

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO AUTOMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES



**MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL CONTROL DE
ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE
CONTROL II EN UN SISTEMA DE LABORATORIOS REMOTO**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

OMAR MAR CORNELIO

Santa Clara, Cuba, 2019

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO AUTOMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES



**MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL CONTROL DE
ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE
CONTROL II EN UN SISTEMA DE LABORATORIOS REMOTO**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

Autor: Prof. Aux., Lic. Omar Mar Cornelio, MSc.

Tutores: Prof. Tit., Ing. Iván Santana Ching, Dr.C.

Prof. Tit., Lic. Jorge Gulín González, Dr.C.

Santa Clara, Cuba, 2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi profunda gratitud al excelente colectivo de profesores del programa Doctoral en Automática de la UCLV, personas de excelente preparación profesional y de incalculable modestia.

A mis tutores Dr. Iván Santana Ching y Dr, Jorge Gulín González por su invaluable, incansable y meritorio trabajo durante la investigación.

Al Dr. José Rafael Abreu García por su colaboración con su gran visión científica técnica para organizar la conceptualización de esta investigación.

Al excelente tribunal de pre defensa, quienes contribuyeron oportunamente al mejoramiento de la propuesta de investigación, especialmente a la Dra. Lidia Ruiz.

A todos mis compañeros de trabajo de la UCI, Pedro, Karen, Maibel, Mérida, Hassan, Ana Marys, Pablo, por el apoyo, la preocupación, por preguntar cómo va la tesis, por cada ofrecimiento de ayuda.

A mi esposa Bárbara Bron Fonseca, quien comparte a mi lado cada derrota y victoria.

A mi familia y amigos por el apoyo incondicional y el amor imprescindible.

DEDICATORIA

A mi príncipe enano por todo el tiempo de esmero y dedicación que te faltó.

A quien me brindó el apoyo y la seguridad que me permitió ganar confianza en mí mismo para seguir adelante, mi Mamá.

A las tantas personas que de una forma u otra han tenido que ver conmigo y que se han ganado un lugar en mi corazón, aunque muchísimos, no menos importantes, los tengo presentes a todos y para ellos también va dedicado este trabajo.

SÍNTESIS

En Cuba la formación de especialistas en automática se realiza mediante la carrera de Ingeniería en Automática que tiene dentro de sus disciplinas fundamentales, la disciplina Sistemas de Control. Para el desarrollo de prácticas de laboratorios, los estudiantes trabajan en dispositivos físicos o remoto, presencial o a distancia mediante Sistemas de Laboratorios Remoto. Sin embargo, los Sistemas de Laboratorios Remoto no implementan mecanismos de control de acceso para impedir que los estudiantes se enfrenten a las prácticas de laboratorios sin las habilidades necesarias. La presente investigación presenta una solución a la problemática planteada a partir del desarrollo de un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios. La propuesta es descrita mediante un flujo de trabajo en seis componentes y se emplean técnicas de inteligencia artificial para modelar el conocimiento causal con la utilización de Mapas Cognitivos Difusos. Como soporte técnico se implementó un Sistema de Laboratorios Remoto para la asignatura de Ingeniería de Control II que soporta el flujo del modelo. Para la validación de los resultados se combinaron varios métodos y técnicas encaminados a comprobar la hipótesis planteada, obteniéndose un alto índice de satisfacción por los expertos y usuarios finales.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DECISIÓN PARA EL CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE CONTROL II.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Prácticas de laboratorio de Ingeniería de Control.....	10
1.2.1 Laboratorios virtuales en la Ingeniería de Control	12
1.2.3 Sistema de Laboratorios Remoto para la práctica de Ingeniería de Control.....	13
1.3 Control de acceso.....	15
1.3.1 Control de acceso en sistemas de información.....	16
1.3.2 Control de acceso en prácticas de laboratorio	19
1.4 Métodos de evaluación y decisión.....	21
1.4.1 Modelos causales para representar el conocimiento.....	25
1.4.2 Los Mapas Cognitivos Difusos para la toma de decisiones	27
1.4.3 Agregación de información	29
1.5 Conclusiones del capítulo	30
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN DEL MODELO Y LA HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE CONTROL II.....	31
2.1 Introducción	31
2.2 Formalización del modelo de toma de decisiones para el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II	31

2.3 Estructura, cualidades y principios del modelo	33
2.4 Descripción del flujo de trabajo del modelo	35
2.4.1 Componente: Selección de las habilidades	36
2.4.2 Componente: Obtención y agregación de Mapas Cognitivos Difusos	39
2.4.3 Componente: Realización del análisis estático	45
2.4.4 Componente: Diagnóstico y determinación del control de acceso a las prácticas de laboratorios	49
2.4.5 Componente: Generación del sistema de recomendaciones.....	57
2.4.6 Componente: Ingeniería de Control.....	57
2.5 Integración del modelo a la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto	62
2.6 Conclusiones del capítulo.....	69
CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO MEDIANTE CRITERIO DE EXPERTOS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y SATISFACCIÓN DE USUARIOS	70
3.1 Introducción	70
3.2 Definición del proceso de validación.....	70
3.3 Valoración de la contribución del modelo mediante criterio de expertos	72
3.4 Valoración del efecto de la implementación del modelo	78
3.4.1 Declaración del preexperimento uno	81
3.4.2 Declaración del preexperimento dos.....	83
3.5 Valoración del nivel de satisfacción de la herramienta mediante la técnica Iadov .	84
3.6 Correspondencia de los resultados con las demandas sociales	89
3.7 Resultado de la triangulación metodológica	90

