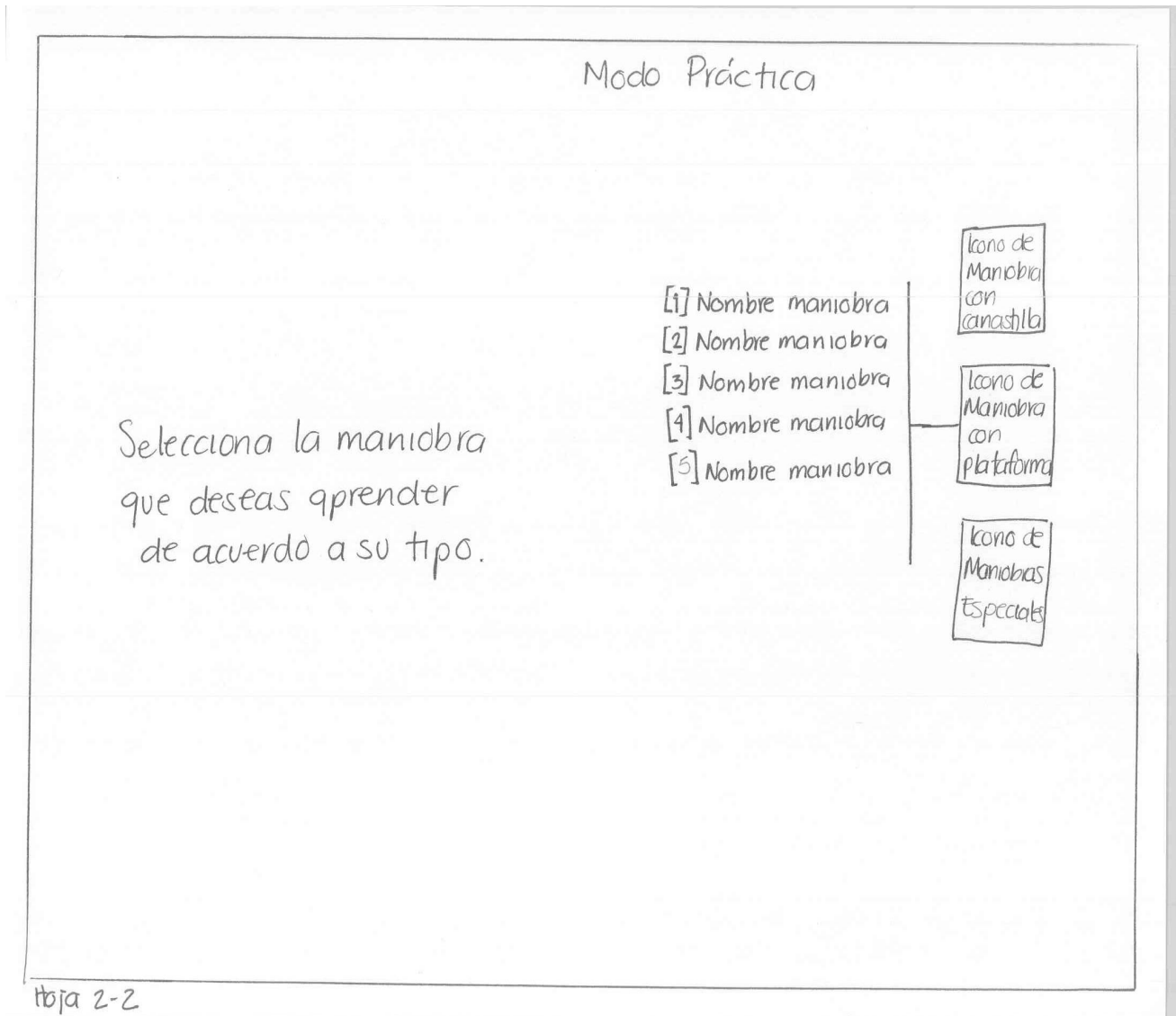


Figura B. 6 Selección de maniobra en Modo Práctica.

Dentro del menú principal, si el usuario elige el Modo Práctica, el sistema lo llevará a la pantalla que se muestra en la **Figura B.6**, donde deberá elegir la maniobra que desea practicar. Las maniobras vienen divididas de acuerdo a su tipo: Maniobras con canastilla, Maniobras con plataforma y Maniobras adicionales. Esto satisface los requerimientos R05.

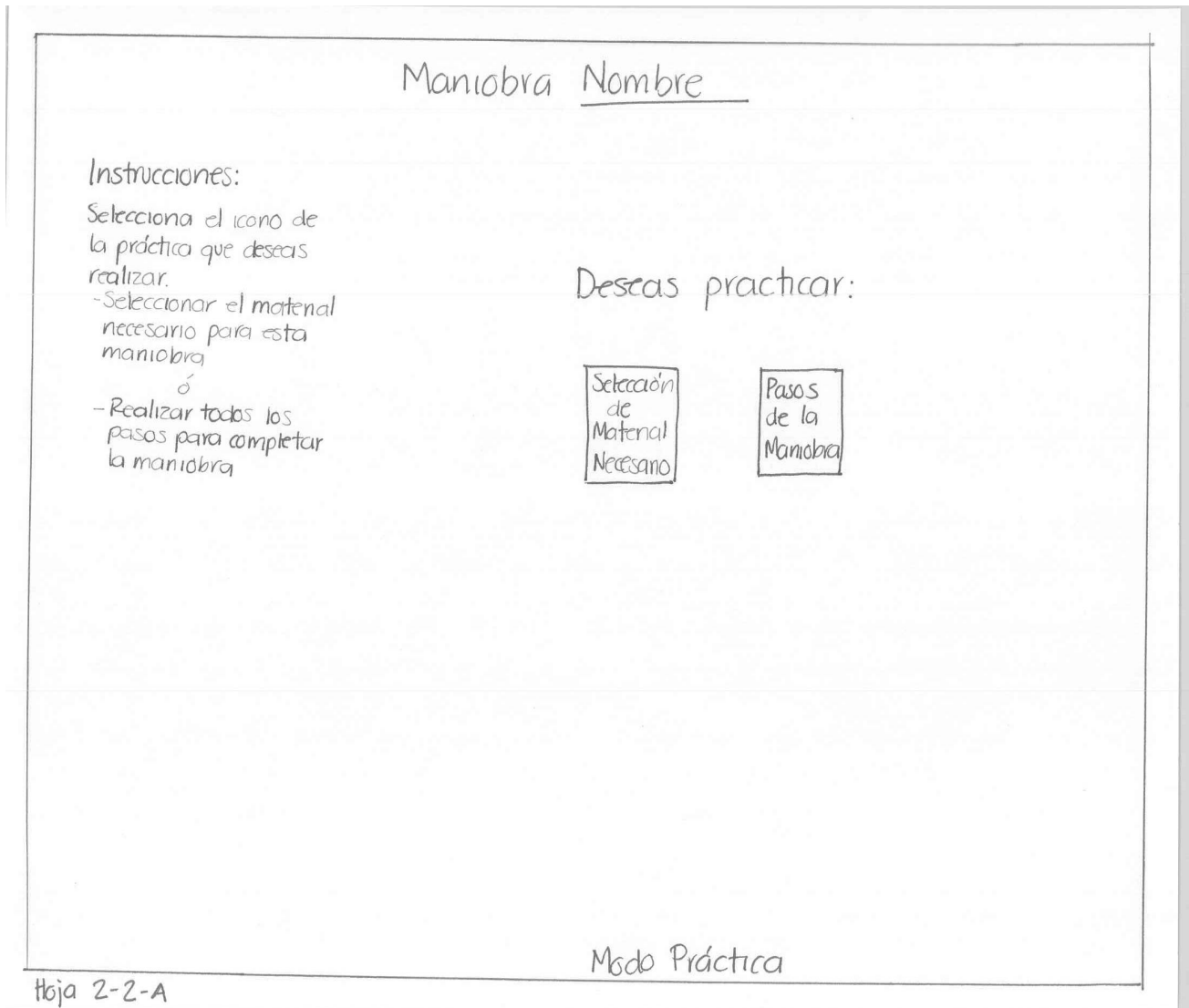
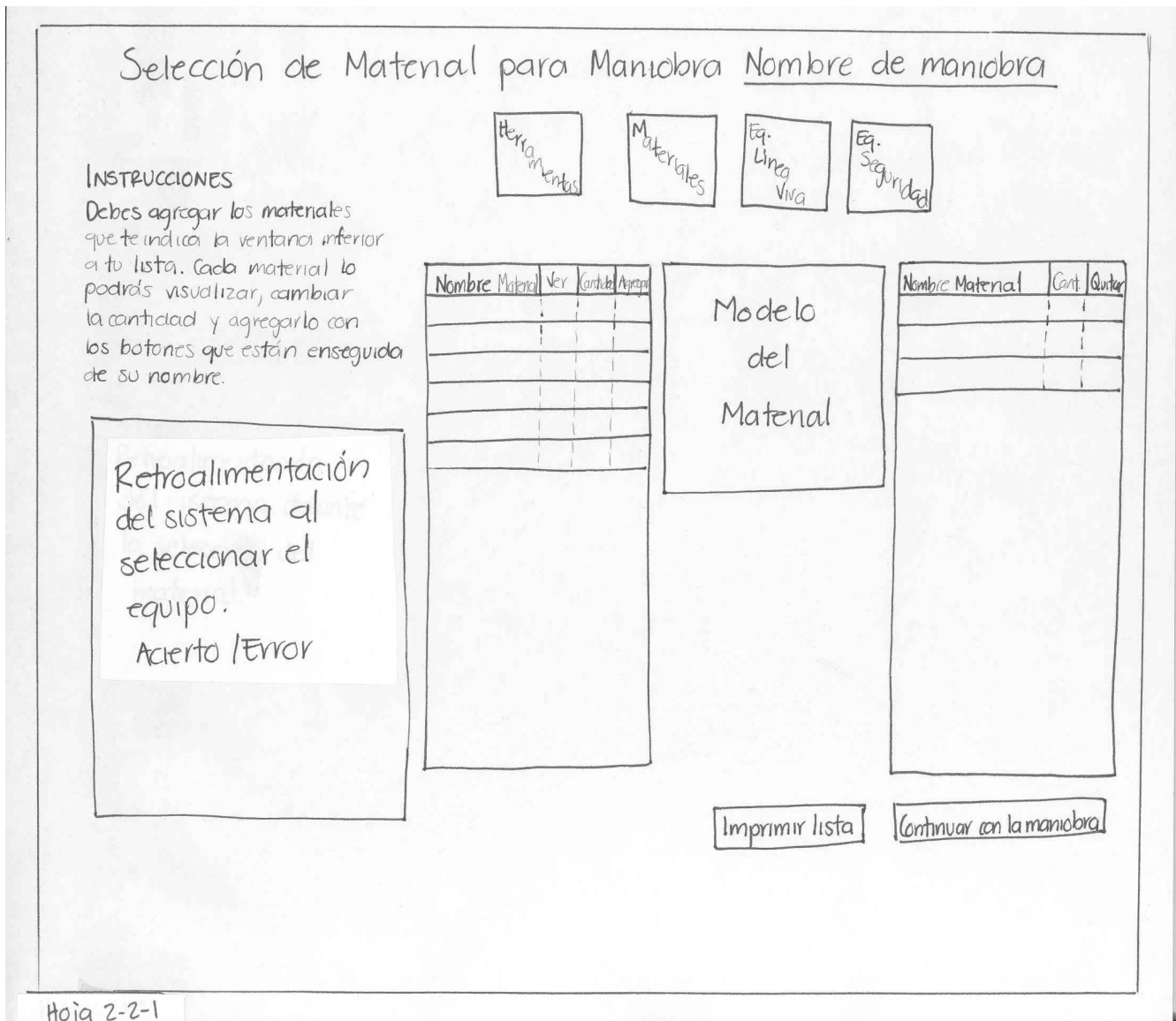


Figura B. 7 Pantalla de selección de práctica.

En la **Figura B.7** se muestra la pantalla de selección de práctica. Una vez que el usuario haya seleccionado la maniobra que desea practicar, el sistema dará la opción de seleccionar entre practicar la selección del material o practicar los pasos de la maniobra. Esto satisface el requerimiento R14.



Hoja 2-2-1

Figura B. 8 Pantalla de selección de material en Modo Práctica.

Si el usuario ha elegido practicar la selección de material, el sistema lo llevará a una pantalla similar a la del Modo Aprendizaje, sólo que en esta pantalla (**Figura B.8**) la parte de retroalimentación del sistema no dará al usuario la lista de materiales que debe elegir, es decir, sólo le dirá si está bien o mal el material que eligió. Esto satisface los requerimientos R06 y R07.

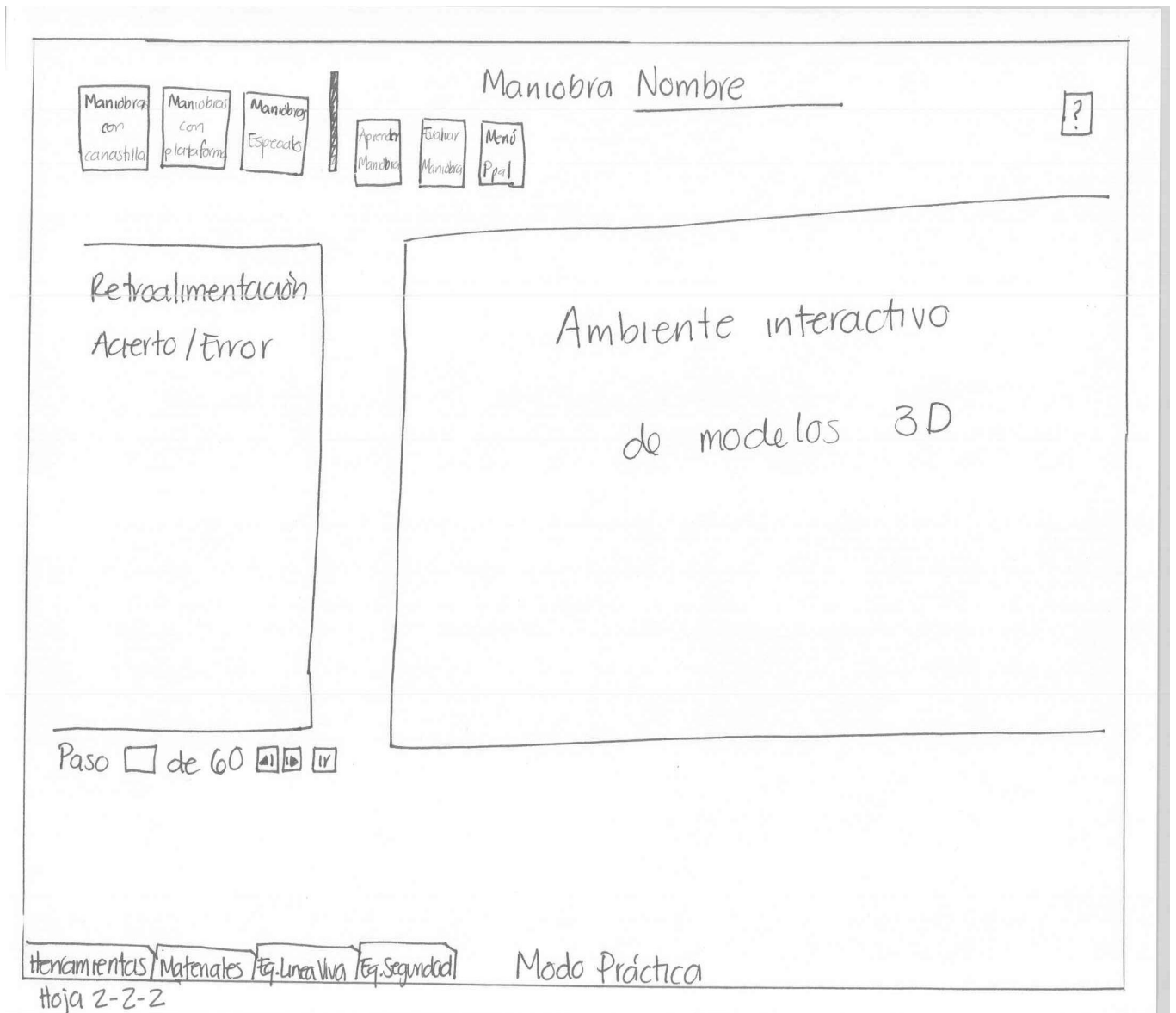


Figura B. 9 Pantalla del Modo Práctica.

