

**VALIDACIÓN Y ADICIÓN DE NUEVAS PRESTACIONES A LA PLATAFORMA
PARA EL DESARROLLO DE LABORATORIOS REMOTOS**

JHON ALEXANDER OSORIO ZULUAGA

GERMÁN DAVID RUIZ FIGUEROA

Proyecto de Grado para optar al título de:

Ingeniero Mecatrónico

Director:

DIEGO FERNANDO ALMARIO ÁLVAREZ

Ingeniero Electricista

Msc. en Automática

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI**

2005

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

JIMMY TOMBE ANDRADE.

Jurado

JUAN CARLOS PERAFÁN.

Jurado

Santiago de Cali, Julio 14 de 2005.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2. OBJETIVO GENERAL	5
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	7
2.1. ESTADO INICIAL DE LA PLATAFORMA	7
2.1.1. Actores Involucrados en la Plataforma	9
2.2. MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL DE LAS PLANTAS DEL LABORATORIO	14
2.3. CREACIÓN DE PLANTAS VIRTUALES	15
2.3.1. Visualización del Comportamiento de las Plantas	16
2.3.2. Manipulación Remota de las Plantas Virtuales	16
2.4. GENERAR PLAN DE PRUEBAS PARA LA PLATAFORMA	17
2.4.1. Prácticas Individuales	17
2.4.2. Prácticas Grupales	22
3. SOFTWARE DESARROLLADO	24

3.1. SERVIDOR DE LA PÁGINA WEB	24
3.1.1. Index	24
3.1.2. Main	25
3.1.3. Admin	25
3.1.4. Admin_Prof	26
3.2. SERVIDOR DE PRÁCTICAS	28
3.3. CLIENTE PLANTA REMOTA	29
3.3.1. Componente Activex Dato_Remoto	31
3.4. INTERFAZ DE USUARIO	34
3.5. DISPOSITIVOS MÓVILES	36
4. CONCLUSIONES	38
5. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFIA	42
ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Topología de red de la plataforma para laboratorios remotos	8
Figura 2. Interfaz de usuario	10
Figura 3. ClientePlantaRemota	12
Figura 4. Servidor de prácticas Tesla	13
Figura 5. Arquitectura detallada de la plataforma	14
Figura 6. Monitoreo	18
Figura 7. Diagrama de conexión experimento	20
Figura 8. Resultado primer experimento	20
Figura 9. Resultado experimento final	21
Figura 10. Medición tiempo de cómputo	22
Figura 11. Pagina de inicio de sesión plataforma de laboratorios remotos	24
Figura 12. Pagina main	25
Figura 13. Pagina Admin.	26
Figura 14. Página Admin_Prof, permite modificar los datos personales del docente	26
Figura 15. Página Admin_Prof, permite crear o editar las prácticas	27
Figura 16. Pagina Admin_Prof, permite asociar estudiantes a las prácticas de laboratorio	28
Figura 17. Servidor de prácticas "Tesla"	29
Figura 18, Diagrama de flujo ClientePlantaRemota	30
Figura 19. ClientePlantaRemota	31
Figura 20. Interfaz de usuario, representación tridimensional	35
Figura 21. Interfaz de usuario, grafica Variable medida vs. Tiempo	36
Figura 22. PDA Dell Axim X3	37

Figura 23. Resultado de rotación con ejes de coordenadas	45
Figura 24. Configuración de la trama de datos	52
Figura 25. Resultado encuesta pregunta 1	63
Figura 26. Resultado encuesta pregunta 2	63
Figura 27. Resultado encuesta pregunta 3	64
Figura 28. Resultado encuesta pregunta 4	64
Figura 29. Resultado encuesta pregunta 5	65
Figura 30: Resultado encuesta pregunta 6	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: MODELAMIENTO EN SOLIDWORKS	43
ANEXO B: PIEZAS OBTENIDAS EN 3D EXPLORATION	45
ANEXO C: FUNCIONES CREADAS EN VB PARA EL MANEJO DE DIRECTX	46
ANEXO D: TIMER MULTIMEDIA	51
ANEXO E: CONFIGURACIÓN DE TRAMA	52
ANEXO F: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DELL AXIM X3	56
ANEXO G: MIGRACIÓN A LA PLATAFORMA SOLARIS	59
ANEXO H: ENCUESTA REALIZADA	61

RESUMEN

La plataforma para laboratorios remotos es un sistema que le brinda al estudiante la oportunidad de realizar diversas prácticas de laboratorio fuera de la universidad; para esto es necesario que el docente u orientador (docente diseñador de la practica) en la respectiva materia genere la(s) práctica(s) a realizar, lo cual se hace a través de una aplicación Web que permite agregar información (por ejemplo descripción, marco teórico, objetivos, etc.) útil para el desarrollo de las mismas, esta aplicación también le ofrece al docente la posibilidad de crear un listado de alumnos los cuales posteriormente pueden tener acceso a las diferentes practicas (utilizando un nombre de usuario y password asignado por el docente) según lo disponga el profesor; cabe anotar que el docente esta en plena libertad de crear varias practicas y asociar a cada una de ellas un grupo de estudiantes diferente, el cual se puede modificar en cualquier momento, así como la información relativa a dicha(s) practica(s). Para conservar un orden en el sistema existe un administrador que se encarga de gestionar las cuentas de los docentes, el es responsable de adicionar nuevos profesores a la plataforma de laboratorios remotos, para que ellos a su vez creen nuevas prácticas y le den acceso al sistema a nuevos estudiantes.

El estudiante al ingresar a la página Web deberá registrarse con el nombre de usuario y el password asignados por el docente diseñador de la práctica, una vez registrado podrá iniciar comunicación con la aplicación y el servidor de práctica llamado “TESLA”. Este servidor de practicas es invisible para los usuarios y se encarga de redireccionar la información enviada por el alumno hasta donde se encuentra la planta real bien sea para manipular los equipos de los laboratorios o simplemente observar y registrar su comportamiento. La aplicación correspondiente a cada práctica podrán ser descargadas de la pagina Web de la universidad, en esta aplicación se encontraran las herramientas

suficientes para realizar las practicas de laboratorio.

Una aplicación de vital importancia e invisible para el usuario es ClientePlantaRemota; Esta aplicación corre en el computador donde se halla conectada la planta, ella se encarga de interpretar la información enviada por el usuario y de devolver la respuesta de la planta nuevamente al servidor de practicas para que nuevamente la redireccione.

A pesar que esta plataforma para laboratorios remotos esta planeada inicialmente para el servicio del laboratorio de automática, la expansión de esta plataforma a otras dependencias solo significa unos pocos cambios según sean las necesidades.

INTRODUCCIÓN

Con la popularidad que adquieren día a día los computadores personales (PC) es cada vez más común que cualquier persona tenga acceso a Internet ya sea desde su casa o desde cualquier otro lugar, inclusive gracias a los adelantos tecnológicos se puede acceder a la Red por medios diferentes a los computadores. Muestra de ello, son los dispositivos móviles, como son: teléfonos celulares, PDA¹ o la combinación de estos dos, entre otros. El Internet en algunos aspectos facilita nuestra vida haciendo más sencillo obtener información, de cualquier tipo y en cualquier parte del mundo, además también se utiliza ampliamente para el entretenimiento de sus usuarios. Viendo el gran potencial que puede representar el uso de esta red a nivel mundial se viene utilizando no solo para el entretenimiento y para suministrar información a usuarios, si no que también se esta utilizando con otros fines, ejemplo de ello es que por medio de Internet se pueden realizar transacciones bancarias, suscripciones a entidades o revistas, supervisión de eventos, etc. La lista de las posibilidades es tan larga como las necesidades que van surgiendo.

Conociendo las prestaciones y el potencial que puede generar el uso de esta red se desarrolla una plataforma de laboratorios remotos, que hasta el momento se encuentra planeado para el uso de la comunidad académica, específicamente para el laboratorio de automática², pero por la concepción del proyecto puede ser fácilmente adaptado para el uso de todos los programas académicos. Además otra de las posibilidades que se pueden presentar con este desarrollo es de aplicación a nivel industrial.

1 Asistente personal digital (Personal Digital Assistant).

2 Laboratorio del programa de ingeniería mecatrónica donde se realizan prácticas de control e instrumentación.

Esta plataforma hace posible que el estudiante pueda acceder a los recursos de los diferentes laboratorios desde fuera de la universidad, bien sea para manipular los equipos de los laboratorios o simplemente observar y registrar su comportamiento.

1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La plataforma de laboratorio remoto desarrollado por el programa de ingeniería mecatrónica de la Universidad Autónoma Occidente presenta falencias desde el punto de vista del control³, ya que ésta sólo permite leer los datos de los equipos del laboratorio y enviarles un valor fijo. Este proyecto pretende ampliar las características de la Plataforma con el fin de permitirle al estudiantado aplicar los conocimientos obtenidos en el área de control, permitiéndoles así utilizar diferentes estrategias de control de acuerdo a las necesidades del curso.

Otro punto a tener en cuenta en este proyecto son los dispositivos móviles, éstos cada día se hacen más populares dentro de la comunidad académica, debido a esto, es necesario ampliar las prestaciones de la Plataforma para que se puedan realizar prácticas desde este tipo de dispositivos, en nuestro caso se utilizará una PDA Dell Axim 3.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Adicionar nuevas prestaciones al laboratorio remoto desarrollado por la universidad y validar los resultados del mismo.

³ Es lograr que el sistema se comporte de forma deseada, sin la intervención directa del ser humano en el momento de la acción.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proporcionarle a los estudiantes una herramienta de uso muy intuitivo y con una interfaz gráfica agradable al usuario por medio de la cual puedan realizar las prácticas en el laboratorio remoto.
- Dejar implementado para el laboratorio remoto dos nuevos módulos didácticos (de ahora en adelante se llamarán plantas) para que los estudiantes puedan realizar prácticas remotas en el área de automática.
- Brindarle a los estudiantes la posibilidad de utilizar diferentes estrategias de control, como el PID⁴ y el algebraico discreto.
- Brindarle al usuario diversas alternativas de acceso al laboratorio remoto, para esto se utiliza un PC de escritorio o un dispositivo móvil, más específicamente una PDA Dell Axim 3.
- Validar la plataforma para laboratorios virtuales que la universidad ha venido desarrollando.

4 Representa la suma de cada una de las acciones de control como son: proporcional, integral y derivativo.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. ESTADO INICIAL DE LA PLATAFORMA

En esta etapa se busca reunir información sobre el proyecto que la universidad ha venido desarrollando, con el fin de conocer el estado actual del mismo y así conocer que avances ha tenido; buscar formas para hacer la plataforma más robusta y ampliar sus prestaciones, adaptándola para permitirle al estudiante realizar diferentes tipos de prácticas, que van desde tomar muestras de los equipos del laboratorio hasta poder manipularlos de diversas formas.

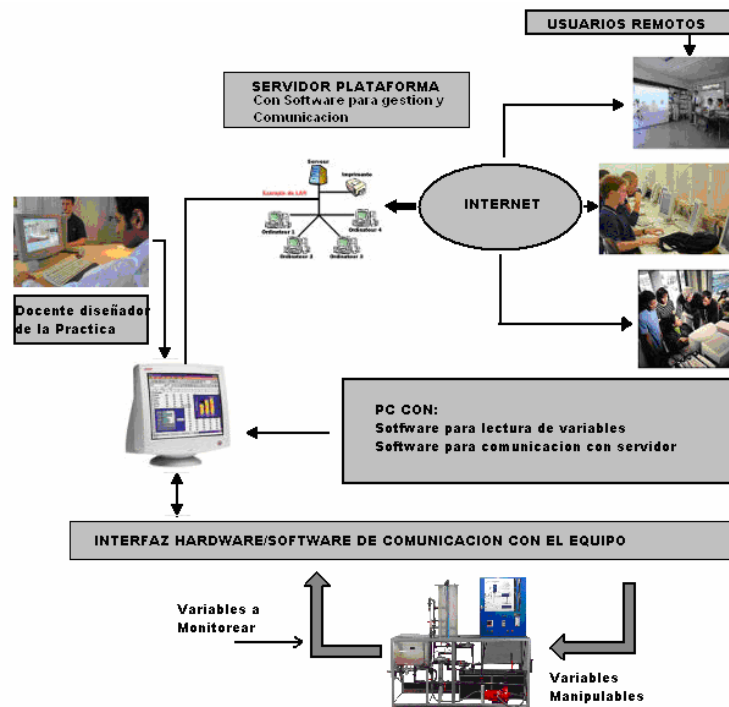
La plataforma para laboratorios remotos esta concebida como una herramienta de apoyo docente para cursos del tipo virtual o de educación a distancia la cual permite la manipulación y supervisión (visualización) remota de variables desde el sitio donde se encuentre el usuario (*usuario remoto*). Bajo esta modalidad se pueden impartir cursos que requieran para su adecuado desarrollo de prácticas de laboratorio y que bajo la modalidad actual implica el desplazamiento de los estudiantes hacia los sitios emisores del proceso de enseñanza en fechas especificadas para tal efecto, con las consecuentes incomodidades y sobrecostos para los mismos.