3.8 Conclusiones del capítulo.....	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
GLOSARIO	111
PREMIOS, PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS	112
ANEXOS	117
Anexo 1: Encuesta para evaluar el estado sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios en Sistemas de Laboratorios Remoto.....	117
Anexo 2: Cuestionario para el resumen curricular.....	121
Anexo 3: Encuesta para seleccionar las habilidades: Delphi.....	122
Anexo 4: Materiales y resultados del grupo focal para validar las habilidades y recomendaciones	124
Anexo 5: Artefactos ingenieriles del Sistema de Laboratorios Remoto.....	128
Anexo 6: Cuestionario de autoevaluación de los expertos	130
Anexo 7: Cuestionario con la tabla de aspectos a valorar con la consulta a expertos...	135
Anexo 8: Resultado de la medición de los indicadores en el experimento	138
Anexo 9: Encuesta aplicada para valorar la satisfacción de los usuarios	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Despliegue de los Sistemas de Laboratorios Remoto.	14
Figura 2: Control de acceso basado en roles.....	18
Figura 3: Proceso de toma de decisiones.....	22
Figura 4: Ejemplo de grafos causales.....	26
Figura 5: Mapa Cognitivo Difuso y su correspondiente matriz de adyacencia.	27
Figura 6: Esquema general del funcionamiento del modelo.....	36
Figura 7: Flujo de trabajo para la obtención del modelo causal.	40
Figura 8: Flujo de trabajo para realizar el análisis estático.	45
Figura 9: Algoritmo para determinar nodos sin importancia.....	47
Figura 10: Flujo de trabajo diagnosticar y determinar el control de acceso.....	50
Figura 11: Algoritmo para diagnosticar y determinar el control de acceso.....	52
Figura 12: Variable lingüística utilizada para expresar la evaluación.....	56
Figura 13: Flujo de trabajo para el componente Ingeniería de Control.....	58
Figura 14: Algoritmo para realizar análisis de estabilidad.	61
Figura 15: Esquema general de la integración del modelo con el SLR.	62
Figura 16: Diagrama de Caso de Uso del Sistema.....	63
Figura 17: Interfaz de la herramienta para realizar el diagnóstico de habilidades.....	65
Figura 18: Interfaz identificación de sistema.....	66
Figura 19: Interfaz en la que se realiza la sintonía del controlador.	67
Figura 20: Interfaz para ejecutar una práctica de laboratorio en el dispositivo físico.	68
Figura 21: Maqueta de un proceso térmico a escala.	68
Figura 22: Estructura general del proceso de validación.....	71
Figura 23: Índice de satisfacción.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conjunto de términos lingüísticos empleados.....	41
Tabla 2. Valores de los parámetros del controlador según Ziegler-Nichols.....	60
Tabla 3: Coeficiente de conocimiento por expertos.....	74
Tabla 4: Coeficiente de competencia.	76
Tabla 5: Resultado de la encuesta aplicada a los expertos.	77
Tabla 6: Estadística de muestras relacionadas del experimento 1.	82
Tabla 7: Estadística de muestras relacionadas del experimento 2.	84
Tabla 8: Cuadro lógico de Iadov para la investigación.	86
Tabla 9: Escalas, índices y niveles de satisfacción.	86
Tabla 10: Resultado de la satisfacción sobre la aplicación de la técnica Iadov.....	87

INTRODUCCIÓN

A partir del desarrollo tecnológico alcanzado por la sociedad, el hombre comenzó a mecanizar los procesos industriales con el objetivo de simplificar el trabajo que realizaba. Para ello se elaboraron ingeniosos instrumentos y máquinas que se utilizaron como herramientas en los procesos industriales.

Sin lugar a duda, la mecanización representó un paso importante como parte del desarrollo tecnológico, pero aumentar la productividad imponía nuevos retos. A partir del desarrollo energético y la motorización de los procesos mecánicos surgen los sistemas industriales, permitiendo la elaboración con mayor eficiencia de producciones en serie.

Los sistemas industriales para sus operaciones, requerían mantener o estabilizar determinados parámetros en su funcionamiento, dando inicio a los sistemas de control. Los sistemas de control permiten la operación de procesos de forma automática sustituyendo los mecanismos humanos de medición y actuación.

La automatización, rápidamente fue introducida en los procesos fundamentales que acompañaban al hombre. La nueva ciencia comenzó a desarrollarse para asumir las demandas de los diferentes procesos industriales que requerían modernos métodos de control.

La formación de profesionales para asumir las demandas de automatización representaba una tarea prioritaria en el nuevo contexto tecnológico. En Cuba desde la década del 60 del siglo XX con la llegada de especialistas checoslovacos, se comienzan a impartir cursos relacionados con el control automático. Así mismo, en 1963 se crea en La Habana la Escuela de Automatización Industrial y a finales de los 60 estos cursos son impartidos

también en la Universidad de Oriente (UO) y la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV).

En la década del 80 se evoluciona hacia la Ingeniería en Automática realizando transformaciones a los planes de estudios hasta la actualidad, que es impartida en la UO, en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” actualmente Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE) y en la UCLV. La carrera Ingeniería en Automática define como objeto de la profesión, los sistemas de control, constituidos por el proceso a controlar, los medios técnicos necesarios para realizar la medición, la supervisión y el control en su esfera de actuación [1, 2].