La pantalla del Modo Práctica (**Figura B.9**) es similar a la pantalla del Modo Aprendizaje, a diferencia de que el sistema no explicará al usuario cómo realizar la maniobra. La retroalimentación del sistema sólo le dirá al usuario si está bien o mal lo que esta haciendo Esto satisface los requerimientos R08, R09, R10, R11, R12 y R13.

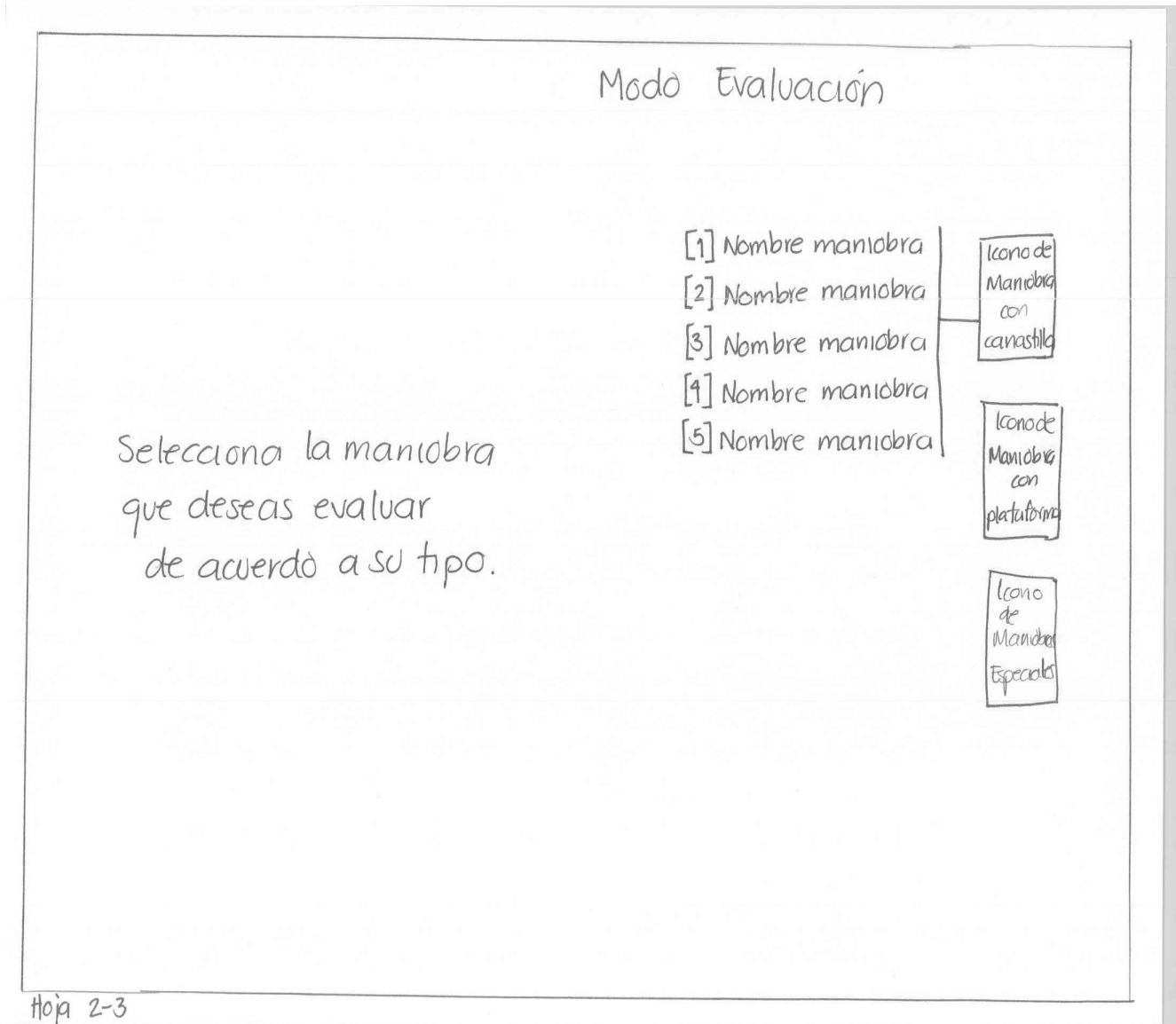
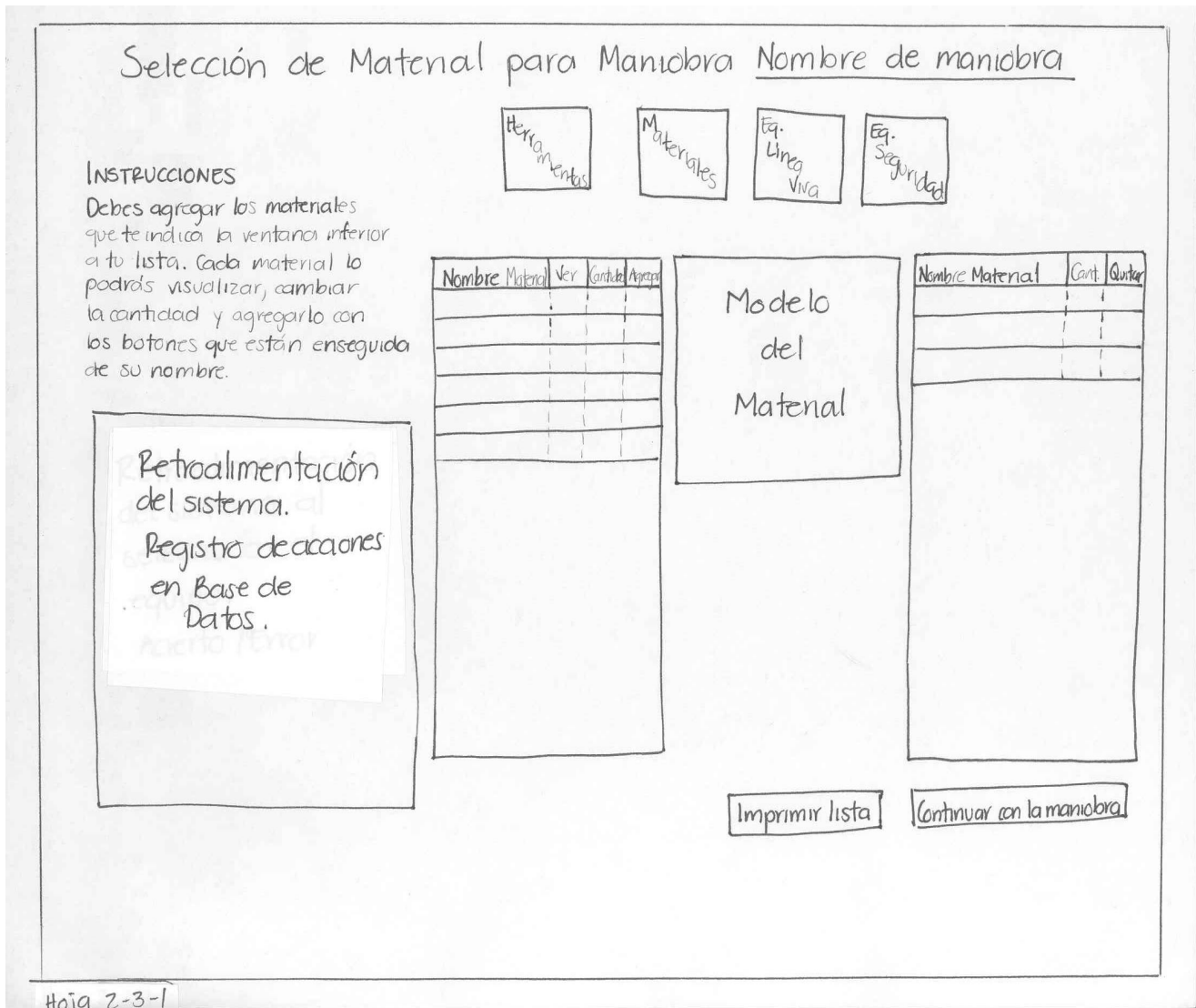


Figura B. 10 Selección de maniobra para el Modo Evaluación.

En la **Figura B.10** se muestra la pantalla de selección de maniobra, ya que al entrar en Modo Evaluación, el usuario deberá elegir la maniobra que desea sea evaluada. Cuenta con 3 tipos de maniobras: Maniobras con canastilla, Maniobras con plataforma y Maniobras especiales. Esto satisface el requerimiento R05.



Hoja 2-3-1

Figura B. 11 Selección de material en Modo Evaluación.

En la **Figura B.11** se muestra la pantalla de selección de material del modo Evaluación. Una vez elegida la maniobra, el usuario deberá elegir el material necesario para realizar la maniobra. En esta ocasión, el sistema no dará retroalimentación, sólo dirá si esta bien o mal, pues realizará un registro de las acciones efectuadas por el usuario en una base de datos. La selección del material se hará de una manera semejante a la selección en Modo Aprendizaje y Modo Práctica. Esto satisface los requerimientos R06 y R07.

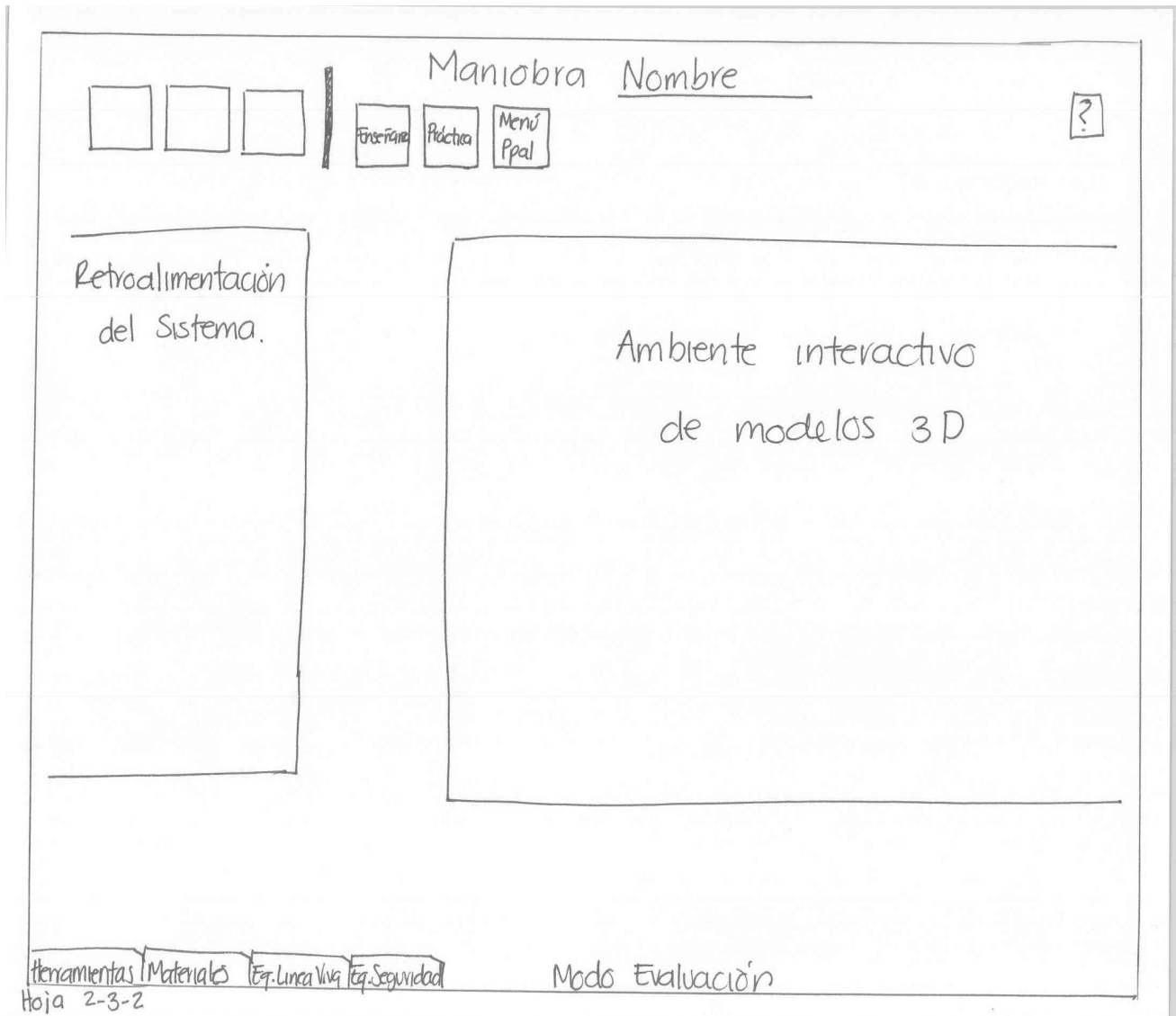


Figura B. 12 Pantalla del Modo Evaluación.