La plataforma para laboratorios remotos es un sistema que le brinda al estudiante la oportunidad de realizar diversas prácticas de laboratorio fuera de la universidad; para esto es necesario que el docente u orientador (*docente diseñador de la práctica*) en la respectiva materia genere la(s) práctica(s) a realizar, lo cual se hace a través de una aplicación web que permite agregar información (por ejemplo: descripción, marco teórico, objetivos, etc.) útil para el desarrollo de las mismas, esta aplicación también le ofrece al docente la posibilidad de crear un listado de alumnos

los cuales posteriormente pueden tener acceso a las diferentes prácticas (utilizando un nombre de usuario y password asignado por el docente) según lo disponga el profesor; cabe anotar que el docente esta en plena libertad de crear varias prácticas y asociar a cada una de ellas un grupo de estudiantes diferente, el cual se puede modificar en cualquier momento, así como la información relativa a dicha(s) práctica(s). Para conservar un orden en el sistema existe un administrador que se encarga de gestionar las cuentas de los docentes, el es responsable de adicionar nuevos profesores a la plataforma de laboratorios remotos, para que ellos a su vez creen nuevas prácticas y le den acceso al sistema a nuevos estudiantes.

En la Figura 1 se pueden observar los actores involucrados en el uso de toda la plataforma y la interacción entre ellos.

Figura 1. Topología de red de la plataforma para laboratorios remotos



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

2.1.1. Actores Involucrados en la Plataforma

- *El usuario remoto:* Básicamente para quien va dirigida la plataforma.
- *Docente diseñador de la práctica:* Crea y gestiona las prácticas.
- *El laboratorio emisor:* Encargado de ofrecer el servicio de prácticas de laboratorio.
- *El administrador:* Incluye servidor, base de datos y documentación.

Usuario remoto:

En este caso será el estudiante o grupo de estudiantes que podrán tener acceso autorizado a una práctica de laboratorio. Para acceder a la práctica el estudiante necesitara los siguientes equipos y programas:

- Computador con conexión a Internet o red LAN.
- Navegador WEB.
- DirectX 7 o superior (software gratuito).
- Aplicación Interfaz gráfica para mando y monitoreo propio de la práctica (se descarga desde la web de la práctica).

La práctica deberá haber sido programada por la unidad académica de antemano con el objeto de realizar la consecuente reserva y conexión de equipos en el laboratorio emisor e igualmente se deberá haber asignado un tiempo de inicio y finalización de la misma.

La manipulación de las plantas (utilizando la aplicación Interfaz gráfica) la hace un usuario a la vez, esto con el fin de evitar comportamientos indeseados en el sistema, los demás usuarios deberán esperar a que el estudiante que esta realizando la práctica la termine, en este periodo de tiempo

pueden monitorear el sistema (visualizarlo), más no podrán manipularlo.

Aplicación Interfaz gráfica:

Esta aplicación (Ver Figura 2) se desarrolló en Visual Basic y DirectX 7.0, en ella se reproduce fielmente la forma física de la planta utilizando una animación tridimensional de la misma. Esta aplicación le permite al usuario tener control sobre la planta real mediante el envío de valores de referencia, también puede monitorear el comportamiento de la misma mediante el movimiento de la animación 3D; todo esto es posible si el usuario logra establecer una comunicación con el servidor de prácticas, para lo cual debe registrarse en la plataforma por medio la aplicación web, para esto es necesario tener el nombre de usuario y la contraseña asignados por el profesor, además el estudiante debe de seleccionar la práctica de las diferentes opciones que puede tener (un estudiante puede tener asociadas varias prácticas).

Figura 2. Interfaz de usuario



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Una primera limitación de la aplicación es que a pesar de que ella permite enviar varios valores de referencia en forma secuencial, el software no estaba acondicionado para manejar más de un grado de libertad; otra gran limitante se observa en la forma de realizar el monitoreo el cual solo permite realizar una interpretación gráfica a través de un modelo tridimensional, lo que impide que se realice un análisis metódico del comportamiento de la planta.

Esta es la interfaz grafica original, en ella se encuentra los botones de visualización, los recuadros para configurar el nombre del servidor y el número del puerto, un botón para iniciar comunicación y otro para enviar la referencia.

Docente diseñador de la práctica:

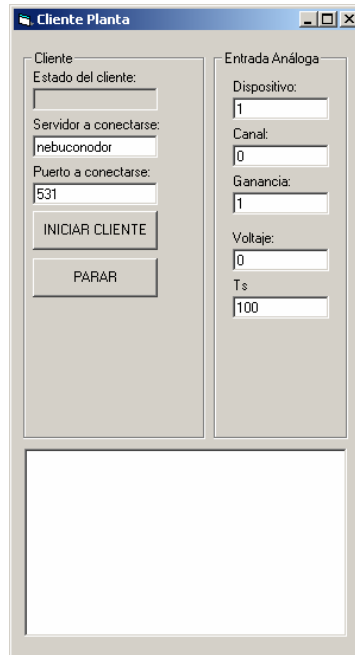
Es el encargado de crear las prácticas de laboratorio, esto se hace por medio de la aplicación web, en ella el docente debe de especificar el nombre de la práctica, también tiene la posibilidad de realizar una breve descripción de la misma y adjuntar archivos con información útil para la práctica (como por ejemplo el marco teórico de la misma o un instructivo de ella). El docente también es el encargado de crear los grupos de estudiantes que podrán realizar las diferentes prácticas (en caso de que el estudiante tenga asociadas varias prácticas este podrá realizar solo una a la vez) para esto es necesario crear uno a uno los estudiantes que participaran en las diferentes prácticas y posteriormente deberá seleccionar cual estudiante puede realizar una determinada práctica, estos proceso se realiza por medio de la aplicación web.

Laboratorio emisor:

Este será el encargado de ofrecer la práctica a través del sistema de educación virtual o independiente del mismo, de acuerdo a las características de la práctica, para lo cual establecerá las plantas, equipos y o procesos que desea sean puestos en la modalidad de laboratorio remoto.

La plataforma provee el software necesario para realizar las prácticas, cabe anotar que el usuario remoto no tiene contacto con este software. Básicamente para realizar las prácticas la plataforma utiliza la aplicación ClientePlantaRemota (Ver Figura 3).

Figura 3. ClientePlantaRemota



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

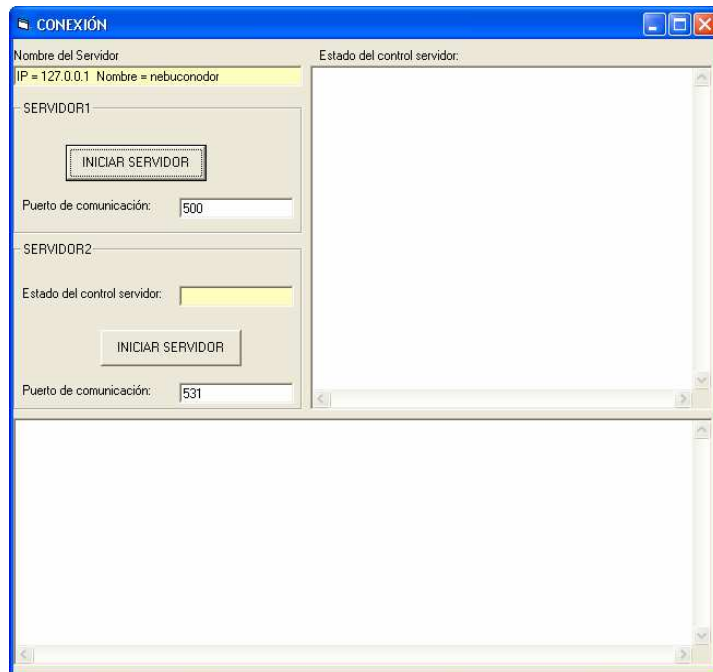
Esta aplicación corre en el computador donde se halla conectada la planta, se encarga de interpretar la información enviada por el usuario, siempre y cuando se halla conectado al servidor de prácticas “Tesla” previamente; aunque se encuentra limitado a generar una sola acción de control para un controlador fijo de tipo Proporcional. La aplicación solo esta en capacidad de enviar datos a uno de los canales de salida analógica de la tarjeta de adquisición de datos PCI 1200 limitando así el sistema a un solo grado de libertad.

Administrador:

Se ha denominado así a todo el conjunto de herramientas hardware y software que permiten coordinar todas las actividades de la plataforma, servidor, software para el servidor, bases de datos y software de interacción con el usuario. Es importante anotar que para una operación adecuada de la plataforma como herramienta de apoyo en procesos de educación remota o virtual el servidor deberá ser habilitado para ser accedido desde afuera de la universidad teniendo en cuenta claro esta los requerimientos de seguridad que para ello se disponga.

El servidor de prácticas “TESLA” (Ver Figura 4) se encarga de redireccionar la información enviada por el usuario remoto hasta donde se encuentra la planta real para que este tenga control sobre ella, estas operaciones solo las puede realizar un usuario que se halla registrado a través de la aplicación web.

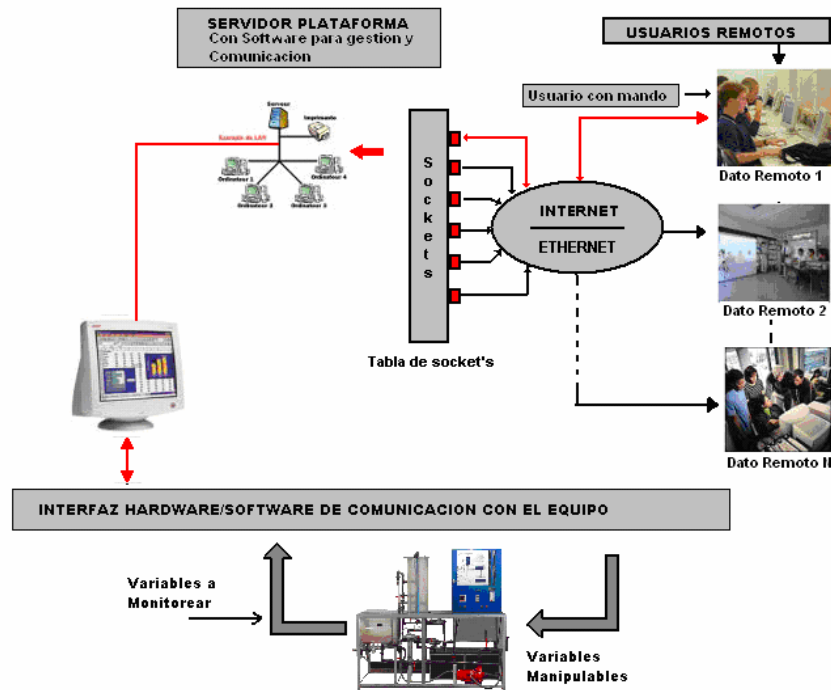
Figura 4. Servidor de prácticas Tesla



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Esta aplicación utiliza una tabla de socket's (Ver Figura 5) que permite que varios usuarios estén conectados al tiempo a la práctica, el sistema esta en la capacidad de alojar hasta treinta (30) usuarios diferentes conectados de forma simultanea a cada práctica.

Figura 5. Arquitectura detallada de la plataforma



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

2.2. MODELAMIENTO TRIDIMENSIONAL⁵ DE LAS PLANTAS DEL LABORATORIO

Uno de los objetivos de este proyecto es crear nuevas plantas virtuales que se puedan utilizar dentro de la plataforma de laboratorios remotos, para lo cual se debe crear una representación 3D de las mismas. El primer paso consistió en tomar las medidas de los equipos reales para así obtener una representación tridimensional exacta de los equipos que formarán parte del laboratorio remoto,

⁵ Procedimiento por medio del cual se construye una representación realista de una maquina o dispositivo.

después de obtener todas las dimensiones correspondientes se inicio la etapa de modelamiento 3D, para esto se utiliza el software de modelado Solidworks⁶ (Ver ANEXO A), se escogió este software ya que nos da una gran flexibilidad en el diseño y nos permite realizar ensambles de gran cantidad de piezas de una forma extremadamente rápida, una ventaja a resaltar de este software es la facilidad con la que se exportan las piezas a un formato que nos permita posteriormente utilizar estas piezas en DirectX⁷, el siguiente paso es importar estas piezas desde el software 3D Max. Studio⁸ para aplicarles las texturas y colores que nos permitirán obtener un efecto foto realista en los modelos finales, que serán los que el usuario final manipulara desde el software terminado, en este software se exportan nuevamente las piezas en un formato que será compatible con el software 3D Exploration⁹ el cual nos permite convertir las piezas al formato de DirectX (*Formato X*) aquí también se ajustan los centros de rotación o pivotes de las piezas. Los archivos exportados desde este software se cargan desde la aplicación desarrollada para que el estudiante los pueda manipular (Ver ANEXO B).