Dentro de las disciplinas fundamentales de la carrera Ingeniería en Automática para respaldar el objeto de la profesión se encuentra la disciplina Sistemas de Control. La disciplina está compuesta por un grupo de asignaturas que conforman el currículo base como son: Modelado y simulación, Maquinaria Eléctrica, Ingeniería de Control I, Ingeniería de Control II, Procesos, Control de Procesos I y Accionamiento Eléctrico.

Para aplicar los contenidos de la asignatura Ingeniería de Control II, se realizan prácticas de laboratorios como tipología de clases. En esta modalidad, los estudiantes expresan los conocimientos adquiridos en laboratorios equipados en correspondencia con el perfil que se requiera [3, 4]. En este contexto el usuario puede realizar las prácticas en laboratorios físicos, con equipos afines a la materia recibida o realizar prácticas a distancia. Para ello acceden a equipamientos físicos centralizados de manera remota con el empleo de laboratorios remoto.

Un laboratorio remoto o a distancia representa la forma de operar y controlar de manera remota sistemas reales mediante una interfaz de experimentación que se ejecuta en un

ordenador conectado a una red, esto se conoce como tele laboratorio, laboratorio remoto o tele operación a través de la Web [5, 6, 7].

El hecho de utilizar un Sistema de Laboratorios Remoto (SLR) para las prácticas de laboratorios, supone una dificultad en cuanto a la supervisión del trabajo desarrollado por los estudiantes ya que no es posible contar con un profesor a tiempo completo para dicha función. Por otro lado, el desarrollo de las habilidades y la auto preparación de los estudiantes, es un proceso de formación continuo y no se tiene certeza de su preparación para asumir el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios.

Un estudiante sin preparación al enfrentarse a una práctica de laboratorio, inicia un proceso de tanteo buscando una posible respuesta a la problemática planteada. Lo antes expresado representa un ambiente de incertidumbre donde la mala preparación genera como insuficiencias:

- Tiempo de operaciones innecesario de los dispositivos físicos destinados para las prácticas de laboratorios.
- Generación de soluciones aleatorias mediante un proceso de ensayo y error.
- Obtención de soluciones ineficientes o de sistemas inestables.
- Desaprovechamiento del tiempo destinado para las prácticas de laboratorios.
- Indisciplinas en las actividades prácticas realizadas de forma presencial interrumpiendo a los estudiantes con mayor preparación y al profesor.

Una alternativa a la problemática planteada, consistiría en establecer mecanismos de control de acceso a las prácticas de laboratorios. Para ello un diagnóstico de habilidades representaría la base de inferencia del control de acceso a las prácticas de laboratorios. Sin embargo, a partir del estudio de la literatura científica sobre los SLR para las

prácticas de Ingeniería de Control y la utilización de métodos empíricos como la encuesta (ver anexo1), se pudo constatar las siguientes deficiencias [8]:

- Los SLR no implementan técnicas para diagnosticar las habilidades de los estudiantes que realizan las prácticas de laboratorios.
- Los SLR no poseen mecanismos de control de acceso a partir de las habilidades de los estudiantes para acceder a las prácticas de laboratorios.

En este sentido, se considera oportuno un análisis que guíe el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios. A partir del estado actual del proceso, se puede definir como un problema de toma de decisiones donde:

- Se tiene un conjunto de alternativas que representan los estudiantes que acceden al SLR, con el objetivo de realizar las prácticas de laboratorios existentes.
- Se requiere aplicar un método de clasificación que permita diagnosticar las habilidades de las alternativas para establecer el control de acceso a las prácticas de laboratorios disponibles.

Problemas de tomas de decisiones de la naturaleza antes planteada, han sido abordados en la literatura científica a partir de la aplicación de técnicas de inteligencia artificial [9]. La representación del conocimiento causal con la utilización de Mapas Cognitivos Difusos (MCD) permitiría la inferencia del comportamiento de las habilidades de los estudiantes en función de establecer el control de acceso a las prácticas de laboratorios.

Del análisis sobre la problemática existente se define como **problema de investigación:**
¿Cómo contribuir a la toma de decisiones sobre el control de acceso para el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto?

Del problema anterior se deriva como **objeto de estudio**: los métodos de decisiones para el control de acceso. Se determina como **campo de acción**: los Mapas Cognitivos Difusos para el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto.

El **objetivo general** de la presente investigación es: desarrollar un modelo basado en Mapas Cognitivos Difusos que contribuya a la toma de decisiones sobre el control de acceso para el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto.

A partir del objetivo general de la investigación, se desglosan los siguientes **objetivos específicos**:

- Caracterizar los métodos de decisión para el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II.
- Fundamentar el modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II.
- Implementar una herramienta computacional como Sistema de Laboratorios Remoto que integre el modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios en Ingeniería de Control II.
- Validar el modelo desarrollado mediante el uso de criterio de expertos, diseño experimental y satisfacción de usuarios con los métodos definidos en la investigación.

Se define como **hipótesis**: si se desarrolla un modelo basado en Mapas Cognitivos Difusos, se garantizará la toma de decisiones sobre el control de acceso para el desarrollo exitoso de

las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos, empíricos y matemáticos estadísticos. Los **métodos teóricos** utilizados fueron:

Analítico-Sintético: para el estudio de los métodos de decisión e inferencia del control de acceso a las prácticas de laboratorios y posteriormente para la extracción de los elementos esenciales para fundamentar la investigación.