Una vez que el material fue elegido correctamente, el sistema presentará la pantalla que se muestra en la **Figura B.12**, donde el usuario deberá realizar la maniobra paso a paso. Se cuenta con los materiales disponibles en la parte inferior izquierda. En este modo, el usuario no puede cambiar de maniobra. En caso de salir, por ir a la práctica, a la enseñanza o al menú principal, el usuario deberá volver a empezar la evaluación cuando desee realizarla. Esto satisface los requerimientos R08, R09, R11, R12 y R13.

Fin de la Evaluación de
Nombre de la maniobra

Resultados de la Evaluación
de selección de material

errores

Resultados de la Evaluación
de los pasos de la maniobra

errores

Imprimir
reporte

Menú
Ppal

Salir
del
sist.

Hoja 2-3-3

Figura B. 13 Fin de la evaluación.

Como se muestra en la **Figura B.13**, al terminar la evaluación el sistema dará al usuario los resultados de la misma. Le dará a conocer al usuario el número de errores cometidos al seleccionar el material y al realizar los pasos de la maniobra. El usuario tendrá la opción de imprimir su reporte, regresar al menú principal o salir del sistema. Esto satisface el requerimiento R15.

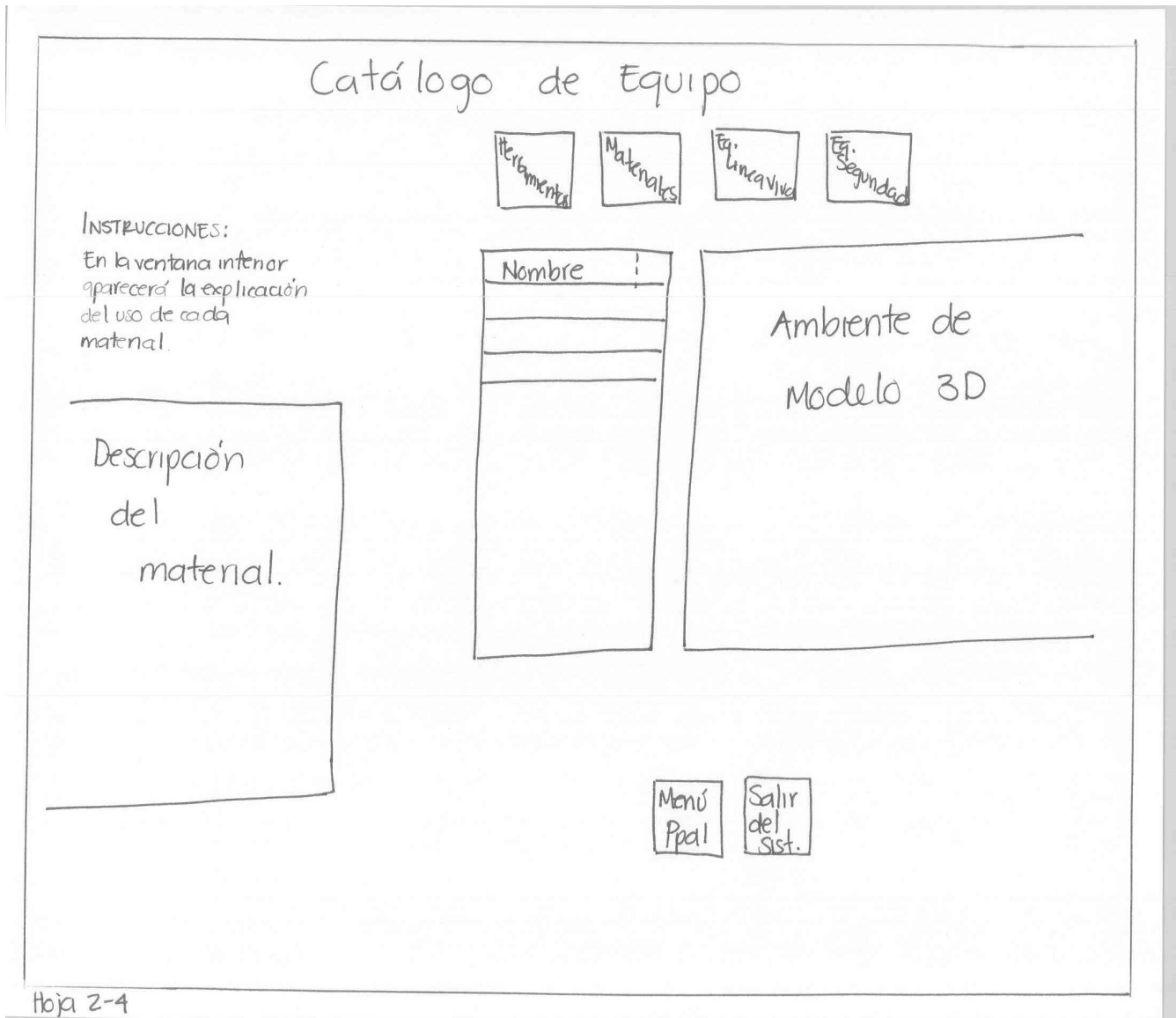


Figura B. 14 Catálogo de equipo.

Si en el menú principal el usuario elige la opción de Catálogo de equipo, el sistema le presentará la pantalla que muestra la **Figura B.14**, donde aparecerá la descripción de cada uno de los materiales, el nombre y el modelo en 3D para que el usuario lo pueda manipular y conocer mejor. El equipo se divide en: Herramientas, Materiales, Equipo de Línea Viva y Equipo de Seguridad. El usuario podrá volver al menú principal o salir del sistema. Esto satisface el requerimiento R16.

Anexo C

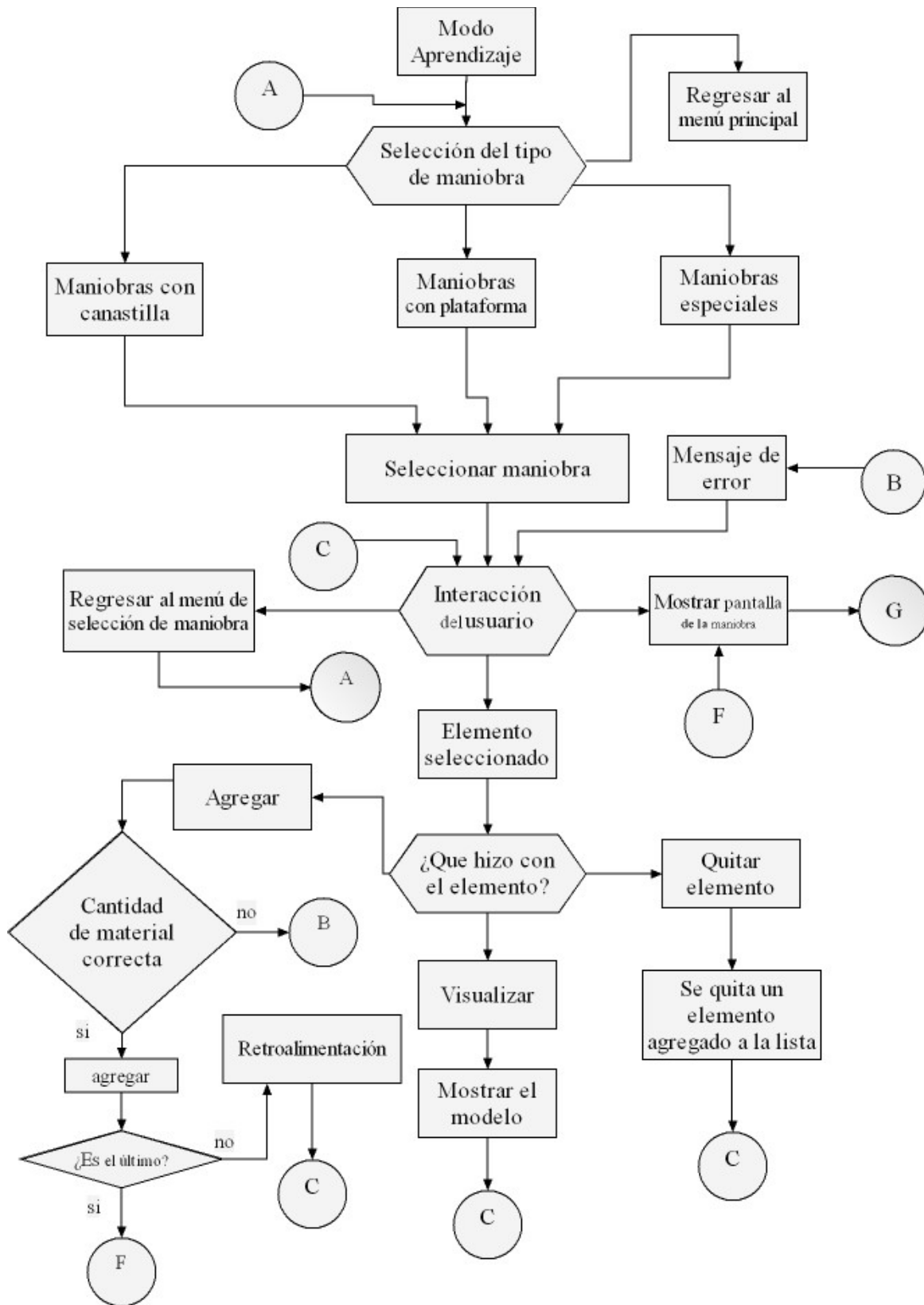
Diagramas de flujo

Este Anexo muestra los diagramas de flujo para el Modo Aprendizaje, el Modo Práctica y el Modo Evaluación.

La **Figura C.1** muestra el diagrama del flujo del Modo Aprendizaje, donde al usuario se le pregunta primero si desea aprender una maniobra con canastilla, con plataforma o especial. Una vez elegida se despliega el menú para elegir la maniobra, después se realiza la selección del material y se pasa a una pantalla donde se realiza la explicación de cada paso de la maniobra y se le permite al usuario interactuar con el sistema.

La **Figura C.2** muestra el diagrama de flujo del Modo Práctica, donde a diferencia del anterior (Modo Aprendizaje), este modo le permite al usuario elegir si desea practicar la selección de material o la secuencia de pasos de la maniobra. También permite al usuario navegar por los pasos de la maniobra para poder practicar libremente.

La **Figura C.3** muestra el diagrama del flujo del Modo Evaluación, donde no se le permite al usuario navegar libremente sino que cuando realice un paso satisfactoriamente se activarán los botones para avanzar al siguiente paso hasta concluir la maniobra. Al concluirla, se mostrarán estadísticas de los errores cometidos.



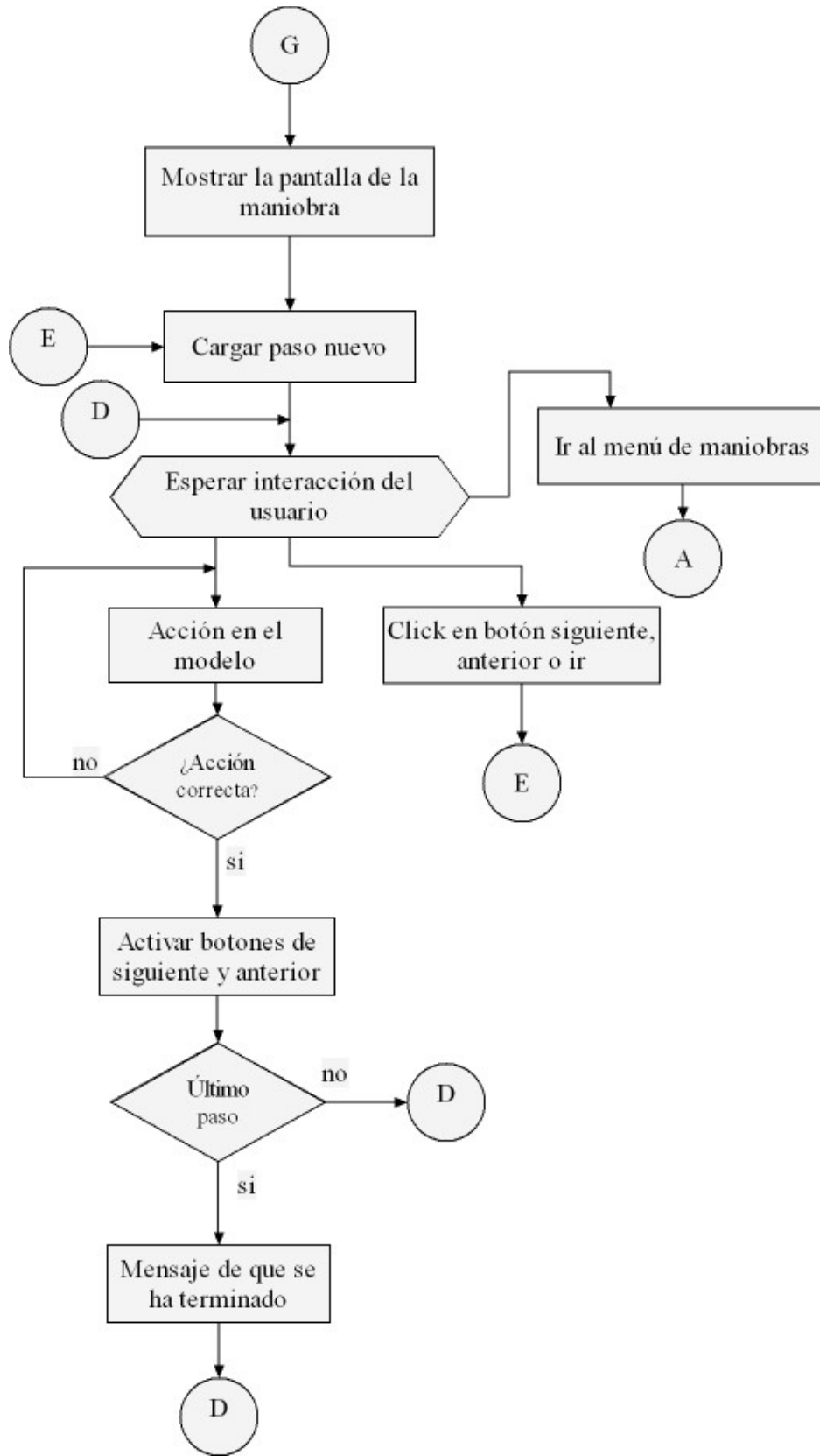
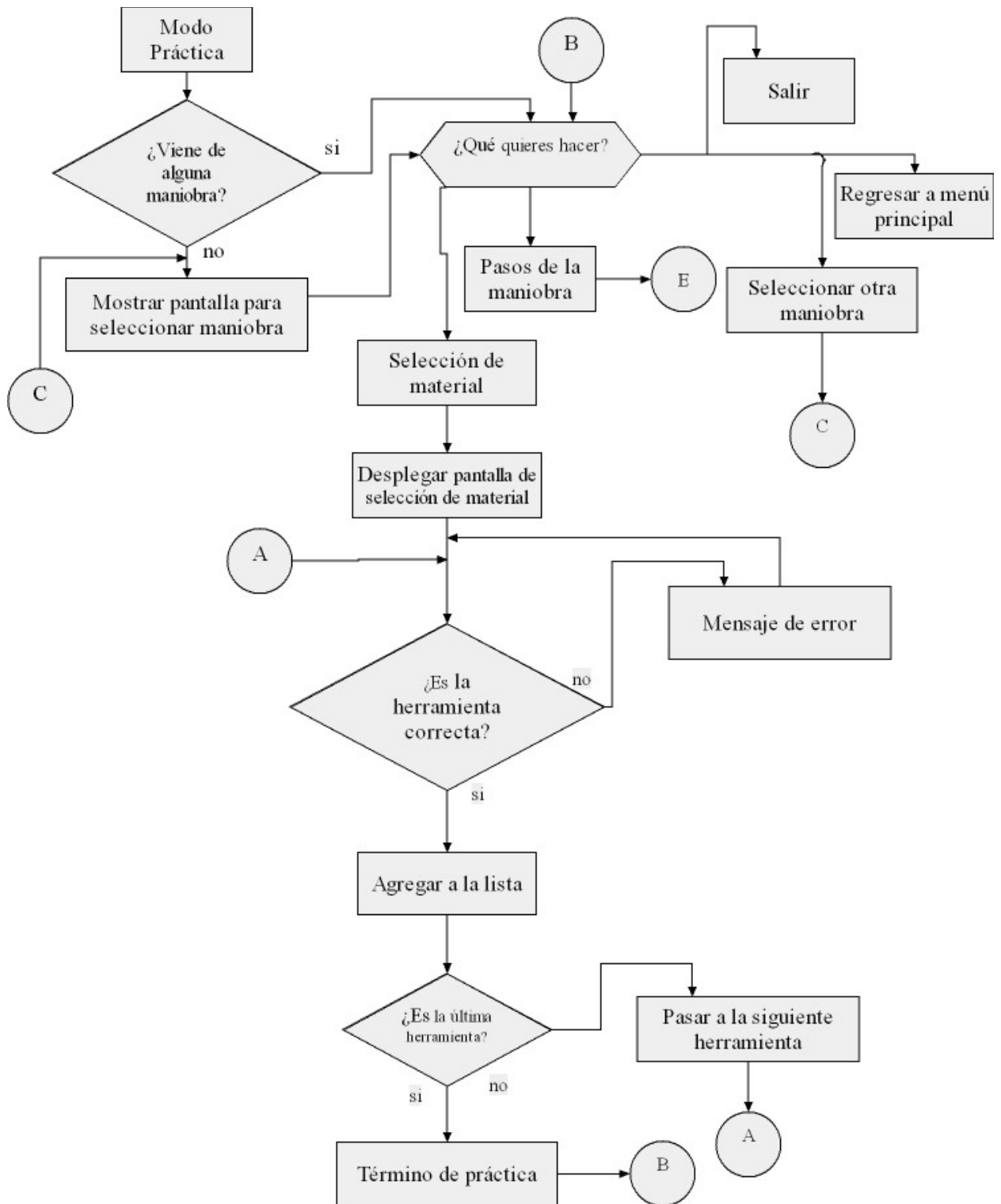