2.3. CREACIÓN DE PLANTAS VIRTUALES

Para crear las nuevas plantas virtuales se toma como punto de partida los modelos tridimensionales desarrollados con anterioridad (archivos en *formato X*); para utilizar los modelos 3D de las diferentes plantas en el software desarrollado es necesario crear de un software genérico que permitiera visualizar las diferentes plantas tridimensionales, para esto se implementaron algunas funciones (Ver ANEXO C) de gran importancia que permiten utilizar las herramientas de DirectX

6 Software CAD para el diseño mecánico 3D.

7 Es un conjunto de interfaces para la programación de aplicaciones (API's) multimedia avanzadas, desarrollado para Microsoft Windows.

8 Software altamente personalizable y escalable para animación 3D, solución de modelado y renderizado, ampliamente utilizado en la industria cinematográfica.

9 Visor de archivos creados con programas de renderizado y realidad virtual, que hace uso de las librerías OpenGL para tener acceso a su contenido.

para la visualización y manipulación de objetos 3D.

Para desarrollar este software se utilizaron las herramientas Visual Basic y DirectX 7.0; al desarrollar este software se persiguen dos objetivos: que el usuario pueda visualizar el comportamiento de las plantas y que pueda manipularlas de forma remota utilizando diferentes estrategias de control.

2.3.1. Visualización del Comportamiento de las Plantas. El estudiante tiene la posibilidad de observar el comportamiento de la planta mediante una representación 3d o viendo la respuesta del sistema mediante un grafico de la variable medida vs. Tiempo; en la representación 3d se reproduce fielmente la geometría física del dispositivo así como sus movimientos, con la respuesta del sistema mediante un osciloscopio¹⁰ incorporado al sistema se puede hacer un estudio mas analítico de la manera como se comporta el sistema. Para cualquiera de los dos casos anteriores el software proporciona información del estado actual de los elementos de medición.

2.3.2. Manipulación Remota de las Plantas Virtuales. El usuario puede acceder de forma remota a las plantas del laboratorio de automática y manipularlas teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en los cursos de control clásico vistos durante la carrera, el software permite que el estudiante utilice diversos tipos de controlador totalmente personalizables, se puede utilizar un controlador algebraico sin limite de parámetros o un pid (o alguna de sus derivaciones p, pi, etc.) Con sus parámetros totalmente personalizados para permitir que la estrategia de control se ajuste a la planta que se desea manipular.

¹⁰ Es un instrumento que permite visualizar fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos.

2.4. GENERAR PLAN DE PRUEBAS PARA LA PLATAFORMA

Con el fin de realizar de pruebas efectivas para validar la plataforma se llevaron a cabo dos estrategias diferentes, la primera estrategia consistió en realizar prácticas a nivel individual, una vez se obtuvieron resultados satisfactorios en esta etapa se abordó la segunda estrategia que consistió en realizar prácticas a nivel grupal.

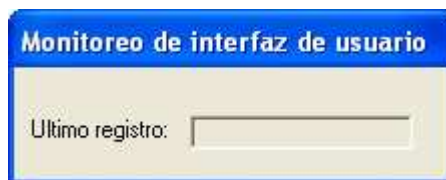
2.4.1. Prácticas Individuales. El objetivo principal de las prácticas individuales es el de estudiar la forma en la que se comporta el sistema, en esta fase se estudio el comportamiento lógico del sistema y su comportamiento temporal, el propósito principal de estudiar el comportamiento lógico es comprobar que este se funcione de forma correcta, para evitar problemas con las plantas y los dispositivos que hacen parte del laboratorio, ya que las plantas pueden sufrir daño por su mal uso. El objetivo de hacer un estudio a la respuesta temporal del sistema es comprobar que tan tolerables son los retardos que se introducen al sistema al estar este conectado a una red de datos, ya que la plataforma sería muy poco práctica si el sistema se demorara un gran intervalo de tiempo en responder a las ordenes que envía el usuario remoto; otro punto que se estudió al realizar la validación del sistema fueron las variables temporales que intervienen en la lógica de control como lo son el tiempo de muestro y el tiempo de cómputo.

Con las prácticas individuales se analizó el comportamiento del sistema, su funcionamiento lógico y la forma en que permite manipular (acción de control) los equipos del laboratorio, también se analizó la respuesta temporal del sistema (periodo de muestreo, tiempo de cómputo, retardos del sistema, etc.) siendo esto último el análisis más importante de esta etapa, tras haber desarrollado las mediciones pertinentes se obtuvieron los siguientes resultados:

Retardos del sistema:

Esta plataforma funciona sobre una red LAN tipo Ethernet, donde el acceso al medio de transmisión se hace de forma aleatoria por lo cual el comportamiento de la red no es predecible generando una incertidumbre en la respuesta temporal de sistema debido a esto fue necesario realizar una validación temporal del sistema para saber que tan tolerables son los tiempos de espera por parte de los usuarios ya que esta plataforma no seria de gran utilidad si el usuario tuviera que esperar un largo periodo de tiempo para observar la respuesta del sistema a sus ordenes (Set-Point y/o estrategia de control); para realizar este experimento se implemento un programa un Visual Basic (Ver Figura 6.) que permite medir el tiempo que el sistema necesita para procesar las ordenes del usuario, para esto el programa establece una comunicación DDE¹¹ con el software Interfaz Grafica, permitiendo el intercambio de datos entre los dos software haciendo posible la medición del tiempo transcurrido entre el envío de datos y la respuesta del sistema. El software de monitoreo recopila los tiempos de respuesta del sistema y al terminar la aplicación Interfaz de Usuario este guarda un archivo donde están todos los datos generados por el sistema.

Figura 6. Monitoreo



11 Intercambio dinámico de datos (Dynamic Data Exchange).

Tras realizar este experimento se obtuvieron los siguientes datos:

Tiempo de conexión promedio: 245 ms

Tiempo de conexión máximo: 480 ms

Tiempo de envío estrategia de control promedio: 54 ms

Tiempo de envío estrategia de control máximo: 77 ms

Tiempo de envío de referencias promedio: 3 ms

Tiempo de envío de referencias máximo: 44 ms

Periodo de muestreo¹²:

Para medirlo se utilizo un osciloscopio digital y una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) Nacional Instruments PCI-1200 (Ver Figura 7), el experimento realizado consistió en poner en alto (5V) un pin digital de la tarjeta DAQ al momento de iniciar el muestreo y en el siguiente muestreo ponerlo en bajo (0V), con ayuda del osciloscopio digital se midió el ancho del pulso, este ancho de pulso es el tiempo de muestreo de la señal, en el experimento se utilizo un tiempo de muestreo de 50ms que es un tiempo muy comúnmente utilizado en los sistemas digitales, como resultado de las múltiples mediciones realizadas se comprobó que el sistema no cumplía con el tiempo de muestreo, el cual era en promedio de 62ms (Ver Figura 8); por estos las acciones de control generadas por el sistema no son correctas. Para solucionar este inconveniente se utilizo un método diferente para obtener el tiempo de muestreo; dentro de las diferentes opciones que Windows proporciona para medir el tiempo existe una que es la utilización de timers multimedia (Ver ANEXO D); estos generan interrupciones que se ejecutan de forma periódica y tienen la gran ventaja de que su interrupción cuenta con la prioridad mas alta de todo el sistema, este tipo de timer es ampliamente utilizado en aplicaciones multimedia como el Windows media player o winamp. Después de

¹² Tiempo entre la toma de dos muestras.

realizar los ajustes en el código fuente se repitió el experimento y se comprobó que el sistema cumple con el tiempo de muestreo esperado para todos los tiempos de muestreo superiores o iguales a 50ms (Ver Figura 9).

Figura 7. Diagrama de conexión experimento



Figura 8. Resultado primer experimento

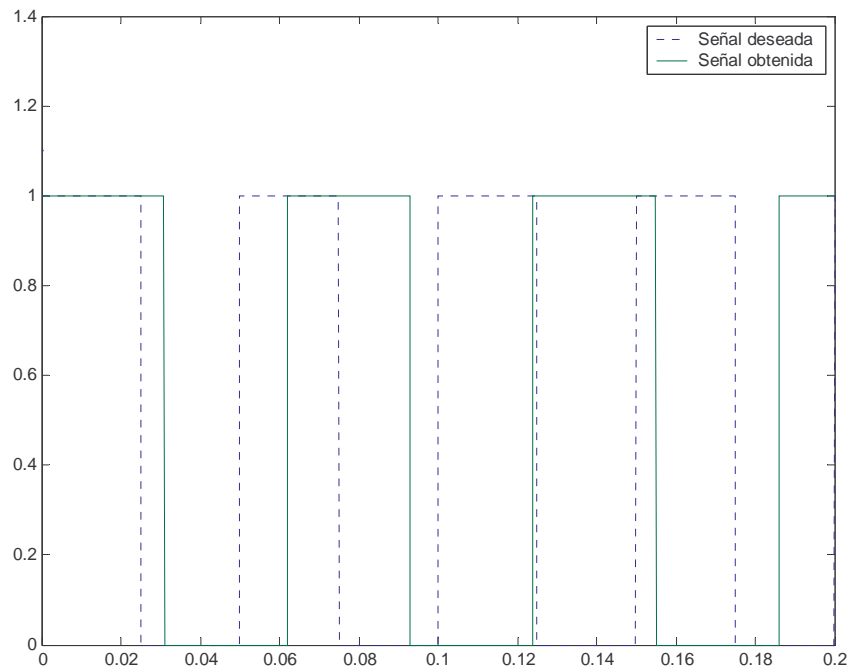
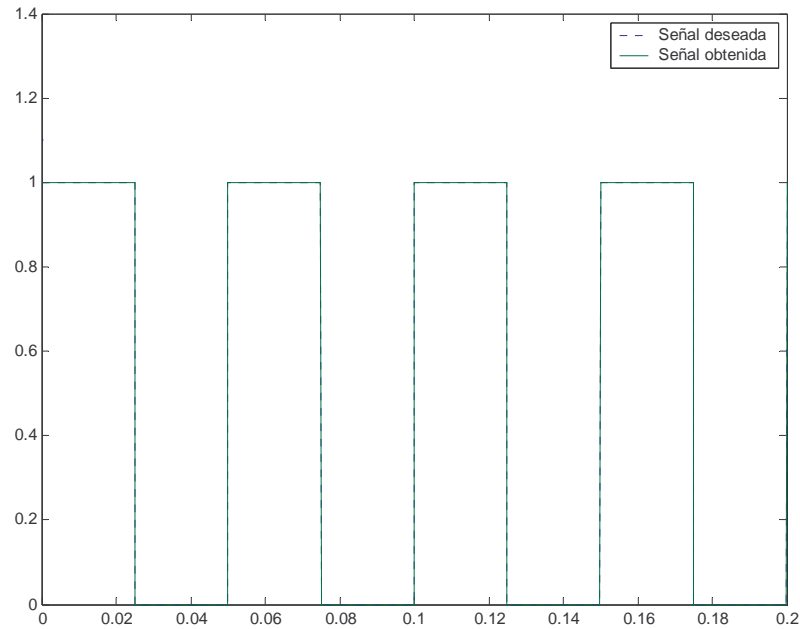


Figura 9. Resultado experimento final



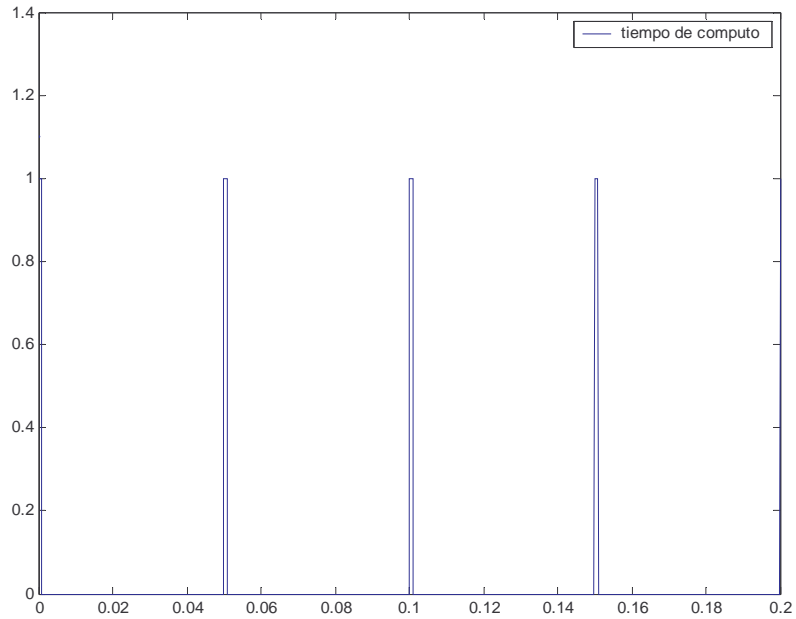
Tiempo de cómputo¹³:

Para medirlo se realizó un experimento muy similar al realizado para medir el tiempo de muestreo, el esquema de conexión utilizado fue el mismo que en el experimento anterior (Ver Figura 7), éste consistió en colocar un pin de la DAQ en alto (5V) al momento de iniciar el muestreo y ponerlo de nuevo en bajo al actualizar los canales análogos de salida que van conectados a los actuadores de la planta, para este experimento se analizó un controlador algebraico discreto de orden 3 el cual es suficiente para controlar cualquiera de las plantas del laboratorio de automática, como resultado de este experimento se observó que el tiempo de cómputo en el peor de los casos (WCET¹⁴) es de apenas 0.1ms (Ver Figura 10), de esto se puede concluir que el tiempo de cómputo no interfiere de forma negativa con el tiempo de muestreo de sistema.