Inductivo-Deductivo: para la deducción de criterios a partir del estudio de la literatura científica sobre los métodos de decisión e inferencia para control de acceso a las prácticas de laboratorios y la determinación de la posible técnica a utilizar como alternativa viable a incorporar en la presente investigación.

Hipotético-Deductivo: para la formulación de la hipótesis y la declaración del diseño experimental con el objetivo de comprobar la correlación de las variables definidas.

Histórico-lógico: para el análisis del surgimiento y evolución de los métodos de decisión y el análisis de las soluciones existentes, así como de las tendencias actuales para control de acceso a las prácticas de laboratorios.

Modelado: para la representación estructurada de métodos, procedimientos y variables, mediante una secuencia coherente y lógica de los diferentes artefactos que componen la propuesta.

Los **métodos empíricos** utilizados fueron:

Análisis documental: para la revisión de los documentos normativos, planes de estudios, modelo del profesional y programas analíticos de las asignaturas de la carrera Ingeniería en Automática utilizados en los referentes teóricos que sustentan la investigación.

Encuesta: aplicada a profesores y estudiantes para diagnosticar la existencia del fenómeno de estudio a fin de justificar la necesidad de implementar la propuesta de investigación y para obtener el nivel de satisfacción de los usuarios con la herramienta desarrollada mediante la aplicación de la técnica Iadov.

Experimental: para validar el modelo propuesto sobre una muestra determinada a la que se le realizan pruebas estadísticas demostrándose la correlación de las variables de la hipótesis mediante un preexperimento.

Criterio de expertos: para determinar las relaciones causales entre los conceptos del Mapa Cognitivo Difuso y la evaluación del modelo y sus componentes fundamentales.

Se utilizaron los métodos **matemáticos estadísticos:** para el procesamiento y análisis de las encuestas aplicadas a expertos y usuarios, así como el procesamiento de los instrumentos utilizados en el preexperimento.

La **novedad de la investigación** se expresa en:

La aplicación de técnicas de inteligencia artificial con el empleo de Mapas Cognitivos Difusos, para apoyar la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto.

La investigación además arrojó los siguientes **aportes:**

Desde la perspectiva teórica: un modelo que implementa la extensión de un operador para la agregación de información en la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II, mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial con el empleo de Mapas Cognitivos Difusos.

Desde la perspectiva práctica:

- Un Sistema de Laboratorios Remoto para las prácticas de la Ingeniería de Control II.

- La integración del modelo de inferencia para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en el Sistema de Laboratorios Remoto.
- El desarrollo de una maqueta correspondiente a un proceso térmico a escala como estación de trabajo para el desarrollo de prácticas de laboratorios de identificación de sistemas y ajuste de controladores.

Desde la perspectiva social: la propuesta contribuye en la política en Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente y a la Política social, impactando en el cumplimiento de los lineamientos 108, 113, 115, 117, 119.

Desde la perspectiva económica: se sustenta en la optimización y racionalización de los recursos utilizados en la propuesta para el desarrollo de la maqueta y la posibilidad de compartir entre las universidades mediante una plataforma única diferentes recursos tecnológicos.

La memoria escrita consta de: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos. Como norma bibliográfica se utilizó ISO 690/2010. Se incluyen figuras, tablas y anexos que facilitan la comprensión del documento.

En el **Capítulo 1** se realiza una caracterización de las prácticas de laboratorios en la Ingeniería de Control y el uso de Sistemas de Laboratorios Remoto. Se abordan los principales mecanismos de control de acceso existentes a partir de elementos teóricos-conceptuales vinculados con la problemática. Se realiza un análisis asociado a la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios. Además, se realiza un estudio de la inteligencia artificial haciendo énfasis en los modelos conexionistas con los

Mapas Cognitivos Difusos y operadores de agregación como la base de inferencia del proceso.

En el **Capítulo 2** se presenta la definición del modelo propuesto para dar solución al problema, tanto desde una perspectiva teórica-conceptual como desde su solución técnica. Se contextualizan las habilidades que nutren el funcionamiento del modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso, así como las recomendaciones que facilitan su implementación. Además, se describen los componentes, principios y cualidades. Como soporte tecnológico es presentada la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto (Remotelab) que soporta el flujo de trabajo del modelo propuesto.

En el **Capítulo 3** se presenta la validación de la propuesta de solución a partir de la valoración de la contribución del modelo, empleando el criterio de expertos, la valoración práctica del modelo y de la herramienta informática mediante un experimento. Se realiza la validación de la herramienta computacional que implementa el modelo mediante la satisfacción del usuario, empleando la técnica de Iadov. Se realiza una triangulación metodológica con el objetivo de identificar los elementos que caracterizan cada propuesta presentada en la validación. Por último, se presenta una valoración sobre la correspondencia de la propuesta con la demanda social.

**CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DECISIÓN PARA
EL CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE
INGENIERÍA DE CONTROL II**

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DECISIÓN PARA EL CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE CONTROL II

1.1 Introducción

En el presente capítulo se abordan los principales referentes teóricos sobre el objeto de estudio, se describen los métodos de apoyo a la toma de decisiones y operadores de agregación en el contexto de la investigación. Se fundamenta el estado del arte que sustenta las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control y el uso de Sistemas de Laboratorios Remoto, así como los mecanismos para el control de acceso a las prácticas de laboratorios.