Figura C. 1 Flujo del modo aprendizaje.



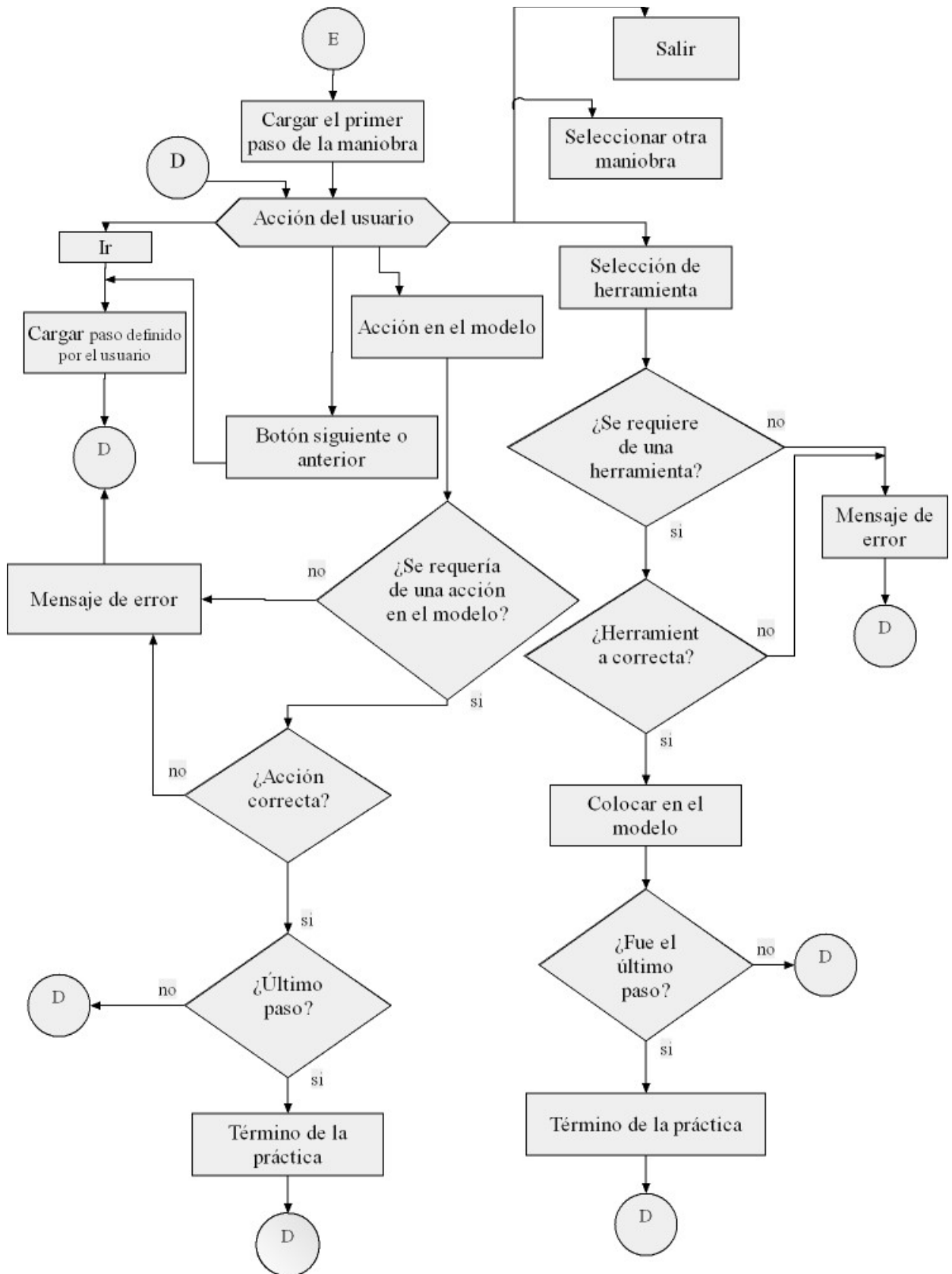
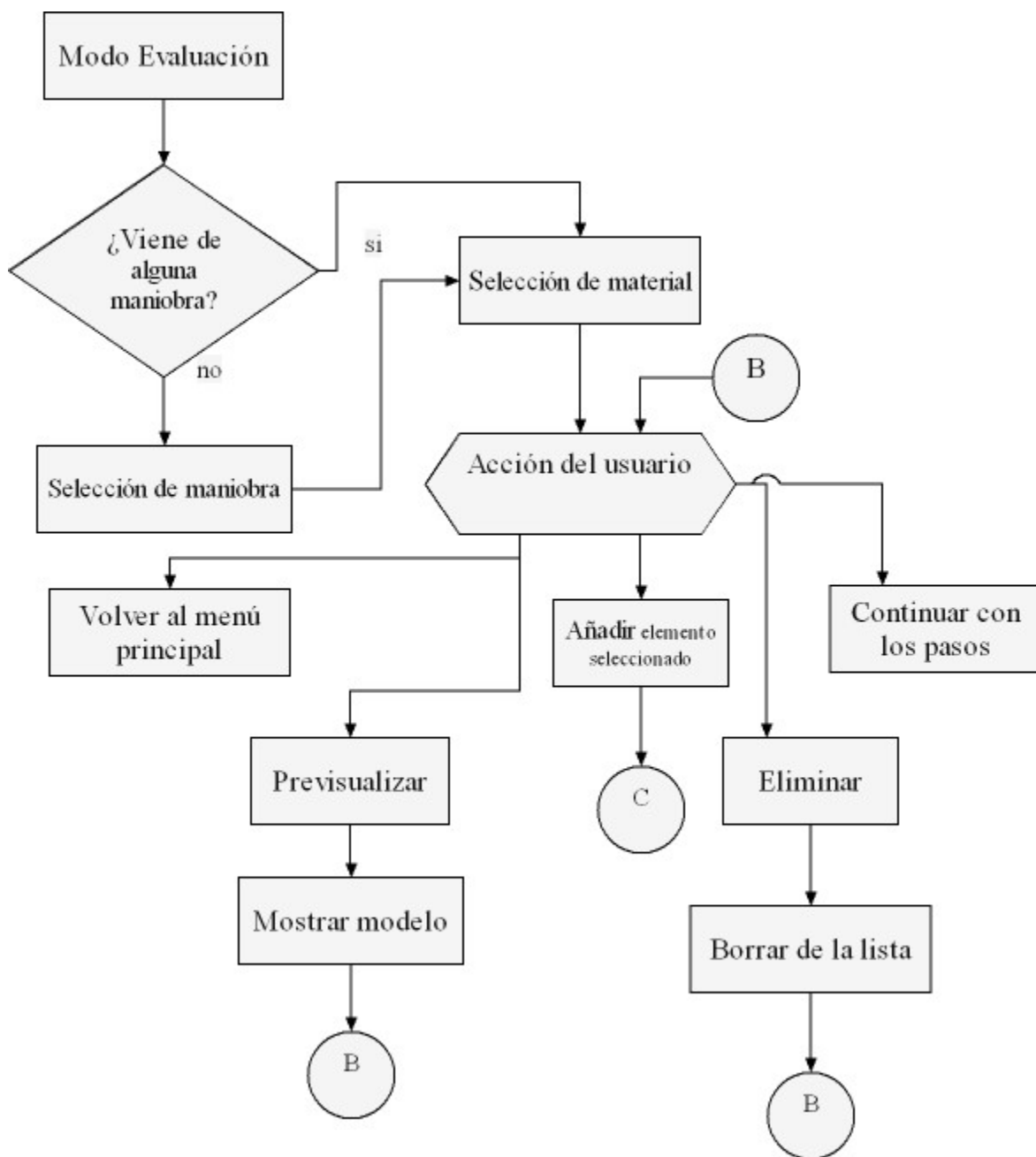


Figura C. 2 Flujo del modo práctica.



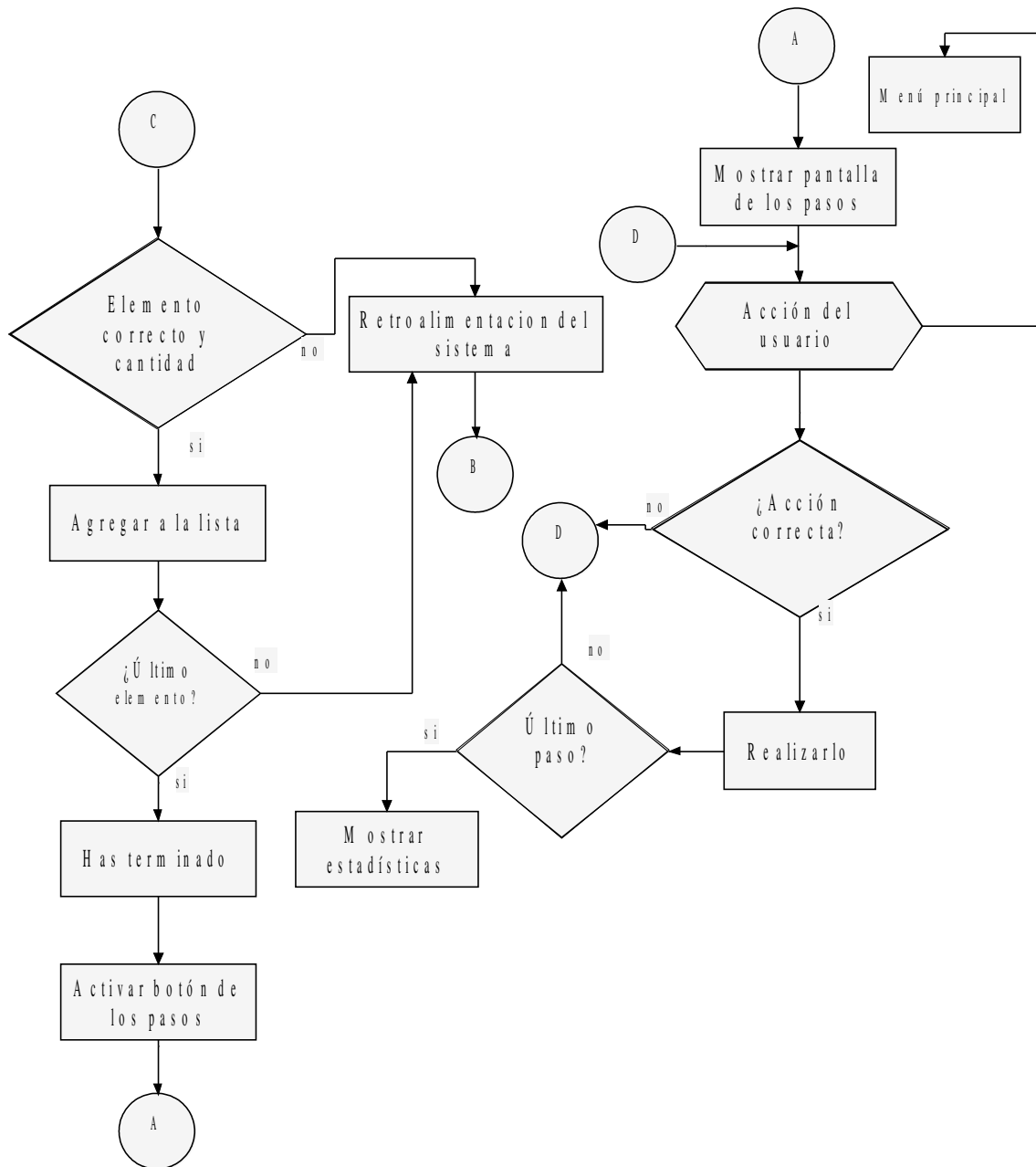


Figura C. 3 Flujo del modo evaluación.