¹³ Cantidad de tiempo que se tarda un sistema computacional en realizar una determinada tarea.

¹⁴ Worst Computer Execution Time

Figura 10. Medición tiempo de cómputo



2.4.2. Prácticas Grupales. Después de obtener resultados satisfactorios en las prácticas individuales se realizaron las prácticas grupales; en esta etapa se comprobó la robustez del sistema, se observó como se comporta este al estar conectados varios usuarios de forma simultánea y se analizó de nuevo la respuesta temporal del sistema (tiempo de conexión, tiempo de muestreo y tiempo de cómputo).

Para esta prueba se seleccionó un grupo de estudiantes, para que realizaran una serie de prácticas utilizando la plataforma, en base a esto se recopiló información sobre el funcionamiento del sistema y la forma en la que interactúa el usuario con él, para captar esta información se realizó una encuesta que los estudiantes llenaron después de realizar las prácticas preparadas para esta prueba. Además de los resultados obtenidos en la encuesta se tomaron apuntes sobre la forma en que los usuarios interactuaron con la plataforma con el fin de saber que tan intuitivo es el software desarrollado para la interfaz de usuario (Ver ANEXO G).

De forma simultánea con el desarrollo de las prácticas se tomaron muestras de los tiempos del sistema, utilizando los mismos métodos y experimentos que se utilizaron en las prácticas individuales, los tiempos que se obtuvieron en estas prácticas no varían significativamente de los tiempos medidos en las prácticas individuales ya que al momento de autenticar un usuario se utiliza un procedimiento estandarizado que sigue una estructura fija sin importar la cantidad de usuarios que estén conectados al sistema, otro motivo por el cual los tiempos de respuesta del sistema al realizar las prácticas grupales no varían con respecto a los tiempos de las prácticas individuales es el gran poder de cómputo de los equipos actuales y la sencillez de las operaciones realizadas para establecer la comunicación entre los diferentes actores de la plataforma.

3. SOFTWARE DESARROLLADO

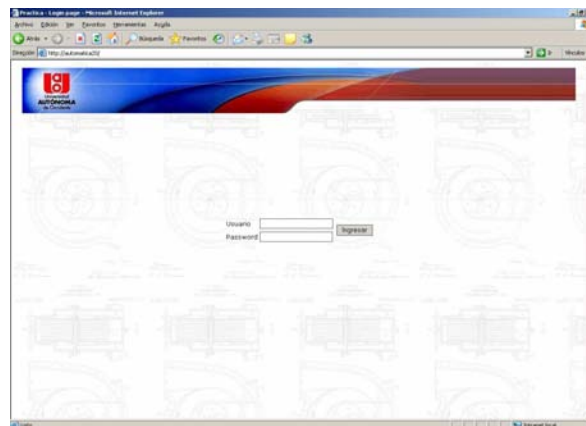
Esta plataforma está constituida básicamente por cuatro (4) partes, estas son:

3.1. SERVIDOR DE LA PÁGINA WEB

El servidor de la página Web se implementó utilizando el software de servidor Apache, además se utiliza PHP para la creación de las páginas Web y MySQL para el manejo de la base de datos donde está almacenada la información de los profesores, estudiantes y prácticas programadas por el docente, la cual puede ser modificada por el administrador del sistema o como se dijo anteriormente por los profesores al momento de preparar las diversas prácticas.

3.1.1. Index. En esta página (Ver Figura 11) se inicia como cualquier tipo de usuario, ya sea como administrador, profesor o estudiante. Es imposible acceder a cualquiera de las otras secciones si no se ha iniciado sesión.

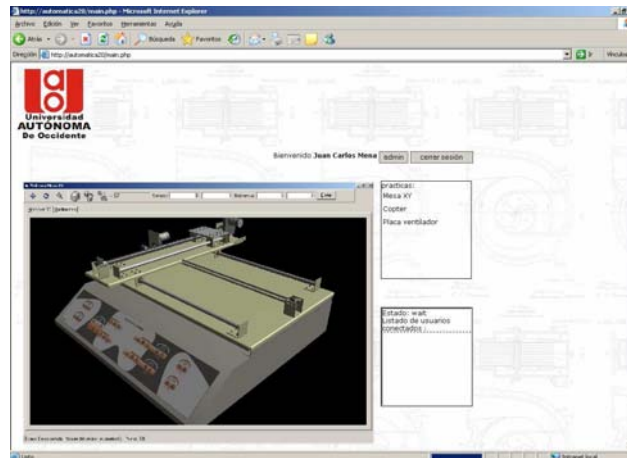
Figura 11. Página de inicio de sesión plataforma de laboratorios remotos



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

3.1.2. Main. Aquí los profesores y estudiantes pueden ver las prácticas y los usuarios online, además a través de esta página (Ver Figura 12) se puede acceder al sistema de administración, el cual varía de acuerdo al perfil del usuario que inicie sesión (administrador, profesor, estudiante).

Figura 12. Pagina main



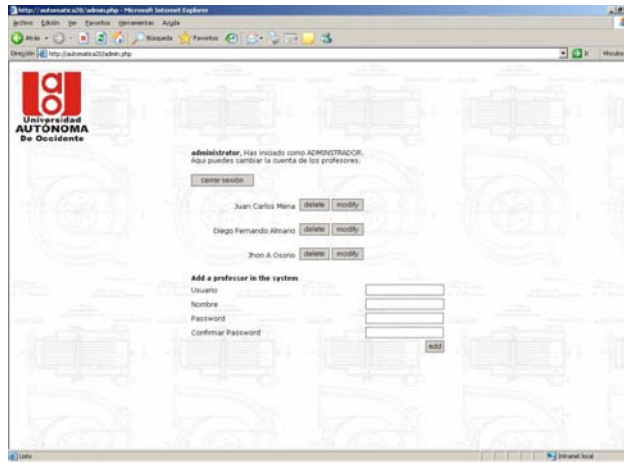
Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

En esta página se observan los usuarios que se encuentran en “línea”, así mismo se puede ver cual es el usuario que puede manipular la planta en un instante de tiempo preciso y cuales son las prácticas que tiene asociadas el estudiante o docente, en esta página también es posible solicitar el mando de la planta al usuario que actualmente lo tenga, esto se hace pulsando sobre un botón ubicado en la esquina inferior derecha esta página, si varios usuarios solicitan el mando estos se ubican en una cola¹⁵ y el mando será transmitido en orden de solicitud.

3.1.3. Admin. Administra a los profesores (Ver Figura 13), permite agregar, quitar o modificar un profesor, solo puede acceder el administrador del sistema.

¹⁵ Estructura utilizada en la programación que utiliza el concepto de que el primero en “llegar” es el primero en ser “atendido”.

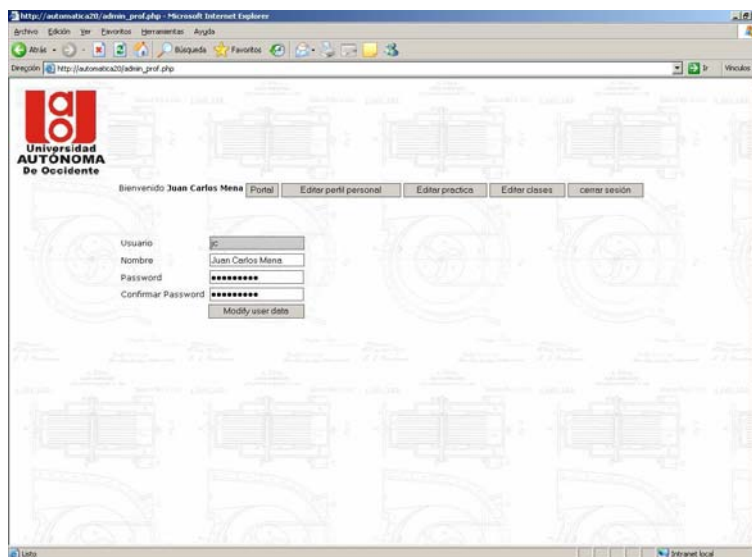
Figura 13. Pagina Admin.



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

3.1.4. Admin_Prof. En esta página (Ver Figura 14) el profesor puede acceder a una serie de herramientas que le permiten administrar los estudiantes y las prácticas (permite agregar, quitar o modificar), a esta sección solo pueden acceder los profesores.

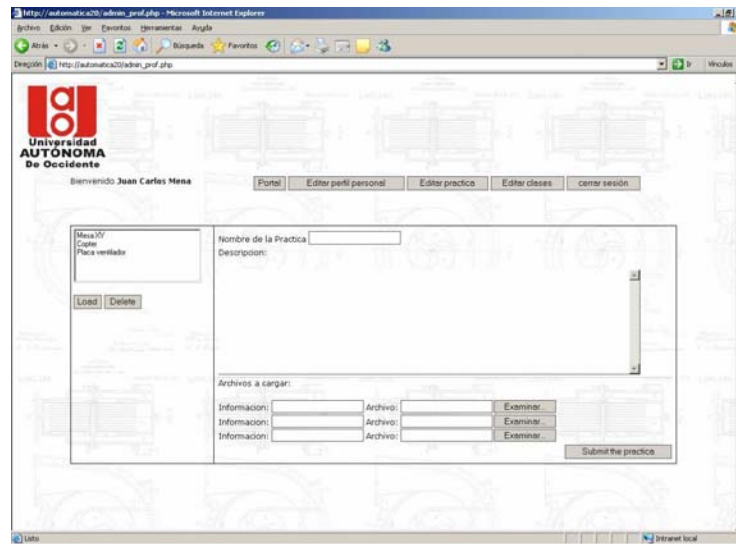
Figura 14. Página Admin_Prof, permite modificar los datos personales del docente



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Esta herramienta (Ver Figura 15) le permite al profesor crear o editar las prácticas que estarán disponibles para realizar de forma remota, es aquí donde se recopila la información de ella como nombre y descripción, además permite adjuntar un máximo de tres (3) archivos en cualquier formato a esta.

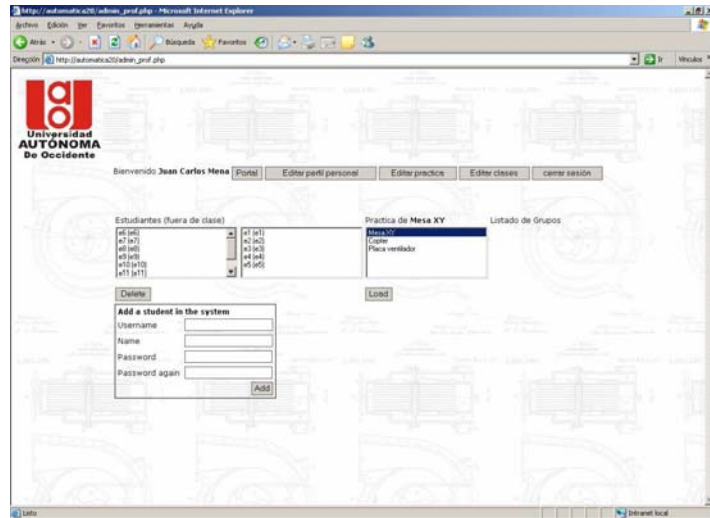
Figura 15. Página Admin_Prof, permite crear o editar las prácticas



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Esta herramienta (Ver Figura 16), permite al profesor crear los estudiantes que tendrán acceso a las prácticas, es aquí donde también se asocian los diferentes estudiantes con las diferentes prácticas que tiene un profesor.