1.2 Prácticas de laboratorio de Ingeniería de Control

La automática hace referencia al área del conocimiento que se encarga del estudio de los Sistemas de Control. En Cuba desde 1990 se estudia la carrera con el nombre de Ingeniería en Automática para la formación de profesionales de la rama con un amplio perfil de aplicación. La carrera posee un Plan de Estudio que integra el conjunto de disciplinas que conforma el currículo del egresado. Actualmente se encuentra vigente el Plan de Estudio D en los años académicos tercero, cuarto y quinto [10] y se encuentra en tránsito hacia el Plan de Estudio E, que ya se aplica para los años inferiores de la carrera Ingeniería en Automática [1] que es impartida en la UO, CUJAE y en la UCLV.

Aunque la carrera ha transitado por actualizaciones en sus planes de estudio, mantiene las principales disciplinas de la especialidad como son: Instrumentación, Sistemas de Control y Automática. Los Sistemas de Control juegan un papel fundamental en el modo de actuación del egresado. El objetivo de la disciplina radica en la aplicación de los métodos y técnicas para el control de los procesos tecnológicos industriales y los accionamientos eléctricos.

La disciplina Sistemas de Control se encuentra estructurada en el Plan de estudios D en siete asignaturas compuesta por: Modelado y Simulación, Maquinaria Eléctrica, Ingeniería de Control I, Ingeniería de Control II, Procesos, Control de Procesos I y Accionamiento Eléctrico. Específicamente la asignatura de Ingeniería de Control II estudia el diseño de sistemas de control de pequeña y mediana complejidad, la identificación de sistemas, cálculo de parámetros, magnitudes, simulaciones y evaluación de soluciones.

Para llevar a cabo la asimilación del conocimiento se utilizan las prácticas de laboratorios como tipología de clases. En una práctica de laboratorios los estudiantes pueden realizar la identificación de sistemas, el diseño o sintonía de controladores mediante un método de diseño, entre otras prácticas.

En la actualidad varias han sido las clasificaciones asumidas para los ambientes de aprendizajes en las prácticas de laboratorios. Entre estas clasificaciones se destacan recursos locales reales, recursos locales simulados y recursos remoto reales con soporte computacional [11]. A partir del ambiente definido se diseña la práctica de laboratorios con un objetivo a cumplir por los estudiantes.

Independiente del ambiente en que se desarrollan las prácticas de laboratorios, diversos autores refieren soluciones como la implementación de prototipos experimentales [12], el diseño de controladores PID [13], implementación de experimentación en procesos industriales [14] entre otras. Sin embargo, cuando se trata de ambientes reales son restringidas las posibilidades de experimentaciones prácticas. Actualmente es limitada la disponibilidad de medios físicos reales para su aplicación en el Sistema Educativo Cubano.

A partir de los elementos abordados, se identifica como insuficiencia la baja disponibilidad de recursos locales reales para la experimentación en las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control. Algunas soluciones han sido introducidas para atenuar la baja disponibilidad de recursos reales, dentro de estas soluciones se destacan la utilización de asistentes matemáticos y de herramientas computacionales como los laboratorios virtuales.

1.2.1 Laboratorios virtuales en la Ingeniería de Control

Un laboratorio virtual es definido como un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación con el objetivo de investigar, realizar actividades creativas, elaborar y difundir resultados mediante tecnologías [15, 16]. Es la representación de un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico, producido por un sistema informático, que virtualiza la realidad [17, 18, 19].

Los laboratorios virtuales son simuladores que modelan un laboratorio real, se ejecutan en una computadora y se consideran simuladores porque los dispositivos, los equipos y los materiales necesarios para ejecutar el experimento no existen físicamente. Sin embargo, la modelación del fenómeno y los componentes del simulador permiten repetir múltiples veces los experimentos, con diversos parámetros, hasta que se comprenden los principios de funcionamiento del sistema.

Los simuladores son máquinas que reproducen el comportamiento de un sistema en ciertas condiciones, ayudan a simular la realidad y por lo tanto son utilizados en el ámbito educativo. Diversas aplicaciones han sido creadas como soporte a las prácticas de laboratorios de la Ingeniería de Control [20]. En la formación profesional los simuladores son indispensables para la formación de personas que tendrán una gran responsabilidad a su

cargo, ya que sus eventuales errores pondrían en riesgo la vida de terceros o la funcionalidad de equipos altamente costosos. Gracias al simulador, los alumnos pueden practicar hasta adquirir la experiencia y las destrezas necesarias para desempeñarse profesionalmente [21].

Para la presente investigación los laboratorios virtuales ofrecen oportunidades de aprendizaje donde es posible incrementar la capacidad técnica de los usuarios, proporcionando conocimientos prácticos sobre un fenómeno específico. Permiten la manipulación de datos, así como el análisis del comportamiento experimentado y facilitan el intercambio de conocimiento con profesionales de otros centros de investigación. A pesar de las potencialidades que ofrecen, los laboratorios virtuales imposibilitan a los estudiantes el desarrollo de actividades prácticas en dispositivos físicos y la interacción con procesos reales. Para el contexto de la presente investigación, el desarrollo de prácticas mediante laboratorios remoto supliría la deficiencia antes mencionada representando el futuro de la Ingeniería de Control [2, 22].