Anexo D

Diseño de tablas de la BD

D.1 Esquema de la base de datos (diseño)

Las tablas que contiene la base de datos, con sus atributos son las siguientes:

- **tipo_man** ; **Catálogo de tipos de maniobra**
 - **tipo_man** INT ; Tipo de maniobra, entero : 1,2,3 (de rescate, ; de canastilla y de plataforma)
 - desc_tipo_man String ; Descripción del **tipo** de maniobra

- **Maniobras** ; **Catálogo de Maniobras**
 - **cve_man** INT ; Clave de la maniobra entero de 1 a 42.
 - **tipo_man** INT ; Tipo de maniobra, entero : 1,2,3 (de rescate, ; de canastilla y de plataforma)
 - **nom_man** String ; Nombre de la maniobra, cadena (variable)

- **pasos** ; **Catálogo de pasos por maniobra**
 - **cve_man** INT ; Clave de la maniobra, entero de 1 a 42.
 - **num_paso** INT ; Paso dentro de la maniobra, entero de 1 a 70
 - desc_paso String ; Descripción del Paso, cadena (variable)

- **tipo_mat** ; **Catálogo de tipos de material para Línea**
; **Viva**
 - **tipo_mat** INT ; Tipo de material, entero : 1, 2, 3, 4 ; (herramienta, protección, materiales, línea ; viva)
 - desc_mat String ; Descripción del **tipo** de material

- **Eq_Lin_Viva** ; **Equipo línea viva**
 - **id_equipo** **String** ; identificador del equipo de LV, quizá No de inventario o No. de serie, cadena corta
 - **tipo_mat** **INT** ; Tipo de equipo 1,2,3,4 (herramienta, equipo de seguridad, materiales, equipo de línea viva)
 - **foto** **String** ; Path y nombre del archivo de la foto de la herramienta, este campo puede ser sustituido por el campo de “Modelo3D” haciendo referencia al path y nombre del modelo para desplegarse en la aplicación.
 - **equipo** **String** ; Descripción del equipo, cadena variable
 - **unidad** **String** ; Unidad abreviada sin punto (kg, m, l, Kw, etc), cadena corta

- **unidades** ; **Catálogo de unidades de medida**
 - **unidad** **String** ; Unidad abreviada sin punto (kg, m, l, Kw, etc), cadena corta
 - **desc_unidad** **String** ; Descripción del **tipo** de unidad, quizá el nombre completo

- **equipo_man** ; **Material por maniobra**
 - **cve_man** **INT** ; Clave de la maniobra entero de 1 a 42.
 - **id_equipo** **String** ; identificador del equipo de LV, quizá No de inventario o No. de serie, cadena corta
 - **cantidad** **FLOAT**; Cantidad a utilizar por maniobra

- **tipo_usr** ; **Catálogo de tipos de usuario**
 - **tipo_usr** **INT** ; tipo de usuario, 1 instructor, 2 estudiante, 3 administrador, entero corto)
 - **desc_tipo_usr** **String** ; Descripción del **tipo** de usuario

- **usuarios** ; **Catálogo de usuarios**
 - **clave** **String** ; identificador de usuario, ej. número de empleado, cadena variable
 - **nombre** **String** ; nombre completo de usuario, cadena variable
 - **username** **String** ; nick, cadena pequeña
 - **passwd** **String** ; contraseña, cadena pequeña

- tipo_usr INT ; tipo de usuario, 1 instructor, 2 estudiante, 3 ; administrador, entero corto

- **err_paso** ; **Registro de errores al seleccionar un paso de**
 - **id_usr** String ; **Identificador o clave del estudiante**
 - **cve_man** INT ; **Clave de la maniobra entero de 1 a 42.**
 - **num_paso** INT ; **Número de paso en el que hubo error**
 - **subpaso** INT ; **Número del subpaso en el que hubo error**
 - **fecha** String ; **Fecha del error**
 - **hora** Time ; **Hora del error**
 - descripción String ; **Acción que debió haber hecho el usuario**

- **err_mat** ; **Registro de errores al seleccionar materiales**
 - **id_usr** String ; **Identificador o clave del estudiante**
 - **cve_man** INT ; **Clave de la maniobra entero de 1 a 42.**
 - **id_equipo** String ; **identificador del equipo erróneamente ; seleccionado**
 - **fecha** String ; **Fecha del error**
 - **hora** Time ; **Hora del error**
 - fallo String ; **Acción errónea en la selección de material**

- **aprobada** ; **Registro de maniobras aprobadas**
 - **id_usr** String ; **Identificador o clave del estudiante**
 - **cve_man** INT ; **Clave de la maniobra entero de 1 a 42.**
 - **fecha** String ; **Fecha de aprobación**
 - **hora** Time ; **Hora de terminación de la maniobra**

- **acceso** ; **Tiempo dedicado por maniobra**
 - **id_usr** INT ; **Identificador o clave del estudiante**
 - **fecha_ultima_ses** String ; **Fecha de la última sesión**
 - **ultima_maniobra** String ; **Última maniobra que visitó**

- **progreso** ; **Reporte por maniobra visitada**
 - **id_usr** String ; **identificador o clave del estudiante**
 - **cve_man** INT ; **Clave de la maniobra entero de 1 a 42.**

- **fecha_I** **String** ; Fecha en que inicio esta maniobra (visitada la ; 1ª vez)
- fecha_F String ; Fecha en que visitó por última vez esta ; maniobra
- int_sel_mat INT ; bandera para indicar que ya se seleccionó el ; material en el aprendizaje
- aprobada INT ; si o no, booleano – si = fue aprobada
- pasos_aprendido INT ; cantidad de pasos que aprendió de la ; maniobra

Nota: Los atributos en bold son la llave primaria

Anexo E

Manual de usuario

E.1 Descripción del funcionamiento de la interfaz resultante

Después de la evolución que tuvo la interfaz, las pantallas no quedaron igual que como se habían diseñado inicialmente. A continuación se mostrarán todas las pantallas y la forma en que funcionan dentro del sistema.

La pantalla que se puede observar en la **Figura E.1** corresponde a la pantalla inicial del sistema, donde habrá que introducir un nombre de usuario y una contraseña para poder acceder al sistema. Habrá 2 tipos de usuarios: los alumnos o estudiantes y los administradores del sistema.

E.1.1 Menú principal

Una vez que se ha autenticado el usuario en el sistema, se muestra la pantalla del menú principal, la cual, en caso de ser un usuario de tipo administrador, es como la que se puede ver en la **Figura E.2**, donde hay una opción para la administración de usuarios. En caso de que el usuario sea de tipo alumno, la pantalla es como la que se puede ver en la **Figura E.3**, donde esta opción no aparece.



Figura E. 1 Pantalla inicial del sistema.

En la pantalla de menú principal (**Figuras E.2 y E.3**), en el lado izquierdo de ésta, aparece un mensaje de bienvenida al usuario y datos estadísticos del mismo, donde podrá ver la última fecha de acceso, la última maniobra visitada y el número de maniobras aprobadas de un total de 20.

En la parte inferior del lado izquierdo, aparecen dos botones: uno para hacer cambio de usuario y volver a la pantalla inicial como la de la **Figura E.1** y el botón para salir del sistema. Del lado derecho de la pantalla, aparecen botones para ingresar a alguna de las secciones con las que cuenta el sistema.

E.1.2 Modo Aprendizaje/Práctica

Al ingresar a la sección de Modo Aprendizaje/Práctica, el sistema mostrará al usuario una pantalla como la de la **Figura E.4**, donde da una breve explicación de las opciones que tiene el usuario para elegir, así como los botones para seleccionarlás. En la parte superior izquierda cuenta con un botón para regresar al menú principal. En esta pantalla el usuario

deberá elegir la maniobra que desea aprender/practicar. Las maniobras están divididas según su tipo, estos son:

- Maniobras con canastilla
- Maniobras con plataforma
- Maniobras especiales



Figura E. 2 Pantalla del menú principal para usuarios de tipo administrador.

Al elegir una maniobra, de cualquier tipo, el sistema mostrará la pantalla que se puede ver en la **Figura E.5** en donde también se muestra un botón en la parte superior izquierda para poder regresar al menú anterior. En esta pantalla se muestran datos estadísticos acerca de la maniobra, así como instrucciones en donde el usuario deberá elegir entre continuar aprendiendo la maniobra o practicar los pasos que ya tenga aprendidos si es que ya la había comenzado. En caso de que entre a esta maniobra por primera vez, la opción mostrada al usuario será continuar aprendiendo la maniobra.

Si el usuario desea practicar, puede hacerlo desde la selección de material o ir a los pasos de la maniobra sin poder saltar más allá de lo que ya aprendió.



Figura E. 3 Pantalla del menú principal para usuarios de tipo alumno



Selección de Maniobra

Para seleccionar una maniobra, elige primero el tipo de maniobra que deseas (con canastilla, con plataforma o especial) y después da un clic sobre ella.

El material esta dividido en cuatro tipos:

* Equipo de Línea Viva
* Materiales
* Equipo de seguridad
* Herramientas

Al seleccionar una maniobra lo primero que realizaras es la selección de material y después completaras paso a paso la maniobra seleccionada.

[02] Instalación de estribo en estructura TS30 con plataforma

[03] Cambio de Aislador tipo affiler en estructura PS30

[04] Cambio de cortacircuito fusible en estructura TS30/RD3.

[06] Cambio de una cadena de aisladores en una estructura RD30

[07] Cambio de estructura AP30 con dos plataformas

[08] Cambio de poste y estructura TS30 con plataforma

[09] Conversión de estructura de TS30 a PS30 con plataforma

[10] Conversión de estructura TS30 a US30 con plataforma

[11] Conversión de estructura TS30 a US30 con 2 plataformas

[12] Conversión de estructura TS30 a AD30 con 2 plataformas

[13] Cambio de cruceta en estructura US30 con 2 plataformas

[14] Instalación de cuchillas unipolares en estructura AD30 con 2 plataf.

[15] Cambio de poste y estructura PS30 utilizando 2 plataformas.



MANIOBRAS CON CANASTILLA

Maniobras que hacen uso de la grúa con canastilla y brazo aislado



MANIOBRAS CON PLATAFORMA

Maniobras que utilizan la plataforma aislada



MANIOBRAS ESPECIALE

Maniobras para el rescate de linieros

Figura E. 4 Pantalla para seleccionar la maniobra.



Figura E. 5 Pantalla para elegir entre continuar o practicar la maniobra.

Si el usuario entra por primera vez a la maniobra, lo primero que le pedirá el sistema es que seleccione el material y equipo que va a utilizar para realizar la misma. La pantalla para la selección de material se muestra en la **Figura E.6**, la cual cuenta también con un botón de regresar al menú principal.

En el lado izquierdo de la pantalla, se muestra el nombre de la maniobra, una ventana que le indica al usuario el nombre del equipo, la cantidad y la categoría, y también el modelo 3D del equipo para que el usuario pueda manipularlo utilizando el *mouse* y los botones que tiene al lado. En caso de haber entrado a practicar, en la parte de abajo aparece el botón para saltar la selección de material e ir a la práctica de los pasos de la maniobra.

En el lado derecho, en la parte superior aparece la lista con todos los materiales y equipos según su categoría, de los cuales el usuario deberá elegir el que le vaya indicando el sistema para que se vayan agregando a la lista que aparece en la parte inferior.



Figura E. 6 Pantalla de selección de material.

Al terminar de seleccionar el material, el sistema se lo hará saber al usuario y mostrará la pantalla de la **Figura E.7** donde, al igual que las anteriores, hay un botón para regresar al menú anterior.

En la parte izquierda, aparece el nombre de la maniobra, el número de paso actual, el objetivo del paso y las instrucciones para realizarlo, así como información adicional en audio. Hay pasos que para realizarlos requieren utilizar alguna herramienta o equipo; cuando esto sucede, el sistema indica al usuario que debe seleccionarlo del menú de equipos que se encuentra en la parte inferior, el cual muestra todo el material que se seleccionó previamente. Al seleccionar el material solicitado por el sistema, éste aparecerá dentro de la escena 3D, que se encuentra en la parte derecha de la pantalla. Después a base de clics sobre los modelos, éstos se irán animando hasta completar el paso.

Al concluir la maniobra, el usuario podrá regresar al menú para seleccionar otra maniobra si es que así lo desea.



Figura E. 7 Pantalla para ver los pasos de la maniobra.

E.1.3 Modo Evaluación

Otra opción para elegir que se muestra en la **Figura E.2**, es el Modo Evaluación, el cual es similar a la secuencia del Modo Aprendizaje/Práctica. A diferencia de la selección de material, el sistema no le proporcionará información para elegirlo. Al realizar la secuencia de pasos de la maniobra, tampoco le dirá que debe hacer, sino que solamente le mostrará el objetivo del paso, como se muestra en la **Figura E.8**.

Al concluir la evaluación de la maniobra, se generará un reporte que le dirá al usuario en qué paso se equivocó y qué debió haber hecho. La **Figura E.9** muestra un ejemplo de dicho reporte.



Figura E. 8 Pantalla del Modo Evaluación.