Figura 16. Pagina Admin_Prof, permite asociar estudiantes a las prácticas de laboratorio



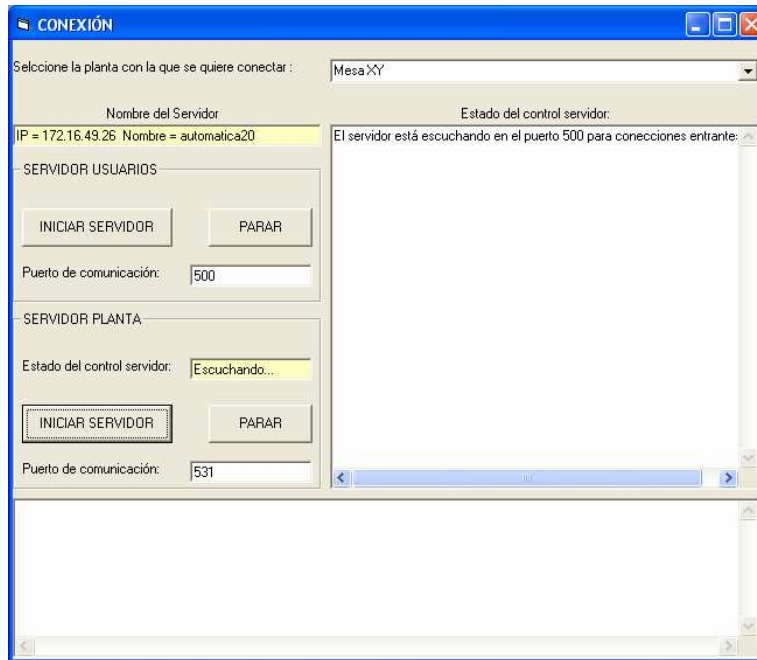
Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

3.2. SERVIDOR DE PRÁCTICAS

El servidor de las prácticas “Tesla” (Ver Figura 17) se utiliza como una pasarela¹⁶, la cual permite o no enviar datos desde el usuario final hasta los equipos del laboratorio, esto se hace mediante una consulta a la base de datos implementada en MySQL donde se comprueba si el usuario esta o no autorizado para realizar la respectiva práctica y si puede manipular la planta. Este componente es el encargado de recibir las comunicaciones de los usuarios desde Internet a través de una tabla de socket's; los paquetes enviados por el usuario final son redireccionados al equipo al que esta conectada la(s) planta(s) involucrada(s) en la práctica, también reenvía los valores que captura el software de monitoreo y control ClientePlanta a cada uno de los usuarios remoto conectados a la práctica.

¹⁶ Sistema de cómputo que puede traducir información entre sistemas con formato de datos diferentes.

Figura 17. Servidor de prácticas "Tesla"

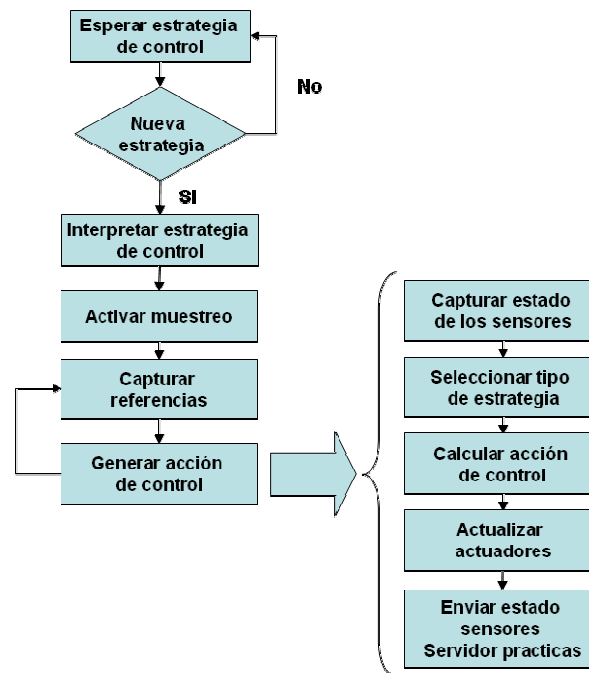


Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

3.3. CLIENTE PLANTA REMOTA

Se encarga de capturar los datos físicos de las diferentes plantas (Ver Figura 18), también es el encargado de interpretar la información que envía el usuario, para en base a esta generar la respectiva acción de control, este envía la información de las variables de la planta involucrada con la práctica a "Tesla" y él a su vez se encarga de reenviar esta información a todos los usuarios que estén conectados a la práctica en ese momento.

Figura 18, Diagrama de flujo ClientePlantaRemota



El software ClientePlantaRemota (Ver Figura 19) provee a la plataforma de laboratorios remotos una gran flexibilidad y facilidad para adaptar diversos esquemas de laboratorios presenciales, a laboratorios no presenciales (remotos); para este caso en particular el software brinda la posibilidad de realizar prácticas en el área de control y automatización; este software permite a los estudiantes y docentes del área una plena interacción con los elementos del laboratorio de automática. El ClientePlantaRemota se puede adaptar fácilmente a otros laboratorios como por ejemplo el laboratorio de física o química siempre y cuando estos tengan la infraestructura necesaria (sistema de adquisición de datos y conexión a una red LAN), brindando así la posibilidad de realizar prácticas en estas áreas a los estudiantes desde un lugar fuera de la universidad.

Figura 19. ClientePlantaRemota

Datos servidor		Datos DAQ	
Estado del cliente	27	Dispositivo	1
Nombre del servidor	automatica20	Ganancia	1
Puerto	531	Ts	50e-3
		Voltaje 1	1
		Voltaje 1	1
Conectar		Actualizar	
Cerrar conexión			
Estado del cliente			

Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Los módulos desarrollados para el área de control y automatización ofrecen al usuario la posibilidad de interactuar con las plantas de diversas formas; el estudiante al momento de realizar la práctica tiene la posibilidad de utilizar cuatro diferentes estrategias de control para manipular la planta, estas son: manipular el sistema en lazo abierto, en lazo cerrado, utilizando un controlador de tipo algebraico o utilizando un controlador PID o alguna de sus variaciones (P, PI, PD, etc.), las dos últimas opciones permiten al estudiante utilizar la configuración más adecuada para el sistema en que se está trabajando, permitiéndole al estudiante seleccionar tanto el numerador como el denominador de su función de transferencia para el caso del controlador algebraico o los parámetros más convenientes para el sistema en el caso del controlador tipo PID.

3.3.1. Componente Activex Dato_Remoto. El software clienteplantaremota utiliza un componente activex desarrollado en vb, este es el encargado de transmitir los datos desde las plantas hasta el

usuario final y viceversa, este componente permite enviar los valores de los sensores de la planta, las referencias proporcionadas por el usuario remoto y además permite enviar las acciones de control que se utilizaran para determinar el comportamiento de las plantas del laboratorio. Este componente ha sido llamado dato_remoto y de los componentes existentes en la plataforma es uno de los que mas ha sufrido cambios para así darle mayor flexibilidad y posibilidades de expansión a esta.

Este componente se encarga de resolver todo el protocolo de comunicaciones, además se encarga de empaquetar y comprimir los datos que viajan desde el usuario hacia la planta y en dirección contraria, permite visualizar el estado de la comunicación actual con la plataforma. Dato_Remoto; esta constituido de la siguiente manera:

▪ **Propiedades:**

VI_Canal0: Esta propiedad es la encargada de enviar la información de entrada del canal 0, existen un total de 10 propiedades de este tipo, lo que nos permite enviar hasta diez variables de forma simultánea, estas propiedades inician en VI_Canal0 y terminan en VI_Canal9.

VO_Canal0: Esta propiedad es la encargada de recibir la información desde el equipo remoto, existen un total de 10 propiedades de este tipo, permitiéndonos así recibir diez variables de forma simultánea, estas propiedades inician en VO_Canal0 y terminan en VO_Canal9, el valor recibido en VO_Canal0 es el valor enviado en VI_Canal0.

Nombre_del_Servidor: Esta propiedad se encarga de contener el nombre del servidor de la práctica en nuestro caso “TESLA”.

Numero_del_Puerto: Aquí se almacena el número del puerto por el cual se establecerá la comunicación con el servidor de la práctica.

NombreArchivo: Esta propiedad sirve para conocer la ubicación en disco del archivo que contiene la información de la estrategia de control que se utilizara en la práctica, cabe anotar que el estudiante puede cambiar la estrategia de control cuantas veces lo crea necesario siempre y cuando este autorizado para realizar este cambio.

InformacionAdicional: Esta propiedad ha sido implementada con el fin de dar mayor flexibilidad a la plataforma, se puede utilizar a futuro para enviar información que no este contenida en el archivo que tiene la información de la estrategia de control.

Error_de_Comunicacion: Propiedad de tipo lógica (False – True), se pone en true cuando se ha generado algún error en la comunicación.

Finalizado_Enviar_Datos: Esta propiedad nos informa que la trama que hemos enviado al equipo remoto ha sido enviada en su totalidad, esta propiedad se utiliza con el fin de impedir que se envíe más información antes de que termine de enviar la trama actual.

▪ **Métodos:**

Iniciar_Comunicacion: Este método se encarga de iniciar la comunicación con el servidor remoto.

Mandar_Datos: Este método es el encargado de enviar los datos almacenados en la propiedades VI_Canal0 ... VI_Canal9 al servidor remoto.

Mandar_Estrategia: Este método se utiliza para enviar una estrategia de control al servidor remoto, para que este a su vez lo envíe a ClientePlantaRemota.

Parar_Comunicacion: Es el encargado de terminar la comunicación con el servidor remoto.

▪ **Eventos:**

Cerrar: Este evento se genera cuando la comunicación entre el servidor remoto y el cliente local es terminada.

Conectado: Este evento se genera cuando el cliente se conecta al servidor remoto.

DataArrival: Este evento se genera cuando llega un dato al equipo local.

RecibirEstrategia: Este evento se genera cuando el equipo ClientePlantaRemota recibe una estrategia de control nueva.

3.4. INTERFAZ DE USUARIO

Con la expansión de la plataforma se pretende atacar los limitantes nombrados anteriormente. Se realizó una reproducción de la planta física con gran exactitud, teniendo en cuenta todos sus grados de libertad¹⁷, además se creó nuevo software que permite enviar una referencia por cada grado de libertad. Esta nueva versión cuenta además con una opción para enviar un archivo de tipo **RTF**¹⁸ que contiene la estrategia de control desarrollada por el estudiante que determina el comportamiento del sistema. Esta interfaz muestra constantemente el estado actual de los sensores ubicados en la

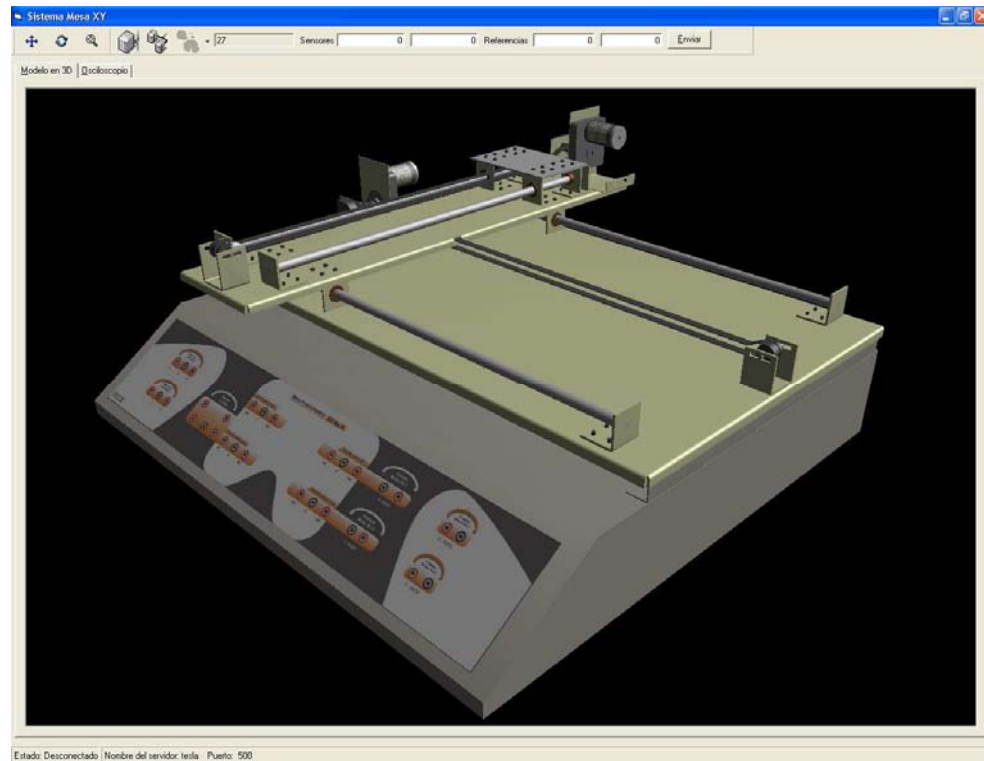
¹⁷ Cantidad de variables necesarias para describir el comportamiento del sistema.