1.2.3 Sistema de Laboratorios Remoto para la práctica de Ingeniería de Control

Los laboratorios remoto o a distancia son laboratorios convencionales con equipos generalmente sofisticados o exclusivos que por medio de interfaces Web permiten la manipulación del equipo de forma remota. Este tipo de acceso facilita compartir los recursos entre varias instituciones, de esta forma la inversión para equipamiento puede compartirse entre varias instituciones y el número de usuarios especializados se incrementa, aumentando así los beneficios académicos [23, 24, 25]. Representan un lugar o entorno cuya función es realizar un control sobre un sistema físico a distancia, con el objetivo de

tele operar un sistema real, realizar experimentos y acceder a los datos a través de la red para obtener medidas [26, 27].

Dentro de las características que distinguen a los laboratorios remoto se encuentra la disminución de gastos por conceptos de mantenimiento y equipamiento [28]. Se considera que esta característica los hace atractivos para ser utilizados por instituciones y centros de investigaciones que realizan cursos a distancia.

Diversas han sido las investigaciones realizadas sobre los laboratorios remoto para la enseñanza de la Ingeniería de Control [21, 26, 29, 30, 31]. En las mismas se pudo constatar que cada sistema posee una arquitectura y flujo de trabajo definido en dependencia del fenómeno que se modela. La Figura 1 muestra un esquema general del despliegue de los SLR [11].

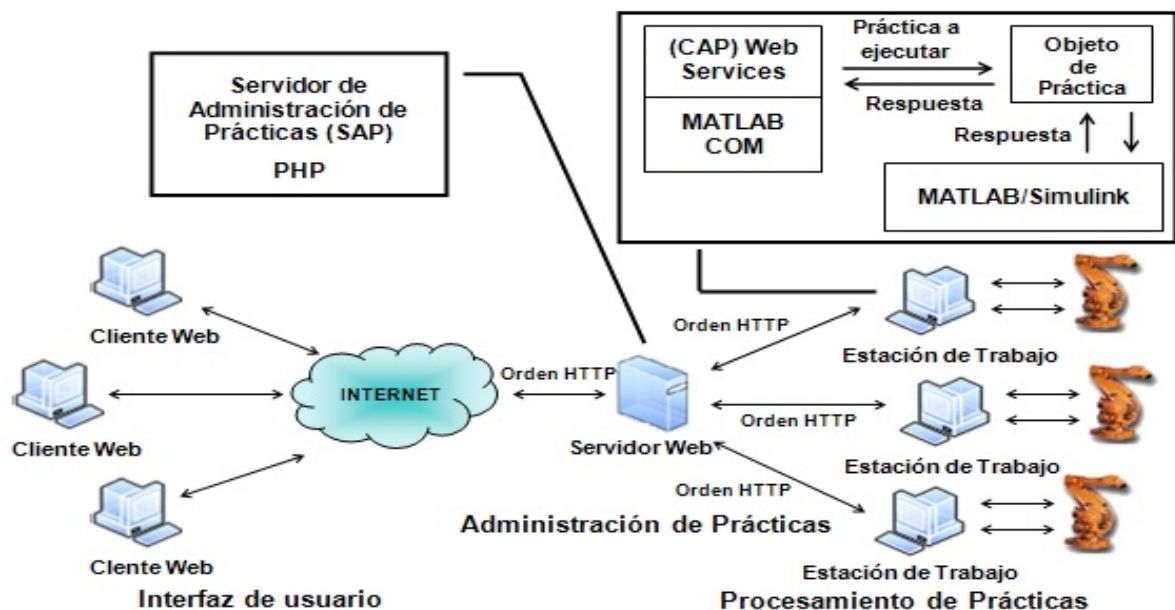


Figura 1: Despliegue de los Sistemas de Laboratorios Remoto.

Con el desarrollo de las TIC, los SLR han evolucionado en cuanto a variedad, arquitectura y robustez en función de obtener plataformas que se adapten a las tecnologías emergentes. De manera general poseen tres componentes fundamentales: interfaz de usuario, administración de pedido de prácticas y procesamiento de las prácticas. Aunque son numerosas las ventajas que presentan los laboratorios remoto [32], el ambiente de trabajo generado incorpora un escenario donde los estudiantes pueden enfrentarse al desarrollo de las prácticas de laboratorios sin poseer las habilidades necesarias y cometer errores. En este sentido el control de acceso a las prácticas de laboratorio representaría una solución a la problemática antes mencionada.

1.3 Control de acceso

El control se define según el diccionario de la Real Academia Española como la regulación, manual o automática, sobre un sistema o proceso. Por su parte el acceso es definido como una condición de entrada o paso [33]. El objetivo del control de acceso está dirigido a impedir el acceso no autorizado a determinado recurso, para ello se nutre de una técnica que implementa una infraestructura de control. Diversas han sido las clasificaciones aplicadas al control de acceso, entre ellas se destacan el control de acceso físico y el control de acceso lógico o de la información [34].

Un sistema de control de acceso físico se refiere a un punto sensible que requiere seguridad para restringir el acceso a determinados recursos [35]. Se considera como el conjunto de medidas pasivas y activas que tienen por objeto el control de las actividades dentro de un espacio o ambiente en general. Se denomina control de acceso físico porque introduce mecanismos de control que genera limitaciones espaciales de un perímetro [36].

Los mecanismos de control, han variado a partir del desarrollo científico, los métodos clásicos como cierres mecánicos que basan su funcionamiento en un tipo de cerradura que realiza un bloqueo físico del acceso a determinado recurso. Los elementos fundamentales en la acción de control los representarían la cerradura y la llave.