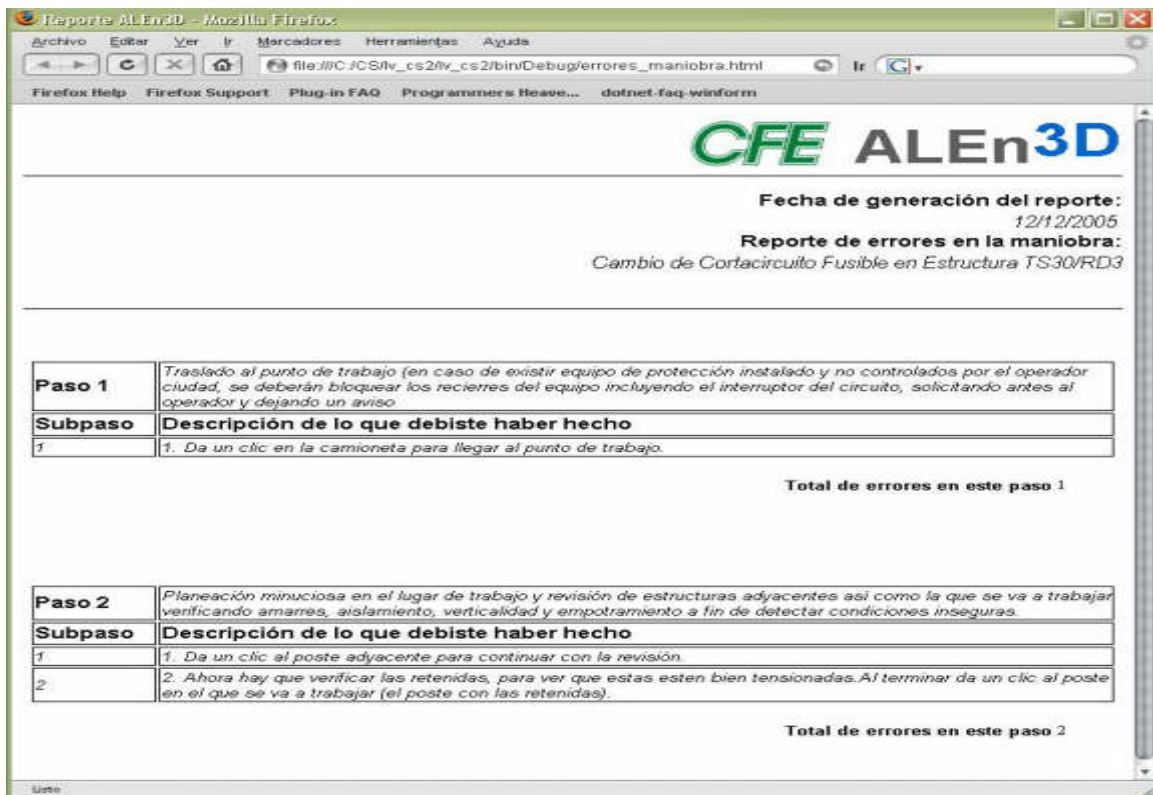


Figura E. 9 Reporte de fallos al terminar la evaluación de la maniobra.

E.1.4 Catálogo de Herramientas

Otra de las opciones mostradas en la **Figura E.2** es el catálogo de herramientas. La pantalla de este catálogo se muestra en la **Figura E.10**. En esta pantalla, del lado izquierdo se muestra la lista de materiales según su categoría y los botones para manipular el modelo 3D que aparece del lado derecho junto con los controles de audio y la lista de maniobras en las que se utiliza dicho material.



Figura E. 10 Pantalla del catálogo de herramientas.

E.1.5 Administración de usuarios

La última opción para elegir que aparece en la **Figura E.2** es la administración de usuarios. Al ingresar a esta opción, el sistema abrirá una nueva ventana como la que se muestra en la **Figura E.11**.

En esta ventana, el administrador podrá consultar las tablas disponibles en la base de datos, hacer búsquedas entre ellas, realizar altas, bajas y modificaciones de usuarios y de maniobras (ver **Figura E.12**), así como importar o exportar tablas de la base de datos.



Figura E. 11 Pantalla inicial para la opción de administrar usuarios.

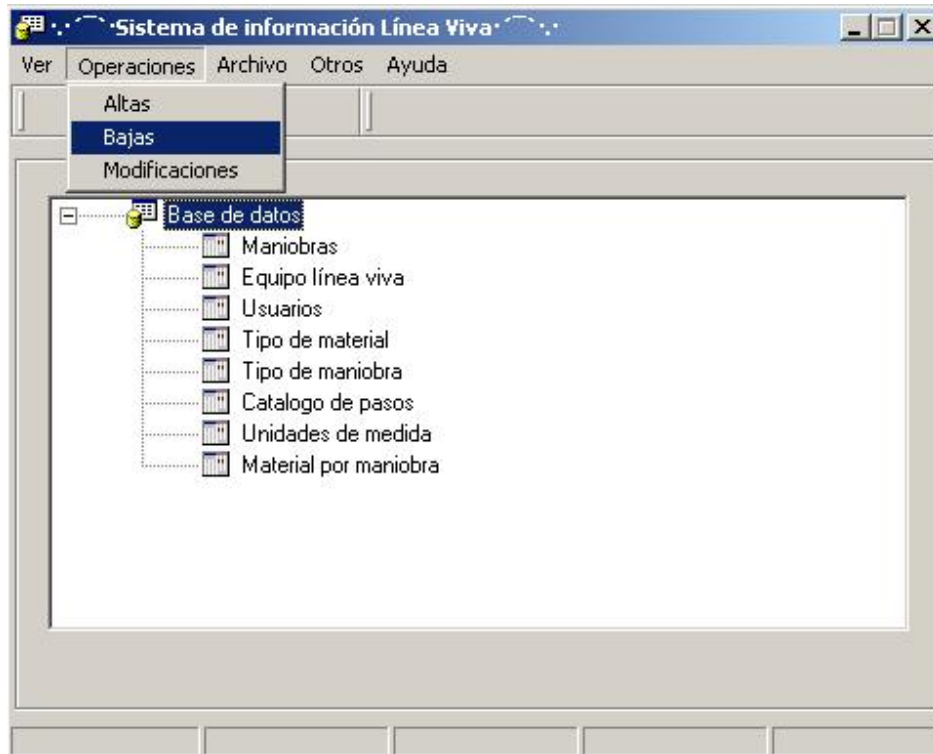


Figura E. 12 Pantalla de altas, bajas y modificaciones a la base de datos.

De esta forma, el sistema ALEn^{3D} fue mejorado según los resultados de las pruebas de usabilidad realizadas. Cabe aclarar que el sistema aún sigue en desarrollo.

Anexo F

Análisis de métodos y técnicas

F.1 Análisis sobre el impacto en el aprendizaje de los sistemas de capacitación basados en RV

Se presenta aquí un análisis de métodos de evaluación para los sistemas de aprendizaje utilizando 3D.

F.1.1 Método de triangulación

El método de triangulación consiste en la aplicación de una combinación de metodologías de investigación en el estudio del mismo fenómeno. Se trata de un método alternativo que puede ser usado en estudios cuantitativos o cualitativos y es de los más usados en las ciencias sociales. (Zulkardi, 2005)

Se realiza combinando a múltiples observadores, teorías, métodos y materiales a fin de resolver los posibles problemas que puedan resultar de utilizar un solo método, un solo observador, una sola teoría, etc.

Existen cuatro tipos básicos de triangulación:

- Triangulación de datos, incluyendo tiempo, espacio y personas.
- Triangulación investigadora, que consiste en el uso de múltiples observadores.
- Triangulación teórica, que consiste en usar más de un esquema teórico en la interpretación de un fenómeno.
- Triangulación metodológica, que utiliza más de un método.

Ejemplo:

Para hacer una evaluación al sistema “*Studierstube*” (Furhmann, 2000), que es un ambiente virtual colaborativo que permite a varios usuarios interactuar con otros usuarios y con la aplicación al mismo tiempo utilizando RV inmersiva, los autores utilizan un método de triangulación, el cual consiste en tomar en cuenta en un objeto, todas las perspectivas tanto como sea posible.

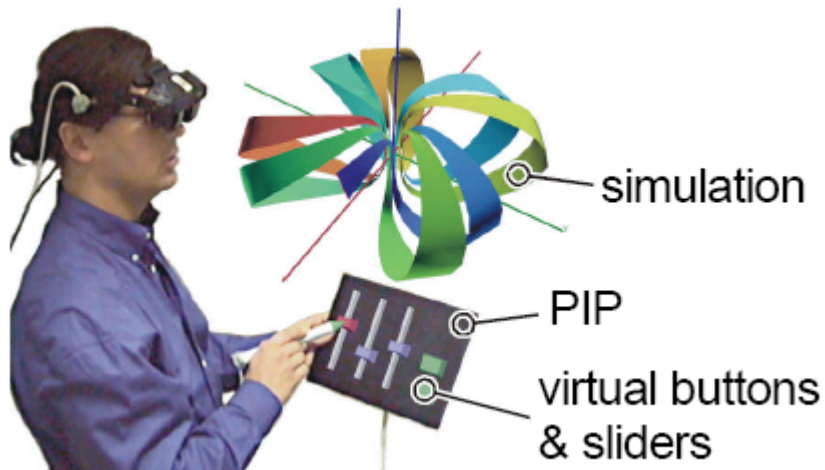


Figura F. 1 *Panel de interacción personal. (Tomado de Furhmann, 2000)*

En este experimento, los autores quieren observar la perspectiva del alumno, del instructor o maestro y del investigador, ya que combinando dichas observaciones, la información obtenida del objeto en investigación estará más completa.

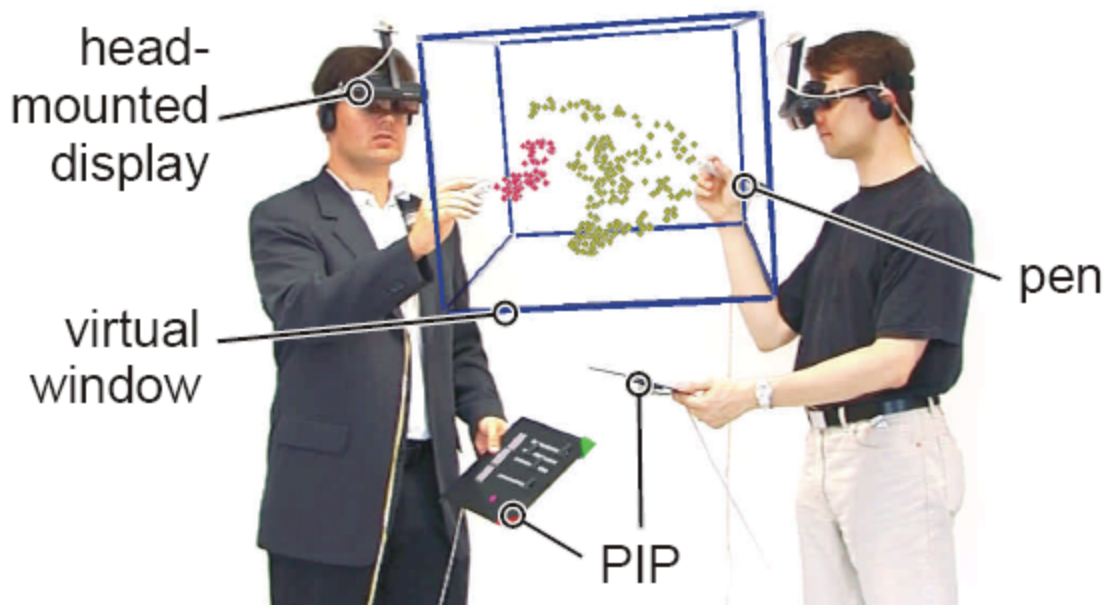


Figura F. 2 Dos usuarios interactuando en realidad virtual. (Tomado de Furhmann, 2000)

F.1.2 Método Delphi

El método de Delphi se basa en un proceso estructurado para recolectar y emitir conocimiento de un grupo de expertos por medio de una serie de cuestionarios mezclados con la generación de retroalimentación. (IIT, 2005)

El método de Delphi es un ejercicio en la comunicación del grupo entre un panel de expertos geográficamente dispersos. La técnica permite que los expertos se ocupen sistemáticamente de un problema o de una tarea compleja.

La esencia de la técnica es bastante directa. Abarca una serie de los cuestionarios enviados por correo, a un grupo pre-seleccionado de expertos. Estos cuestionarios se diseñan para sacar y desarrollar respuestas individuales a los problemas y permiten a los expertos refinar sus opiniones.

La interacción del grupo en Delphi es anónima, en el sentido que los comentarios, los pronósticos, etc. no se identifican en cuanto a su autor pero se presenta al grupo.

Ejemplo:

En el mismo trabajo del ejemplo del método anterior, utilizan el método Delphi. En este caso, los puntos de vista son del alumno, el instructor y el investigador.

Los investigadores observarán la enseñanza de las unidades en donde *Studierstube* es utilizado y darán exámenes a los alumnos cubriendo lo que debieron haber aprendido y entendido en las unidades que les fueron enseñadas.

En la **Figura F.3** se pueden observar las perspectivas del alumno, del maestro y del observador acerca del uso del *Studierstube*, que son las que deben ser examinadas para poder proporcionar un cuadro completo del objeto en investigación. Se ilustra no solamente la triangulación de perspectivas, sino también la triangulación metodológica como segunda característica principal del diseño (Fuhrmann, 2000).

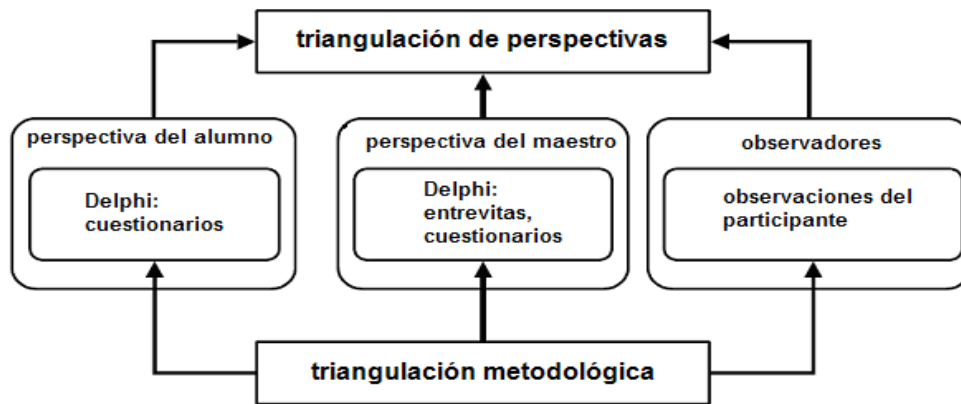


Figura F. 3 *Perspectivas para ser examinadas del Studierstube.* (Tomado de Fuhrmann, 2000)

F.1.3 Observación

La observación es uno de los métodos más antiguos que se conoce. Consiste en la simple apreciación de un hecho o un objeto cualquiera que aporta datos directos acerca de algo ocurrido en la realidad.

La observación directa consiste en pedir a un usuario que utilice un sistema, o que realice una tarea específica, poniendo de antemano algunas reglas e indicaciones, a fin de que el evaluador pueda notar las reacciones del usuario, la facilidad de uso del sistema, los fallos que éste pueda tener, entre otras cosas.

El instructor puede o no auxiliar al alumno. En caso de que se decida que sí puede, se le da al instructor un breve entrenamiento acerca del uso y funcionamiento del sistema. La sesión puede o no ser grabada. La opinión y análisis de lo observado será el fruto del trabajo realizado por el observador.