¹⁸ Archivo de texto enriquecido.

planta física y adicionalmente se muestra un osciloscopio que permite ver el comportamiento del sistema.

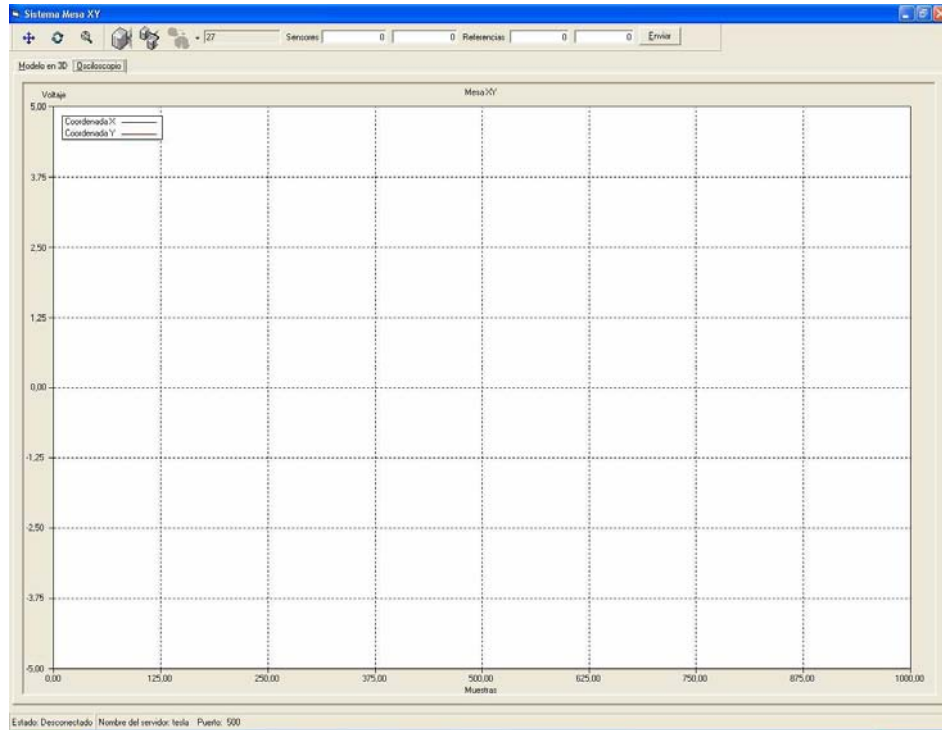
Es el software de usuario final (Ver Figura 20), es donde el usuario remoto puede visualizar el estado de la planta mediante una representación tridimensional de la misma o utilizando un grafico Variable medida Vs. Tiempo (Ver Figura 21), además le permite al usuario enviar una estrategia de control que determina la forma en la que se comporta el sistema, así como también le brinda la posibilidad de enviar referencias a la planta de la práctica (Set-Point).

Figura 20. Interfaz de usuario, representación tridimensional



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

Figura 21. Interfaz de usuario, grafica Variable medida vs. Tiempo



Fuente: Plataforma de laboratorios remoto UAO, Cali, Junio 2005.

3.5. DISPOSITIVOS MÓVILES

Para permitir el acceso al sistema desde dispositivos móviles se desarrollo software en Microsoft Embedded¹⁹, en este software se desarrollaron versiones compatibles con la PDA (Ver Figura 22) del software Interfaz de usuario y Dato_Remoto, además de realizar algunos cambios a los sistemas existentes (PC's) para así garantizar la compatibilidad de este dispositivo móvil con el resto de la plataforma, los cambios mas significativos se realizaron en Dato_Remoto; la versión para PC de este componente se adapto de forma tal que pudiera recibir una trama dividida en partes de diverso tamaño, debido a que de esta forma es que transmite los datos la PDA, para solucionar este problema se agrego un carácter de inicio de trama y otro de fin de trama (Ver ANEXO E). Con

19 Entorno de desarrollo diseñado por Microsoft para sistemas móviles, muy similar a Visual Studio

estos cambios se hace posible que el estudiante (*usuario remoto*) pueda realizar prácticas de laboratorio utilizando esta plataforma.

Para comprobar la integración de los dispositivos móviles con la plataforma se utilizó una Pocket Pc Dell Axim X3 (Ver Figura 22).

Figura 22. PDA Dell Axim X3



Fuente: www.dell.com, Junio 2005.

Características técnicas (Ver ANEXO F).

4. CONCLUSIONES

- Se logro validar y adicionar nuevas prestaciones a la plataforma para laboratorios remotos, la cual permite a un usuario realizar mando y monitoreo de una planta real desde un lugar fuera de la universidad.
- Se realizo una versión funcional del software de la plataforma compatible con nuevos dispositivos móviles como una PDA.
- Se logro implementar dos (2) nuevos módulos del laboratorio remoto para el PC, además se rediseño el modulo existente para utilizar los 2 grados de libertad de la mesa XY²⁰ y se creo un modulo para la PDA Dell Axim 3 totalmente compatible con el resto de la plataforma.
- El estudiante que haga uso de este software tiene la posibilidad de manipular la planta utilizando una estrategia de control totalmente personalizada, además de esto la planta que desea controlar puede tener múltiples grados de libertad.
- La plataforma esta concebida de forma tal que se pueda manipular con un solo equipo una planta con múltiples grados de libertad o incluso múltiples plantas de varios grados de libertad.
- Se logró realizar un primer acercamiento con el departamento de educación virtual, con lo cual se pretende implementar algunos laboratorios prácticos este sistema de educación.

²⁰ Modulo didáctico que permite controlar una mesa cartesiana.

- Al fusionar los sistemas de cómputo convencionales como los PC's con las nuevas tecnologías de la comunicación como las PDA es necesario tener en cuenta las capacidades de cada uno de estos dispositivos para analizar y generar alternativas que permitan una plena compatibilidad entre todos los dispositivos que interactúan de forma directa o indirecta en esta plataforma.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar prácticas grupales con un gran número de estudiantes para así determinar el punto en el cual el sistema empieza a presentar fallas en su funcionamiento tanto temporal como lógico.
- Acondicionar las plantas del laboratorio para que sean más robustas y así soporten mas uso y a la vez sean menos vulnerables a los daños.
- Llevar una estadística de los problemas que se presentan para depurarlos posteriormente.
- Acomodar el sistema de la página Web de tal manera que el estudiante que tenga el dominio sobre la máquina lo tenga por un periodo determinado.
- Buscar mecanismos alternativos a los existentes para evitar la dependencia de los costosos computadores y tarjetas de adquisición de datos para lograr expandir el proyecto a toda la universidad a un bajo costo.
- Desarrollar versiones del software Interfaz de usuario y de todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de este en un lenguaje de programación multiplataforma que permita ejecutar la aplicación desde dispositivos con diferentes sistemas operativos, en principio se puede enfoque hacia los dispositivos móviles, para después expandirse a los PC's.
- Desarrollar este proyecto en un software multiplataforma que permita utilizar la plataforma de forma segura desde fuera de la universidad.

- Expandir el software de usuario final para brindarle la posibilidad a éste de guardar los datos recopilados en la práctica.
- Crear mecanismos que permitan llevar un registro de la actividad de los estudiantes que utilizan la plataforma como: hora de ingreso, tiempo que permaneció conectado, tiempo que tuvo el mando, etc.

BIBLIOGRAFIA

Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero [en línea] Madrid : La web del programador 2005 [Consultado 12 de Abril de 2005]. Disponible en internet:

<http://www.lawebdelprogramador.com/cursos/mostrar.php?id=93&texto=Visual+Basic>

BENNETT, Stuart. Real time computer control. Bogota : Prentice Hall Internacional, 1988.

348 p.

Introducción al HTML [en línea] Madrid : La web del programador, 2005 [Consultado 12 de Abril de 2005]. Disponible en internet:

<http://www.lawebdelprogramador.com/cursos/mostrar.php?id=40&texto=HTML>

Php Perfect Sql [en línea] Madrid : La web del programador, 2005 [Consultado 12 de Abril de 2005]. Disponible en internet:

<http://www.lawebdelprogramador.com/cursos/mostrar.php?id=71&texto=PHP>

Preguntas contestadas [en línea] Madrid : La web del programador, 2005 [Consultado 12 de Abril de 2005]. Disponible en internet:

<http://www.lawebdelprogramador.com/preguntas/listacontestadas.php?id=93&texto=Visual+Basic>

ANEXOS

ANEXO A: MODELAMIENTO EN SOLIDWORKS

SolidWorks ofrece las herramientas para detalles que necesita para generar sin ningún tipo de esfuerzo dibujos de ingeniería completos y preparados para la producción. Construya dibujos totalmente asociativos. Las vistas de dibujos y las listas de materiales se actualizan automáticamente cada vez que modifica el diseño de la pieza o ensamblaje.

- Cree dibujos automáticamente a partir de modelos en 3D, incluidas vistas, cotas y anotaciones. Ahorre tiempo con vistas de dibujos definidas previamente.
- Desarrolle dibujos de grandes ensamblajes rápidamente, sin tener que cargar todos los componentes del ensamblaje en la memoria.
- Genere listas de materiales para un proyecto completo con un único clic, listando cantidades de piezas para configuraciones múltiples. Agregue automáticamente globos a cada componente en una vista de dibujo y controle la orientación y la alineación fácilmente. Modelado de piezas. SolidWorks le ofrece inigualables prestaciones de modelado de piezas basado en operaciones. Cree diseños fácilmente con extrusiones, revoluciones, operaciones de lámina, vaciados avanzados, patrones de operación y taladros.
- Acelere el modelado de piezas con el exclusivo control de nivel de operaciones sobre varios sólidos.

- Realice cambios en los diseños en tiempo real con el procedimiento de arrastrar y colocar mediante la edición dinámica de operaciones, croquis y superficies. Genere superficies complejas y utilice recubrimientos y barridos con curvas guía, taladros de relleno y asas de arrastre para controlar la tangencia fácilmente. Recorte, extienda, redondee y cosa superficies intuitivamente. Realice escalas y modelos de superficies. Traslade, gire, copie y refleje superficies para poder manipularlas mejor trabaje en grandes ensamblajes sin tener que cargar todos los componentes en la memoria y gane un rendimiento insuperable, incluyendo ensamblajes de 10.000 piezas y superiores.
- Simule movimiento real e interacción mecánica entre sólidos con las exclusivas funciones de simulación física.
- Simplifique las tareas repetitivas con Smart Part Technology, una innovación que automatiza las tareas de ensamblaje como la selección e inserción de pernos estándar en los orificios y la adición de arandelas y tuercas en la secuencia correcta.
- Realice diseños más rápidamente con componentes simétricos que ofrecen la posibilidad de crear nuevas piezas y ensamblajes según la simetría de los diseños existentes.
- Acelere el diseño de ensamblajes con el enganche automático de SmartMates, localice fácilmente relaciones de ensamblaje problemáticas con la exclusiva herramienta Mate Diagnostics y repare fácilmente las entidades. Con el software SolidWorks, los datos de diseño pueden editarse al 100% y las relaciones entre las piezas, los ensamblajes y los dibujos están siempre actualizadas.

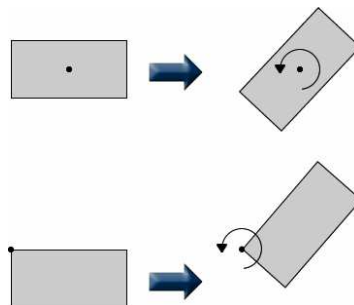
Para mayor información sobre SolidWorks y su uso revise los videos en el CD adjunto.

ANEXO B: PIEZAS OBTENIDAS EN 3D EXPLORATION

3D Exploration es un software que permite visualizar archivos creados en programas de renderizado y realidad virtual, además brinda soporte a archivos gráficos como BMP o JPG, en este software también se pueden cambiar ciertos atributos de los archivos, permite cambiar las dimensiones de los archivos gráficos, en otro tipo de archivos como 3DS²¹ el software permite modificar algunas propiedades como el color, la textura y los centros de rotación, tema en el cual se centrara esta parte.

La operación mas importante que se realiza en el software 3D Exploration después de la creación de los archivos X es el ajuste de los ejes de coordenadas de las piezas, aquí se decide si se utilizan los ejes originales de la pieza o se utilizan unos nuevos, caso en el cual es necesario elegir la nueva ubicación de estos, la selección del centro de coordenadas se debe de realizar dependiendo del tipo de movimiento que tenga la pieza, si esta gira o se traslada (Ver Figura 23), en ocasiones se suele elegir una posición que facilite el ensamble de la maquinaria desde VB.