1.3.1 Control de acceso en sistemas de información

Un sistema de control de acceso lógico o de la información representa la integración de métodos, técnicas y algoritmos computacionales para restringir el acceso a la información. Es el proceso de permitir o negar el acceso a una entidad [37]. El objetivo del control de acceso lógico es determinar si se conceden permisos a usuarios para acceder y modificar recursos de en un sistema de información.

La principal ventaja de implementar mecanismos de control de acceso a la información se centra en la capacidad de proteger al sistema operativo de la red, al sistema de aplicación y demás software de la utilización o modificaciones no autorizadas. El control de acceso garantiza la integridad de la información, a partir de la restricción de la cantidad de usuarios y procesos con acceso permitido, logra resguardar la información de accesos no autorizados. Este proceso está basado en tres conceptos fundamentales: identificación, autenticación y autorización [34].

La **identificación** es la acción por parte de un usuario de presentar su identidad a un sistema. Establece que el usuario es responsable de las acciones que lleve a cabo en el sistema y se registran estas acciones [38]. Esto garantiza los registros de auditorías que permiten guardar las acciones realizadas dentro del sistema y rastrearlas hasta el usuario autenticado.

Para el proceso de **autenticación** existen cuatro tipos de técnicas que pueden ser empleadas, estas técnicas pueden ser utilizadas individualmente o combinadas (Autenticación de varios factores) [39]:

- Técnica basada en algo que solamente el individuo conoce: ejemplo una contraseña.
- Técnica basada en algo que una persona posee: ejemplo una tarjeta magnética.
- Técnica basada en algo que el individuo es y que lo identifica unívocamente: ejemplo las huellas digitales y la identificación de retina.
- Técnica basada en algo que solamente el individuo es capaz de hacer: ejemplo los patrones de escritura y de voz.

El proceso de **autorización** es utilizado para decidir si una persona, programa o dispositivo tiene acceso a archivos, datos, funcionalidad o servicio específico. Determina qué acciones tiene permitidas realizar el usuario. Este proceso protege los recursos del sistema permitiendo que sólo sean usados por aquellos consumidores a los que se les ha concedido autorización para ello. Los recursos incluyen archivos y otros objetos de datos, programas, dispositivos y funcionalidades provistas por aplicaciones. Ejemplos de consumidores son usuarios del sistema, programas y otros dispositivos.

En la bibliografía consultada los autores coinciden en que existen tres modelos primarios para el control de acceso, de los cuales son implementadas distintas variantes [40, 41]:

Control de acceso obligatorio: los controles de acceso obligatorio (Mandatory Access Control), MAC por sus siglas en inglés son aquellos en los que el sistema implementa reglas (políticas) ajenas a la discreción de los administradores, para definir quién puede acceder a qué objetos.

Control de acceso discrecional: el control de acceso discrecional se define generalmente en oposición al control de acceso mandatorio (MAC). Es una política de acceso determinada por el desarrollador del recurso. El desarrollador decide quiénes y cuáles privilegios tienen sobre el recurso. De esta forma los recursos están asignados a un administrador, este administrador puede asignar permisos ya sea a un usuario o grupos de usuarios para cada recurso.

Control de acceso basado en roles: es uno de los esquemas más comunes en sistemas informáticos, también conocido como RBAC por sus siglas en inglés (Role Based Access Control). Los roles son funciones concretas que realiza un usuario dentro del sistema. A cada usuario se le asigna un rol y cada rol tiene permisos específicos sobre las funcionalidades. RBAC está basado en el principio de acceso con el menor privilegio: a un rol sólo se le concede los mínimos privilegios requeridos por un individuo para realizar su trabajo. La Figura 2 muestra el principio de funcionamiento del modelo RBAC.

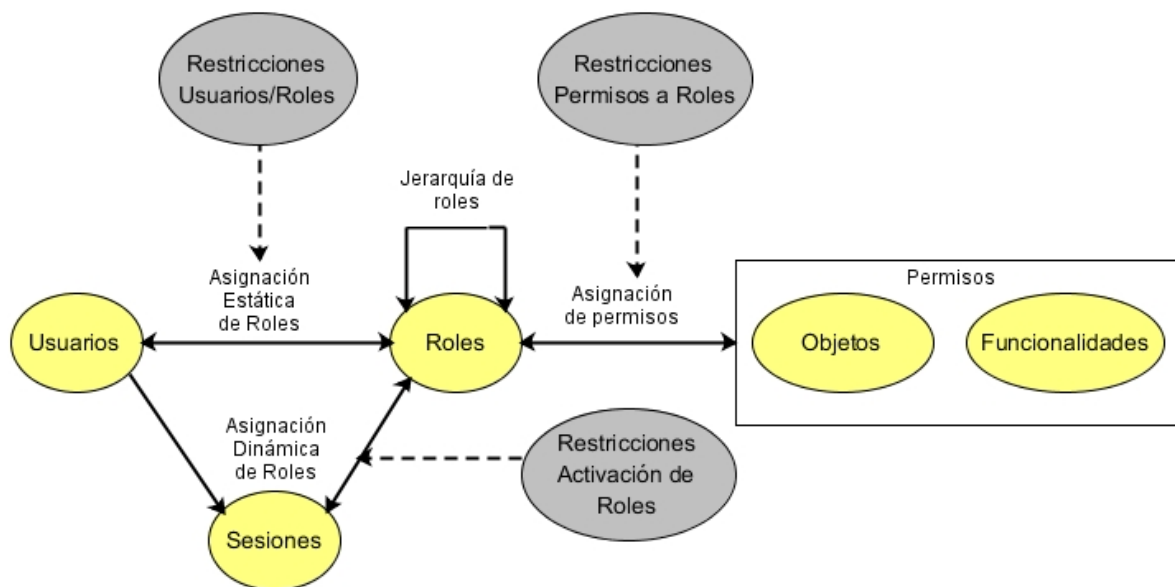


Figura 2: Control de acceso basado en roles.