Ejemplo:

En una escuela donde había niños con capacidades especiales, llevaron entre otros, un sistema que les presentaba un supermercado, en el cual podían elegir productos y llegar a

la caja y pagar. Este sistema lo desarrollaron utilizando realidad virtual no inmersiva y, haciendo unas primeras pruebas a este sistema, se dieron cuenta que al llevar a los niños que utilizaron dicho sistema al mundo real, eran capaces de distinguir mejor los productos en un supermercado que los niños que lo aprendieron por medio de tarjetas 2D. Es por esto que realizaron una evaluación más estructurada para dichos sistemas. (Neale, et. al. 1999)



Figura F. 4 *Cocina en una casa virtual.*

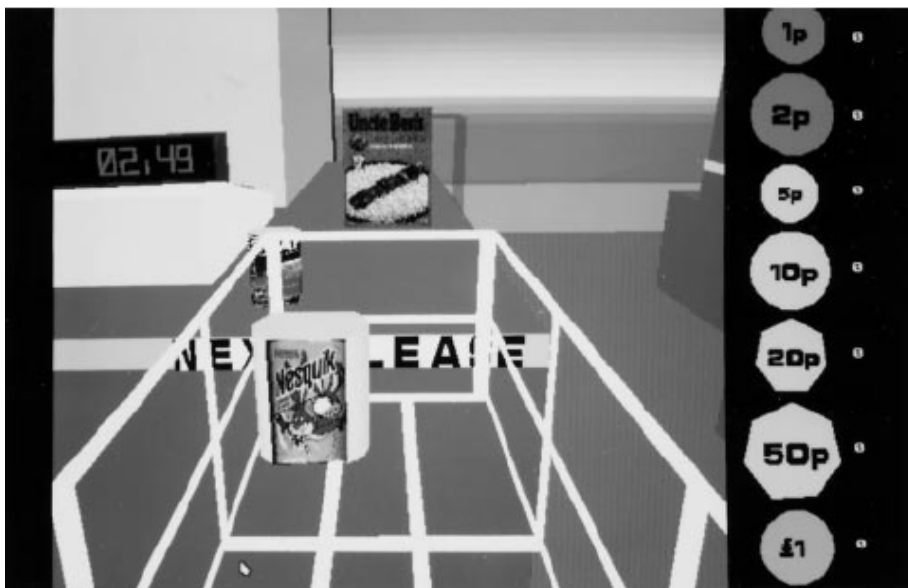


Figura F. 5 *Supermercado virtual.*

Primero realizaron un estudio piloto, en el que sólo observaron a nueve estudiantes utilizando los ambientes virtuales. Estas sesiones se llevaron a cabo en un ambiente normal de un salón de clases sin ninguna asesoría de soporte.

A los maestros les fueron dadas unas sesiones de entrenamiento acerca del uso del ambiente virtual, cómo operar la computadora y cómo navegar e interactuar con él. Sin embargo, no se les dio a los maestros ninguna instrucción acerca de cómo dar sus clases utilizando dicho sistema. Se utilizó la observación directa para saber si había problemas durante la clase. (Neale, et. al. 1999)

Dentro del estudio se observaron a 6 estudiantes que utilizaron el sistema, al mismo tiempo que grababan voz y video del estudiante y del maestro sin imponer ningún tiempo límite u otra restricción. El maestro podía asistir al estudiante en su exploración ayudándolo a mover el *joystick* que estaban utilizando y llevándolo al punto que deseaba ir el alumno, sin que el maestro decidiera a dónde ir o qué objeto seleccionar.

Los resultados obtenidos por los evaluadores fueron en términos de descripciones acerca de la calidad y de las mejoras que se podían realizar a los sistemas para su mejor funcionamiento e interacción con los estudiantes, a fin de que el maestro no tuviera que intervenir tanto con él. (Neale, et. al. 1999)

F.1.4 Cuestionarios o exámenes

Los cuestionarios consisten en una serie de preguntas que se le aplican a una persona para que de a conocer su punto de vista o el conocimiento que ésta tenga acerca de algo general o específico.

Para evaluar un sistema, esta metodología se realiza una vez que el alumno ha completado alguna tarea que le fue asignada. En este tipo de metodología, el instructor solamente podrá auxiliar al alumno en la realización de la tarea, en caso de que así sea acordado. Sin embargo, el cuestionario deberá ser contestado por el alumno individualmente.

De este tipo de evaluación, se pueden obtener resultados cuantitativos, los cuales permitirán conocer el número de aciertos, de errores, el tiempo transcurrido para cada prueba y la comparación según los aspectos a observar.

Ejemplo:

En este trabajo se desarrolló un ambiente virtual distribuido para aplicaciones médicas. En este sistema, los usuarios pueden cortar la piel, tomar y manipular información acerca de los huesos del esqueleto, observar animaciones del funcionamiento del corazón, etc. (Goebbels, 2001)

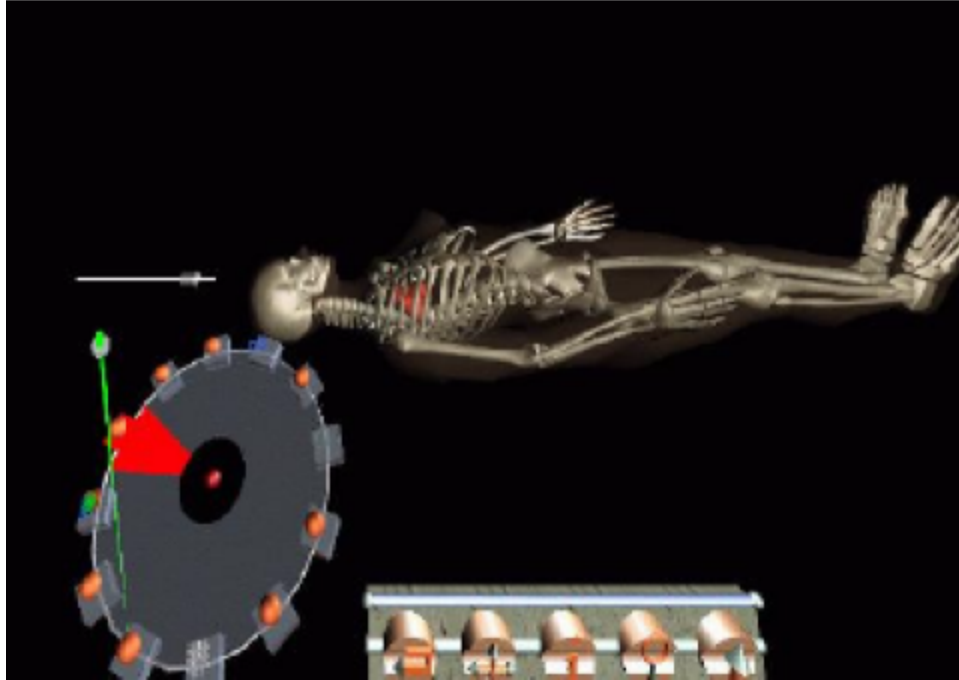


Figura F. 6 *Aplicación de un ambiente virtual médico. (Goebbels, 2001)*

Para hacer la evaluación de este sistema, la tarea del alumno consistió en poner tres huesos en el lugar correcto y preciso del esqueleto humano. Dichos huesos son muy similares unos a otros, así que no resulta obvio donde tienen que ser puestos en el esqueleto. El maestro explicó la tarea, los datos, los dispositivos con los que contaba y las herramientas remotas. Si el evaluador no conocía exactamente la forma y material con que se debían colocar, el maestro le informaba qué instrumento debía ser utilizado y su colocación.

Una vez que el alumno terminó la tarea asignada, se le entregaba un cuestionario que debía contestar y se le daba un tiempo de descanso antes de continuar con la siguiente evaluación.

La siguiente evaluación consistía en trabajo colaborativo, en donde hay un estudiante local y un maestro remoto, sin embargo, ambos tenían los mismos derechos de tomar decisiones y de utilizar y manipular las herramientas.

La tarea ahora consistió en que ambos usuarios tenían que colocar 6 huesos para completar el esqueleto humano. Los usuarios se encontraban uno de cada lado del paciente y tenían que decidir si el hueso iba del lado derecho o del lado izquierdo, ya que estaban revueltos. Una vez que terminaron de colocar los huesos, también se les aplicó un cuestionario.

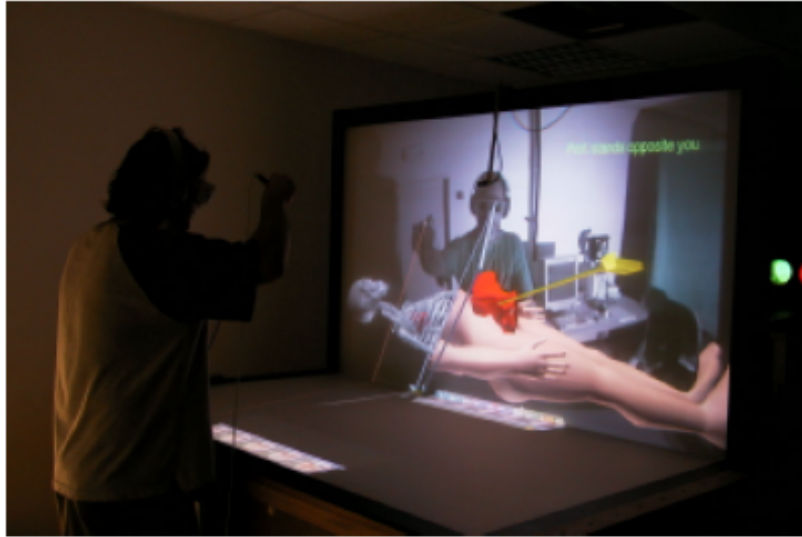


Figura F. 7 *Medicina colaborativa.*

F.1.6 Conclusión

El análisis de estudios de evaluación ha dado la conclusión de que no hay un método que sea el más efectivo y superior para las formas de enseñanza. (Fuhrmann, 2000)

De las metodologías antes mencionadas, algunas se utilizaron para la evaluación al aprendizaje del sistema ALEn^{3D}. A continuación se mencionarán dichas metodologías y si éstas fueron utilizadas para nuestra evaluación.

- **Observación directa:** Esta metodología fue utilizada en nuestra evaluación, ya que hay aspectos que se pueden observar acerca del funcionamiento del sistema, además del desempeño del alumno en la evaluación.

- **Cuestionarios o exámenes:** Esta evaluación fue utilizada puesto que es una de las más comunes y puede arrojar datos numéricos para poder realizar comparaciones entre grupos.
- **Método de triangulación:** Esta metodología fue utilizada en esta evaluación por que se hizo una combinación de métodos para evaluar el aprendizaje del usuario como los métodos mencionados anteriormente (observación y cuestionarios para la parte teórica y práctica). Además de que se realizaron estudios de usabilidad donde se utilizaron diferentes técnicas que dieron resultados desde diferentes puntos de vista.
- **Método Delphi:** Esta metodología no fue utilizada ya que las condiciones en que se da quedan fuera de los alcances de nuestra evaluación.

En la siguiente sección de este capítulo, se hará una revisión más completa de técnicas de evaluación al aprendizaje, a fin de poder tener una visión más amplia de los posibles métodos de evaluación.

F.2 Tipos y técnicas de evaluación

F.2.1 Tipos de evaluación

La evaluación se puede clasificar según el propósito con el que se realiza, es decir, que responde a las preguntas ¿para qué evaluar? y ¿cuándo se evalúa? La evaluación se divide en tres tipos (Ruiz, 2002):

- Evaluación diagnóstica o inicial.
- Evaluación formativa o de proceso.
- Evaluación sumativa, final, integradora o de resultado.

La evaluación diagnóstica se realiza antes del proceso de enseñanza-aprendizaje y la evaluación formativa se realiza durante dicho proceso.

La evaluación sumativa se concentra en los productos o resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje, y su función está orientada a la toma de decisiones en cuanto al grado de alcance de los objetivos propuestos. Se planifican actividades de evaluación de carácter sumativo al final de un proceso (por ejemplo, a final de una unidad didáctica, o curso) para comprobar el nivel de éxito con relación a la planeación (Pauline, 2002).

F.2.2 Técnicas de evaluación

Las técnicas que se pueden utilizar para la evaluación del aprendizaje del alumno en un sistema de entrenamiento o capacitación por computadora son variadas, sin embargo, aunque existan facilidades para dicha evaluación, no se deben descartar las intervenciones y juicio de un instructor o tutor que pueda evaluar el rendimiento del alumno a través de su actuación ante ejercicios prácticos.

Existen técnicas objetivas (valoración cuantitativa), técnicas subjetivas (valoración cualitativa) y técnicas mixtas. En las técnicas objetivas, se pretende obtener una cantidad numérica para poder evaluar el conocimiento, mientras que en las técnicas subjetivas incluyen las pruebas que implican el juicio de un instructor y son útiles para valorar aspectos en el alumno como la iniciativa, la capacidad de afrontar problemas, las habilidades, etc. (Anguita, 2006). A continuación se hará una revisión de los instrumentos de evaluación disponibles y se definirá si cada método descrito fue utilizado para la evaluación del usuario del sistema ALEn^{3D}.

F.2.2.1 Técnicas objetivas

Dentro de las técnicas objetivas se encuentran los cuestionarios y ejercicios interactivos que son parte fundamental para la evaluación de conocimientos. Son conocidos con diversos nombres, como *test*, exámenes, pruebas, cuestionarios, etc. y están dirigidos especialmente a evaluar el nivel de conocimientos del alumno. Este tipo de cuestionarios se puede aplicar antes y después de la sesión de aprendizaje del alumno a fin de comparar después los conocimientos adquiridos.

Hay diferentes instrumentos que se pueden utilizar para aplicar a los alumnos. A continuación se mencionan algunas (Anguita, 2006; VENDI, 2003).

- **Elección múltiple:** este tipo de cuestionario es uno de los más utilizados dada la facilidad de corrección y el alto grado de objetividad que permite.

Este método no se usó en la evaluación por que, a pesar de que es una de las técnicas más utilizadas, la actividad a evaluar es una actividad altamente riesgosa y se requiere que el usuario se aprenda el orden y conozca a la perfección lo que va a realizar.

- **Doble alternativa:** cada pregunta sólo permite dos respuestas. La más habitual es Verdadero-Falso, pero también se puede utilizar Correcto-Incorrecto, Sí-No, etc.

Este método fue utilizado en la evaluación debido a que es uno de los más comunes, al igual que el anterior y también permite al alumno analizar la pregunta.

- **Asociar parejas:** consiste en asociar por parejas los elementos de dos conjuntos. Se pueden relacionar conceptos, términos, definiciones, afirmaciones, etc.

Este método no se utilizó en la evaluación debido a que las respuestas pueden ser elegidas al azar y para fines de la evaluación estas no son respuestas válidas.