Figura 23. Resultado de rotación con ejes de coordenadas



²¹ Formato de archivo de 3D Max

ANEXO C: FUNCIONES CREADAS EN VB PARA EL MANEJO DE DIRECTX

El proceso de importar los archivos X desde Visual Basic se realiza con la ayuda de las API's que proporciona DirectX, para poder utilizar todas estas características debemos de vincular esta librería a nuestro proyecto, para esto se abre el cuadro de dialogo referencias al cual se puede acceder desde el menú proyecto, en el cuadro de dialogo emergente seleccionamos la opción DirectX 7 for Visual Basic Type Library, con esto ya podemos utilizar todas las características de DirectX, desde este punto podemos seguir dos alternativas, utilizar el modo retenido o el modo inmediato, para utilizar el modo retenido debemos utilizar un componente ActiveX llamado RMCanvas el cual tiene implementadas las funciones necesarias para cargar los archivos X, este componente se encarga de visualizar, renderizar y manipular las piezas simplificando enormemente el desarrollo del software, la utilización de este componente trae consigo algunas desventajas entre las que se puede contar la perdida de rendimiento en la aplicación, otra desventaja del uso de este componente tiene que ver con la compatibilidad del software a futuro ya que Microsoft la empresa creadora de DirectX pretende eliminar el modo retenido a partir de su versión 9 lo que implica que el software desarrollado no funcionara con las ultimas versiones de Microsoft DirectX.

El uso del modo inmediato en nuestra aplicación nos brinda mayor compatibilidad con todas las versiones actuales y futuras de DirectX, además de eso el rendimiento de la aplicación es superior al que se obtiene al utilizar el modo retenido, otra ventaja adicional es el hecho de que no se utiliza un componente ActiveX lo que disminuye la cantidad de software instalado en el equipo del usuario final, la desventaja de este método es la necesidad de implementar las funciones necesarias para manipular los objetos desde cero, para la manipulación de los objetos es necesario implementar estas funciones:

RENDER

Se refiere al resultado de un complejo proceso de cálculo llevado a cabo por un programa con el fin de conseguir una o sucesivas imágenes.

Habitualmente se utiliza para definir el proceso por el cual se pretende imitar un entorno o figura tridimensional, formado por un conjunto de estructuras poligonales, luces, texturas y materiales a los que normalmente se llaman *Mallas*. Logrando así con estas últimas simular ambientes y estructuras físicas reales.

La renderización en sí no conlleva el proceso de creación de las piezas o partes, únicamente define un proceso mediante el cual se muestra al usuario final el ambiente tridimensional terminado. Esta función a pesar de la suma importancia es un proceso invisible para el usuario.

FUNCIONES DE VISUALIZACIÓN

Las funciones de visualización son ayudas para el usuario permitiéndole ver la planta simulada desde diferentes posiciones, logrando así no dejar ningún de los lados sin ser monitoreado. Para la implantación de estas funciones la primera de ellas se nombra con el nombre de *M_BMOVERXY*, es la que permite mover la figura en cualquiera de las posiciones deseadas, la segunda de ellas se llama *M_BROTARXY*, con esta el usuario puede rotar la pieza como él lo desee. En cualquiera de las anteriores el usuario puede hacer uso de estas para ver mejor el comportamiento de la planta según los datos suministrados por el mismo o por otro usuario si es el caso que solo este como observador.

Hay una tercera opción de visualización que le permite al usuario dar aumento o disminuir el tamaño de la figura, esta función se llama *M_BZOOM*. Ninguna de las funciones nombradas con

anterioridad pueden funcionar simultáneamente pero pueden si pueden funcionar combinadas, ejm: primero aumentar el tamaño de la figura y después rotarla o moverla o cualquiera de las combinaciones posibles. Para hacer uso de cualquiera de estas funciones se implementaron tres botones en la parte superior de la interfaz grafica.

STARTWINDOWED

La mayoría de las funciones para controlar DirectX son invisibles para el usuario solo las funciones de visualización son que el usuario puede manipular. La función *STARTWINDOWED* no es la excepción, es invisible para el usuario pero al igual que todas cumple con una tarea específica y esta es permitir la inicialización de la representación grafica haciendo posible la animación.

CLEANUP

Después de que el programa de acabe de utilizar una función de DirectX, es necesario deshabilitarlas todas la funciones y variables implicadas al caso dado, para ello se llama una función de de uso no definido llama *CLEANUP*.

SETDEVICEDEFAULTS

Esta función es quien se encarga de adaptar el hardware de video para poder hacer una visualización grafica.

RESIZEWINDOWEDDEVICE

Con esta función se logra crear una visualización a escala de la pantalla, es decir; no importa que tanto el usuario reduzca el tamaño de la ventana de la interfaz grafica el sistema esta en capacidad de adaptarse al nuevo tamaño y regenerar la interfaz.

SAVEDEVICEVIEWPORTCHARACTERISTICS

Es necesario conservar ciertas características sobre el viewport y el dispositivo de modo que miren igual cuando estén reconstruidos después de un volver a clasificar según el tamaño.

RESTOREDEVICEVIEWPORTCHARACTERISTICS

Cuando el viewport²² se destruye por cualquier razón (vuelva a clasificar según el tamaño) esta función permite que conservemos las características del viewport que acabamos de destruir.

INITSCENEGRAPH

Esta instrucción es para uso estético, crea una iluminación del contorno por defecto creado por el desarrollador.

²² Define las dimensiones de la ventana de una superficie en donde representación tridimensional es proyectada.

INITWINDOWED

Casi todas las aplicaciones de Direct3D usan DirectDraw® para mostrar sus gráficos en pantalla. Estas aplicaciones usan el DirectDraw en modo exclusivo (full-screen) o en modo no exclusivo (windowed). El modo en full-screen ofrece algunos beneficios en funcionamiento y conveniencia, Es más fácil para depurar el código escrito en modo windowed. La mayoría de desarrolladores escribirán sus códigos en windowed modo y port, pasan este al modo full-screen más tarde, cuando la mayoría de los errores han sido solucionados.

UPDATE

Básicamente la labor de esta es ayudar la función *RENDER* para que mantenga actualizada.

En el CD adjunto se entrega una copia de estas funciones y de todo el software desarrollado para el proyecto.

ANEXO D: TIMER MULTIMEDIA

El contador de tiempo de Visual Basic se basa en el contador de tiempo estándar Win32, y esto no está desarrollado para las tareas críticas del tiempo. La resolución mínima básica de este contador de tiempo está alrededor de 50ms en un sistema del Pentium II sobre una plataforma que funciona sobre Win9x, aunque su desempeño se mejora sobre plataformas con tecnologías NT o basadas como son *Windows 2000* o *Windows XP*, su desempeño es aproximadamente 10ms. Esto puede conllevar a una serie de problemas.

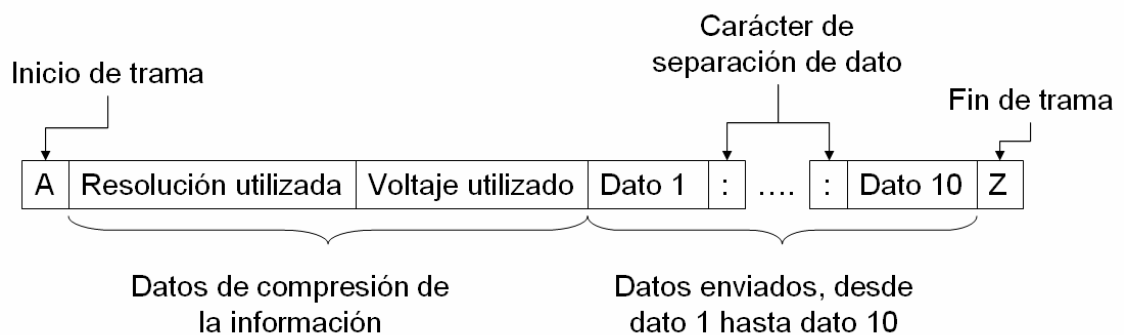
Si se desarrolla una aplicación en Visual Basic para la utilización de gráficos en un sistema de NT utilizando su controlador de tiempo todo funcionara correctamente en plataformas NT, pero en caso de cambiar a una plataforma a una que funciona sobre *WIN9X* la aplicación responderá lentamente porque el contador de tiempo no funciona tan rápidamente. Para solucionar este problema se toma la alternativa de utilizar timer de aplicaciones multimedia más utilizados como reproductores Windows media o Winamp, con esto nos estamos asegurando que los tiempo de muestra se cumplan para cualquier plataforma de Windows. Estos servicios del timer multimedia permiten que el usuario pueda programar acontecimientos en una resolución más alta que otros servicios del contador de tiempo.

ANEXO E: CONFIGURACIÓN DE TRAMA

En este proyecto se transmiten principalmente valores de voltaje los cuales varían en un rango de -5V a 5V, los cuales son aplicados a la planta por medio de una tarjeta de adquisición de datos National Instruments PCI 1200 la cual tienen una resolución máxima de 12 Bit's, en base a esto y para dejar espacio a utilizar una tarjeta de adquisición con resolución diferente se utilizó una cantidad de bit's variable, incluido el bit que indica el signo; para permitir enviar múltiples datos se utilizó un carácter de separación.

Para enviar los datos de un usuario a otro es necesario comprimirlos y ordenarlos de forma que estos se puedan reconstruir de forma fácil y rápida al otro extremo de la comunicación (Ver Figura 24), además de minimizar la cantidad de datos que viajan por la red. La configuración que se usa para enviar los datos de un usuario a otro es la siguiente:

Figura 24. Configuración de la trama de datos



Además de enviar datos de voltaje, en ocasiones es necesario enviar información de la estrategia de control que se utilizara para manipular la planta objeto de la práctica, para ello se desarrollo una función en MATLAB²³ la cual permite crear un archivo tipo RTF con la información del controlador (tipo de controlador, características, etc.), el cual posteriormente puede ser enviado por el usuario final al servidor de prácticas, el cual según corresponda enviara este archivo a ClientePlantaRemota, para que este lo interprete y genere la acción de control en base a la información contenida en el.

El archivo generado por la función c2a (controlador a archivo) utiliza un formato específico el cual puede ser generado en cualquier editor de texto plano²⁴, este formato es:

<GRADOS DE LIBERTAD>

<TIPO DE CONTROLADOR>

Para esta opción se utiliza un número que describe que tipo de controlador se utiliza:

1. Sistema en lazo abierto
2. Sistema en lazo cerrado
3. Sistema con controlador tipo P I D
4. Sistema con controlador algebraico

<PARÁMETROS ESPECÍFICOS DEL CONTROLADOR>

<TIEMPO DE MUESTREO EN SEGUNDOS>

Dependiendo del sistema y de la cantidad de grados de libertad los parámetros específicos varían de la siguiente manera:

23 Es un ambiente de computación técnica integrado que combina computación numérica, graficas avanzadas y un lenguaje de programación de alto nivel.

24 Archivo de texto sin formato, un ejemplo de editor de texto plano es el block de notas.

▪ *Sistema en lazo abierto:*

Vació

▪ *Sistema en lazo cerrado:*

Vació

▪ *Sistema con controlador PID:*

Se debe de introducir un arreglo con los valores K_p , T_i , T_d , para cada sistema, por ejemplo:

1 1 1
1 0.5 0

En este caso se muestra un sistema con dos (2) grados de libertad, el primero utiliza un controlador PID con constantes $K_p=1$, $T_i=1$, $T_d=1$; el segundo utiliza un controlador PI con constantes $K_p=1$, $T_i=0.5$. Note que al asignar cero (0) a una de las constantes del PID, inmediatamente el programa ClientePlantaRemota utiliza la estrategia de control que mejor se adapte al sistema

▪ *Sistema con controlador Algebraico:*

Se debe de introducir un arreglo que contenga los datos del numerador y otro con los datos del denominador de la función de transferencia²⁵ del controlador para cada sistema, por ejemplo:

²⁵ Es la relación que existe entre la salida y la entrada de un sistema.

0 1.1 1

1 0.5 1

0.5 0

1 1

0.1 0.2 0.3

0.1 0.3 0.15

En este caso se muestra un sistema con tres (3) grados de libertad, las funciones de transferencia de estos controladores son:

$$\frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{1.1 Z + 1}{Z^2 + 0.5 Z + 1} \quad (1)$$

$$\frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{0.5 Z}{Z + 1} \quad (2)$$

$$\frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{0.1 Z^2 + 0.2 Z + 0.3}{0.1 Z^2 + 0.3 Z + 0.15} \quad (3)$$

ANEXO F: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DELL AXIM X3

▪ *Procesador*

Intel® XScale™ Processor up to 400MHz

▪ *Sistema Operativo*

Microsoft® Windows® Mobile 2003

▪ *Conectividad Wireless*

X3i: Integrado 802.11b wireless technology

▪ *Memoria*

RAM: hasta 64MB SDRAM

ROM: hasta 64MB Intel StrataFlash® memory

▪ *Display*

TFT Color 16-bit, sensible al tacto, Transflective LCD

3.5 inches

240 x 320 resolution at 65,536 colors (QVGA)

▪ *Control y luz*

Botón de navegación de 5-vias

Scroll Dial - Up, Down, Action

4 Botones de programa: Calendario, Contactos, Bandeja de entrada, Inicio

Botón de grabación de voz

Botón reset

Botón Media Player Button/ Wireless On/Off (Opcional)

Botón Power fon luz de fondo

Notificación de eventos

Estado de carga

▪ ***Slots de expansion***

1 Secure Digital / SDIO Now! / MMC Memory Card Slot (3.3v)

▪ ***Puertos y conectores***

Standard v1.2 (115 kbps) Infrared Port

DC Power In through Charger Adapter

26-pin Cradle/Sync Connector

3.5mm Stereo Headphone Connector

▪ ***Dimensiones***

Largo 117 mm (4.6 inches)

Ancho 77.2 mm (3.0 inches)

Alto 14.9 mm (0.59 inches)

Peso 136.5 gramos (4.8 oz)

▪ ***X3i con antena wireless***

Largo 122.4 mm (4.82")

Ancho 77.2 mm (3.0")

Alto 14.9 mm (0.59")

Peso 140.4 gramos (5.0 oz)

▪ ***Audio***

Audio Controller AC-97 Codec Chip; WM9705 Sound Chip

Stereo Conversion 16-bit stereo; 8.0, 11.025, 22.05 and 44.1KHz sample rate

Full Duplex Record and Playback

Integrated Microphone and Speaker

▪ ***Fuente de poder***

Adaptador AC

Tipo de batería

950 mAh Lithium-Ion Removable, Rechargeable (standard)

950 mAh Lithium-Ion Removable, Rechargeable, 2nd Battery (optional)

1800 mAh Lithium-Ion Removable, Rechargeable, 2nd Battery (optional)

ANEXO G: MIGRACIÓN A LA PLATAFORMA SOLARIS

El principal objetivo de migrar la plataforma de laboratorios remotos a el sistema operativo Solaris 10 es el de aumentar la seguridad en el sistema y así poner en marcha el sistema permitiendo así acceder a la plataforma desde fuera de la institución, para que esta migración pudiera llevarse a cabo fue necesario realizar algunos cambios considerables en el sistema, entre los cuales se puede nombrar el cambio en el motor de la base de datos y la separación de la interfaz de usuario de las consultas realizadas a la base de datos.

Para llevar a cabo la migración de la plataforma se utilizo un emulador de consola que permite acceder a los servicios del servidor de forma remota como si se estuviera sentado frente a el, fue necesario utilizar este método ya que el servidor donde estaría alojada la página web (Sun FIRE V210) se encuentra en funcionamiento actualmente en la sala de control de la universidad y esta no se encuentra acondicionada para que personas trabajen en ella, otra herramienta utilizada para la migración de la plataforma fue un cliente ftp²⁶ el cual facilita la transferencia de archivos desde la maquina remota hasta el equipo servidor, cabe anotar que la transferencia rearchivos se puede realizar también desde el DOS utilizando los comandos ftp.

El cambio en el motor de la base de datos se hizo debido a que la plataforma utilizaba originalmente una base de datos SQLite la cual no tiene un nivel de seguridad muy alto; sus restricciones de seguridad son fáciles de violar y por eso no es recomendable implementar esta base de datos en el servidor de la universidad, cualquier persona puede conectarse a ella de forma remota sin necesidad

²⁶ Protocolo de transferencia de datos

de una previa autorización. La nueva base de datos se implemento en MySQL que es un motor para bases de datos mucho mas robusto y seguro que el que se venia utilizando, es importante mencionar que para poder conectarse a esta base de datos es necesario tener una cuenta de usuario ya que para conectarse a la base de datos es necesario un nombre de usuario y una contraseña, para establecer una conexión remota es necesario que la dirección IP²⁷ del equipo remoto este registrada en la base de datos ya que si no es así el servidor de bases de datos no dejara que el cliente establezca comunicación con el.

Para que los usuarios de la plataforma no tengan acceso a datos confidenciales del motor de la base de datos como el nombre de usuario y la contraseña fue necesario separar en la aplicación web todo lo relativo a las consultas a la base de datos de la interfaz de usuario, lo que permite que el usuario tenga acceso a las paginas que le proporcionan herramientas para la gestión de la página web y no a las que contienen información de la base de datos.

²⁷ Protocolo de Internet (Internet Protocol) numero que identifica un equipo dentro de una red.

ANEXO H: ENCUESTA REALIZADA

Encuesta

Tiene acceso a Internet desde otro sitio diferente de la universidad.

Si _____ No _____

Si su respuesta es No, omita el resto de la encuesta

Le gustaría tener la posibilidad de realizar sus prácticas de laboratorio por medio de Internet

Si _____ No _____

En caso que su respuesta sea No, escriba las razones porque no lo haría.

Estaría dispuesto a conectarse a Internet para realizar sus prácticas de laboratorio

Si _____ No _____

Después de haberse familiarizado con la aplicación responda las siguientes preguntas

Considera que el contenido de la aplicación es suficiente para realizar una práctica de laboratorio

Si _____ No _____

Que le agregaría o le cambiaría a la aplicación

Como le parece el manejo de la aplicación, Marque con una *X* la opción mas adecuada

- Simple y fácil
- Algo complicado y confusa
- Dificil

Si considera que el manejo de la aplicación es difícil indique porque.

Como calificaría la interfaz grafica de la aplicación

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

Esta encuesta se realizo a 28 estudiantes de ingeniería mecatrónica de noveno y décimo semestre, los resultados de la encuesta se presentan a continuación:

Figura 25. Resultado encuesta pregunta 1

Tiene acceso a Internet desde otro sitio diferente de la universidad?

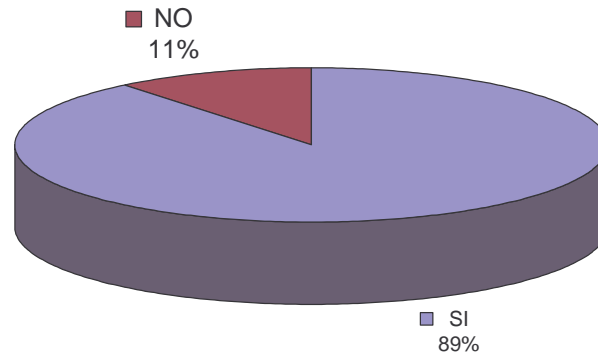


Figura 26. Resultado encuesta pregunta 2

Le gustaría tener la posibilidad de realizar sus practicas de laboratorio por medio de Internet?

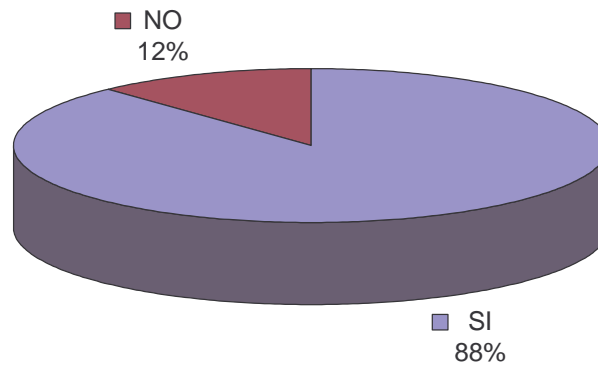


Figura 27. Resultado encuesta pregunta 3

Estaría dispuesto a conectarse a Internet para realizar sus practicas de laboratorio?

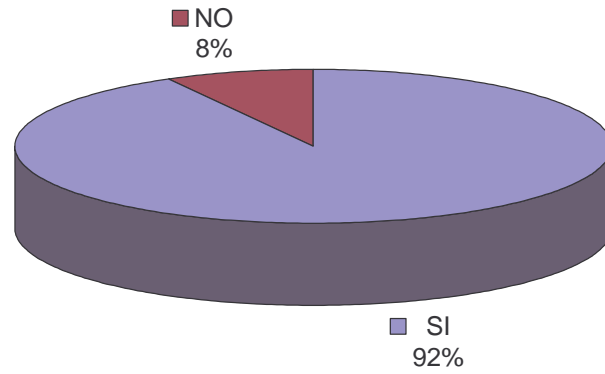


Figura 28. Resultado encuesta pregunta 4

Considera que el contenido de la aplicación es suficiente para realizar una practica de laboratorio?

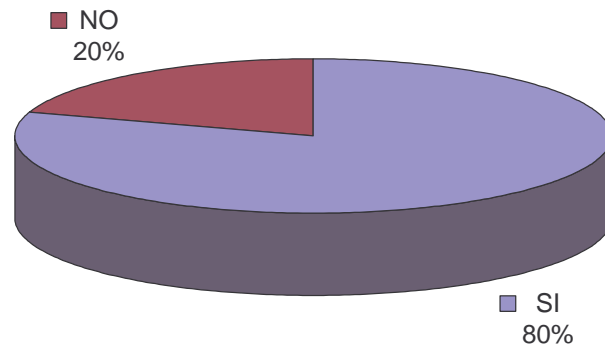


Figura 29. Resultado encuesta pregunta 5

Como le parece el manejo de la aplicación?

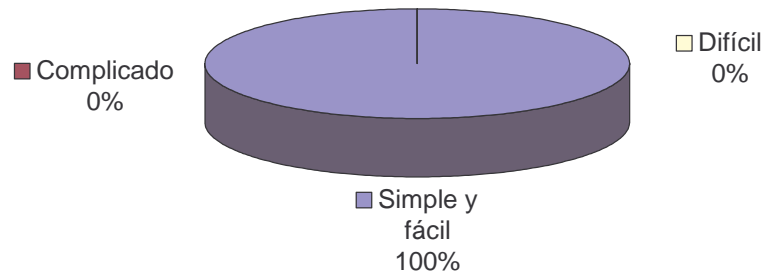
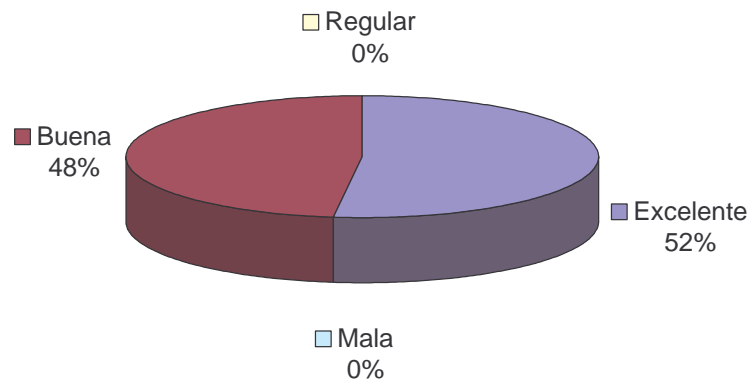


Figura 30: Resultado encuesta pregunta 6

Como calificaría la interfaz grafica de la aplicación



Observaciones y recomendaciones

De las diferentes observaciones que los encuestados hicieron estas son las más significativas y recurrentes.

- La aplicación debe estar en capacidad de hacer una identificación del modelo matemático de la planta, de esta manera se lograría hacer en totalidad una práctica de laboratorio sin necesidad de hacer presencia en la universidad.
- Reacondicionar las plantas para que sean más robustas con el fin de evitar eventos no esperados como los que se presentan al ingresar controladores que no responda bien al modelo de la planta. Consecuencia de esto es la descalibración de los sensores haciendo necesario un operario frente a la planta en caso de que esto pase.
- La aplicación conozca el comportamiento de la planta y responda exactamente igual como si tuviera la planta física conectada, para poder realizar la práctica sin que la planta física este disponible.
- La aplicación aparte de mostrar la gráficamente la posición de la planta también debería mostrar la grafica del esfuerzo de control para así sacar más utilidad al osciloscopio, ya que esta es una herramienta bastante útil.
- La aplicación debe de poder guardar los resultados de la práctica

De las personas que respondieron que NO les gustaría realizar las prácticas de laboratorio por medio de Internet se concluyo lo siguiente.

- Es importante estar presente frente a la planta física debido que se presentaran problemas varios que algunos solo se resolverán en presencia de la planta y no por medio de Internet.
- Para tener una práctica por Internet que realmente sea instructiva hace falta tener contacto con la planta que se va trabajar y después de conocerlo bien su funcionamiento se puede hacer uso de la aplicación ya que el Internet es una herramienta poderosa.