- **Rellenar espacios:** consiste en completar los espacios en blanco en una frase o párrafo con un número ilimitado de posibles respuestas para cada uno de los huecos.

Por las mismas razones que el método anterior, éste no fue utilizado para la evaluación.

- **Identificar:** este tipo de cuestionario consiste en ejercicios con dibujos, fotografías, mapas, diagramas, objetos, lugares, etc. Estos objetos deben ir enumerados con letras o signos con el fin de que los alumnos puedan colocarlos en sus lugares correspondientes.

Este método no aplica para el tipo de respuestas requeridas, por lo que no fue utilizado para la evaluación.

F.2.2.2 Técnicas subjetivas

Dentro de este tipo de técnicas se pueden incluir aquellos instrumentos que permitan al evaluador o al instructor conocer las habilidades adquiridas del alumno y aplicadas a diversos casos de uso.

Los distintos instrumentos que se pueden utilizar para esta técnica son (Anguita, 2006) (VENDI, 2003):

- **Redacción escrita y reportes:** permite al alumno que exprese sus ideas y al instructor le permite evaluar cómo razona el alumno los conceptos y teorías, así como el grado de conocimientos alcanzado.

Este método no fue utilizado en la evaluación, pues el pedir al alumno que elabore un reporte puede omitir por nervios, algunos conceptos o prácticas que haya visto, y esto hace que no se pueda medir el aprendizaje.

- **Resolución de problemas prácticos:** consiste en la presentación de una serie de problemas que el alumno deberá resolver en un tiempo establecido por el instructor o evaluador. De esta manera se pide al alumno que aplique los conocimientos que ha adquirido.

Este método fue utilizado en la evaluación, ya que se le pidió al alumno que resolviera algunos problemas en la práctica para que el instructor pudiera decidir si lo hizo bien o no.

- **Grupos de discusión:** dentro de las dinámicas de grupo se debe destacar el debate. Es una discusión informal donde la participación entre alumnos es informal y general.

Este método no se usó para la evaluación, debido a que es un método informal que no aporta datos cuantitativos para medir el aprendizaje.

- **Caso práctico:** se utiliza para analizar una situación o problemática ya dada o que puede darse. Un buen caso mantiene centrada la discusión en alguno de los hechos con los que uno debe enfrentarse en ciertas situaciones de la vida real.

Este método no fue utilizado para la evaluación, ya que, aunque es una buena forma de percibir si el alumno sabe de lo que está hablando, al igual que el método anterior, no aporta datos cuantitativos.

- **Entrevista estructurada:** se realiza una entrevista al usuario para conocer sus impresiones acerca del tema aprendido.

Este método no se utilizó para la evaluación, debido a que mide el aprendizaje en forma cualitativa y no cuantitativa.

F.2.2.3 Otras Evaluaciones

Otros tipos de evaluación posibles a utilizar son los siguientes:

- **Observación directa:** el usuario es observado directamente por el evaluador o instructor al momento en que esté realizando una tarea específica. El evaluador toma notas acerca del desempeño del usuario y registra cualquier cosa que observe y considere importante.

Este método fue utilizado para la evaluación. En caso de que el evaluador observara alguna dificultad por parte del usuario para recordar, se tomaron notas.

- **Modo Evaluación del sistema ALEn^{3D}**: el sistema cuenta con un modo donde el usuario puede evaluar los conocimientos que ha adquirido. Después de haber aprendido, esta evaluación se realiza mientras el usuario ejecuta las tareas que le pida el sistema. La evaluación proporciona la información del paso en que se equivocó el usuario, así como lo que debió haber hecho en cada subpaso en el cual tuvo el error.

Este método no fue utilizado para la evaluación porque, aunque fue creado especialmente para ello, sirve para que los instructores puedan en un futuro evaluar a sus alumnos. Con este método se pueden obtener estadísticas y porcentajes acerca de los errores de secuencia cometidos por el usuario, sin embargo, dichas estadísticas no revelan el nivel de conocimiento como tal, si no los errores cometidos en la interfaz.

Anexo G

Resultados de evaluación

G.1 Evaluación teórica

La **Tabla G.1** muestra los resultados según el grupo de aprendizaje (GTrad y GALEn). Como se puede observar, el GTrad tuvo 137 aciertos de un total de 156; y la calificación promedio del grupo es de 87.91 de un total de 100.

El GALEn obtuvo un resultado de 135.5 aciertos de un total de 156; y la calificación promedio del grupo es de 86.95 de un total de 100.

La diferencia en el promedio de calificación entre un grupo y otro es de 0.96 puntos.

Tabla G. 1 Resultado de la evaluación teórica.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN TEORICA

NOMBRE	GTrad	
	ACIERTOS (de un total de 13)	CALIFICACIÓN
PARTICIPANTE 1	12.5	96.3
PARTICIPANTE 2	11.5	88.6
PARTICIPANTE 3	9	69.3
PARTICIPANTE 4	11	84.7
PARTICIPANTE 5	12	92.4
PARTICIPANTE 6	13	100
PARTICIPANTE 7	11	84.7
PARTICIPANTE 8	13	100
PARTICIPANTE 9	9.5	73.2
PARTICIPANTE 10	10	77
PARTICIPANTE 11	12.5	96.3
PARTICIPANTE 12	12	92.4
Total de aciertos del grupo:	137	Promedio: 87.91

GALEn

NOMBRE	ACIERTOS (de un total de 13)	CALIFICACIÓN
PARTICIPANTE 13	13	100
PARTICIPANTE 14	11.5	88.6
PARTICIPANTE 15	12	92.4
PARTICIPANTE 16	12	92.4
PARTICIPANTE 17	11.5	88.6
PARTICIPANTE 18	11.5	88.6
PARTICIPANTE 19	11	84.7
PARTICIPANTE 20	9.5	73.2
PARTICIPANTE 21	13	100
PARTICIPANTE 22	11	84.7
PARTICIPANTE 23	10.5	80.9
PARTICIPANTE 24	9	69.3
Total de aciertos del grupo:	135.5	Promedio: 86.95

G.2 Evaluación práctica

A continuación se muestra una relación de los equipos que se formaron para la evaluación práctica, la cual incluye los nombres, el grupo al que pertenecen, la hora de inicio y término de la evaluación y algunas observaciones de cada equipo.

Relación de participantes

Equipo 1		Observaciones:
Nombre:	PARTICIPANTE 11 PARTICIPANTE 12	Ninguna.
Grupo:	1	
inicio:	04:05 p.m.	término: 04:35 p.m.
total en min:	30	
Equipo 2		Observaciones:
Nombre:	PARTICIPANTE 13 PARTICIPANTE 16	un participante sabe más que el otro.
Grupo:	2	
inicio:	04:40 p.m.	término: 05:10 p.m.
total en min:	30	
Equipo 3		Observaciones:
Nombre:	PARTICIPANTE 14 PARTICIPANTE 15	el soporte de la plataforma al poste quedó chueco. uno de ellos ya tiene conocimiento.

Grupo: 2
inicio: 05:12 p.m. término: 05:45 p.m.
total en min: 33

Equipo 4

Nombre: PARTICIPANTE 17
PARTICIPANTE 18

Grupo: 2
inicio: 05:50 p.m. término: 06:15 p.m.
total en min: 25

Observaciones:
Colocó la manta lisa al revés.

Equipo 5

Nombre: PARTICIPANTE 23
PARTICIPANTE 24

Grupo: 2
inicio: 09:35 a.m. término: 10:10 a.m.
total en min: 35

Observaciones:
Ninguna.

Equipo 6

Nombre: PARTICIPANTE 2
PARTICIPANTE 3

Grupo: 1
inicio: 10:13 a.m. término: 10:46 a.m.
total en min: 33

Observaciones:
Ninguna.

Equipo 7

Nombre: PARTICIPANTE 10
PARTICIPANTE 9

Grupo: 1
inicio: 10:50 a.m. término: 11:13 a.m.
total en min: 23

Observaciones:
Quitó el perno que sostiene la volanta superior. Eso es peligroso

Equipo 8

Nombre: PARTICIPANTE 1
PARTICIPANTE 4

Grupo: 1
inicio: 11:40 a.m. término: 12:00 p.m.
total en min: 20

Observaciones:
Ninguna.

Equipo 9

Nombre: PARTICIPANTE 21
PARTICIPANTE 22

Grupo: 2
inicio: 12:04 p.m. término: 12:40 p.m.
total en min: 36

Observaciones:
Nunca habían visto el material y aprendieron sólo con el sistema. Es la primera vez que hacían esto

Equipo 10

Nombre: PARTICIPANTE 5

Observaciones:
Es la primera vez que utilizaban y hacían

				esto.
		PARTICIPANTE 6		
Grupo:	1			
inicio:	12:44 p.m.	término:	01:13 p.m.	
total en min:	29			
Equipo 11				
<hr/>				
Nombre:	PARTICIPANTE 19			Observaciones:
	PARTICIPANTE 20			Nunca habían visto el material y aprendieron sólo con el sistema.
				Es la primera vez que hacían esto
				Tuvieron algunas dificultades con las piezas pequeñas y su funcionamiento.
Grupo:	2			
inicio:	01:14 p.m.	término:	01:45 p.m.	
total en min:	31			
Equipo 12				
<hr/>				
Nombre:	PARTICIPANTE 7			Observaciones:
	PARTICIPANTE 8			Es la primera vez que utilizaban y hacían esto.
				Tuvieron algunas dificultades con las piezas pequeñas y su funcionamiento.
Grupo:	1			
inicio:	01:47 p.m.	término:	02:20 p.m.	
total en min:	33			

En la **Tabla G.2** se puede observar que, el primer conjunto de equipos (equipos: 1, 6, 7, 8, 10 y 12) pertenece al GTrad, mientras que el segundo conjunto (equipos: 2, 3, 4, 5, 9 y 11) pertenecen al GALEn. Dentro de los aspectos que se observaron, si el equipo lo realizó bien, se marcó con un 1; si el equipo realizó incorrectamente el subpaso, éste se marcó con un 0.

Se obtuvo el total de puntos acumulados por cada equipo, el cual se puede observar en la última fila de la tabla 7.2. Haciendo la suma de los puntos obtenidos por cada equipo, el total del GTrad es de 265 de un máximo de 294 puntos; mientras que el total del GALEn es de 277 de un máximo de 294 puntos. La diferencia entre estos dos grupos es de 12 puntos.

Tabla G. 2 Resultados de la evaluación práctica.

Aspectos que se observan

	GTrad						GALEn					
	equipo 1	equipo 6	equipo 7	equipo 8	equipo 10	equipo 12	equipo 2	equipo 3	equipo 4	equipo 5	equipo 9	equipo 11
1 Realiza prueba de campo a guantes y mangas dieléctricas.												
a ¿es capaz de elegir los guantes correctos?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b ¿es capaz de elegir las mangas correctas?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
c ¿es capaz de elegir el <i>glove inflator</i> ?	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
d ¿puede inflar los guantes con en <i>glove inflator</i> ?	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
e ¿revisa los guantes correctamente?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f ¿revisa las mangas correctamente?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	4	4	4	6	6	6	5	6	6	6	6	6
2 Instala la montura manopla en el poste.												
a ¿es capaz de elegir la montura manopla?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b ¿pone la montura a una altura adecuada?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
c ¿puede poner la cadena en posición con la calavera?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
d ¿suelta el gatillo?	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
e ¿aprieta la volante con la mano?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f ¿usa el desarmador para terminar de apretar?	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	5	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	5

3 Coloca el protector de aislador tipo alfiler y el protector de línea utilizando la pértiga escopeta.

- a ¿es capaz de elegir el aislador tipo alfiler?
- b ¿es capaz de elegir la pértiga escopeta?
- c ¿es capaz de colocar el aislador tipo alfiler?
- d ¿es capaz de elegir el protector de línea?
- e ¿es capaz de colocar el protector de línea?
- f ¿coloca los protectores en la secuencia correcta?
- g ¿coloca los protectores en la fase correcta?
- h ¿une bien los protectores?

TOTAL

1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1
8	6	7	8	8	8

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1
8	8	8	7	8	8

4 Instala la plataforma en el poste.

- a ¿es capaz de elegir la plataforma?
- b ¿colocó la plataforma en posición correcta en el poste?
- c ¿colocó la cadena en posición con la calavera?
- d ¿suelta el gatillo?
- e ¿aprieta la volanta con la mano?
- f ¿usa herramienta para terminar de apretar?
- g ¿instala primero la volanta superior?

TOTAL

1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
5	7	6	7	7	7

1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
7	6	6	6	7	7

Colócate el cinturón con bandola. Ahora estás embandolado al

5 poste y debes subir a la plataforma.

- a ¿es capaz de elegir el cinturón con bandola?
- b ¿sabe colocar la bandola para subir a la plataforma?
- c ¿sabe colocar la bandola al estar en la plataforma?

TOTAL

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
3	3	2	3	3	3

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3

6 Cálzate de mangas y guantes dieléctricos.

- a ¿se colocó los guantes de algodón?
- b ¿se colocó las mangas correctamente?
- c ¿se colocó los guantes dieléctricos bien?
- d ¿se quitó correctamente las mangas?

TOTAL

1	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	3	2	4	4

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0
4	4	3	3	4	3

7 Cubre la plataforma.

- a ¿seleccionó la manta ranurada?
- b ¿seleccionó la pinza sujetadora?
- c ¿colocó correctamente la manta y su pinza?

TOTAL

1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	2	2	3	3

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3

8 Ya has terminado la fase orillera. Ahora gira la plataforma hacia la otra fase orillera.

- a ¿quita el perno para aflojar la plataforma?
- b ¿gira la plataforma utilizando un método adecuado?
- c ¿vuelve a colocar el perno?

TOTAL

1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	2	3	3	3

1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	3	2	3	3

9 Descubre, marca y cepilla la línea para instalar el estribo.

- a ¿colocó bien la manta lisa en el protector de línea?
- b ¿recorrió el protector de línea?
- c ¿recorrió la manta lisa?
- d ¿tomó en cuenta los 70 cm para colocar el estribo?
- e ¿cepilló la línea?
- f ¿marcó la línea?

TOTAL

1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1
6	6	6	5	6	5

1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
6	6	5	4	5	6

10 Instala el estribo y comprímelo.

- a ¿es capaz de seleccionar el conector estribo?
- b ¿coloca el estribo en forma correcta?
- c ¿aprieta el estribo con la pinza correcta?

TOTAL

1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1
3	3	2	3	1	3

1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
3	3	2	2	3	3

TOTAL DEL EQUIPO:

43 44 39 45 47 47

48 48 45 41 48 47