1.3.2 Control de acceso en prácticas de laboratorio

Los SLR implementan la arquitectura Cliente Servidor que facilita el acceso de cualquier puesto de trabajo a las prácticas de laboratorios y se garantiza el consumo mínimo de recursos informáticos. En la arquitectura Cliente Servidor la capacidad de procesamiento está distribuida entre los clientes y los servidores, se garantiza la centralización de la gestión de la información y la separación de responsabilidades, lo que facilita y clarifica el diseño de los sistemas.

En la arquitectura mencionada los datos y la lógica de negocio conviven ambas en el servidor y en el cliente solo se muestra la interfaz visual para intercambiar con el sistema lo que garantiza que los recursos de hardware requeridos para los clientes sean mínimos. De esta manera el mantenimiento del sistema y la actualización en los clientes se realiza en el servidor. Cualquier funcionalidad cambiada en el servidor ya sea a nivel de negocio o de datos, se actualiza automáticamente en el cliente sin tener que realizar actualizaciones independientes.

Cuando es realizada una práctica de laboratorio, el estudiante accede a una estación de trabajo que posteriormente será usada por otros estudiantes. Con esta arquitectura se garantiza que en la aplicación cliente no se almacene la información sobre el estado de la práctica y los datos adquiridos durante su realización. Las informaciones se almacenan en el servidor que se utilice para realizar el laboratorio. De ese modo es posible incluso, que un estudiante interrumpa la realización de una práctica y la continúe en el punto donde la dejó en una estación distinta.

Los SLR implementan el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (MVC), el cual define un diseño por componentes basado en capas que permiten un mayor nivel de

desacoplamiento, reutilización, independencia y facilidad de mantenimiento posible. El patrón MVC propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador, es decir, por un lado define componentes para la representación de la información y por otro lado para la interacción del usuario.

En el patrón MVC, el modelo es la representación específica de la información con la cual el sistema opera. La lógica de datos asegura la integridad de estos y permite derivar nuevos datos; por ejemplo, se operan las reglas de negocio y datos asociados al SLR, incluyendo el procesamiento de los datos de entrada y de salida.

Por su parte la vista es la capa de la aplicación que ve el usuario y que le permite interactuar con el dispositivo físico a través del envío de parámetros. La vista recibe datos del modelo y los muestra al usuario. Es la interfaz gráfica que permite interactuar con el modelo propuesto.

El controlador es la capa que controla las operaciones que realiza la herramienta computacional. Responde a las acciones del usuario e invoca cambios en el modelo y probablemente en la vista. Está compuesto por acciones que se representan con funciones en una clase e interpreta las acciones realizadas en la vista por el usuario para informar al modelo y/o a la vista para que realicen el cambio de acuerdo al requerimiento.

Los SLR basan su funcionamiento en una arquitectura Cliente Servidor, implementan el patrón arquitectónico MVC y establecen el acceso a las prácticas de laboratorios con el empleo de un modelo de control de acceso basado en roles. Sobre la base arquitectónica mencionada, diversas han sido las aplicaciones como mecanismos de control implementados en los SLR, por ejemplo:

- Funcionalidades por roles: el grupo de usuarios del SLR acceden a los distintos recursos de la plataforma a partir de la asignación de un rol específico (estudiante, profesor, administrador, entre otros).
- Funcionalidades por tiempo: el grupo de usuarios del SLR puede acceder a los recursos de la plataforma a partir de la planificación de un tiempo disponible que es configurado por el profesor o administrador del sistema.

Para el contexto de la presente investigación los mecanismos empleados no garantizan un control de acceso que restrinja a los estudiantes que no posean las habilidades necesarias para el desarrollo de las prácticas de laboratorios. Los mecanismos de control de acceso empleados en los SLR no incorporan técnicas basados en el conocimiento de los estudiantes. En este sentido se considera oportuno la implementación de técnicas de inteligencia artificial que combinadas con el modelo de control de acceso basado en roles garanticen la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios.

1.4 Métodos de evaluación y decisión

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [42, 43]. Incluye además el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad clave en todo tipo de organización. El proceso decisional se compone de cuatro etapas fundamentales [44]:

1. Diagnóstico: consiste en detectar cuál es el problema o conjunto de problemas que afectan el proceso.
2. Diseño: permite modelar las diferentes alternativas mediante las cuales, a priori, es posible solucionar el problema diagnosticado. Deben cumplirse tres principios:

- Exclusividad, donde una estrategia supone el rechazo de las demás.
- Exhaustividad, se deben incluir todas las posibles formas de actuación.
- Viabilidad, deben ser viable desde el punto de vista técnico, operativo, financiero, entre otras.

3. Elección: fase en la cual es seleccionada la mejor estrategia o alternativa del conjunto.

4. Revisión: se desarrolla un análisis sobre el grado en el que la estrategia seleccionada y ejecutada ha conseguido resolver el problema.

Los problemas de toma de decisiones pueden ser clasificados según el ambiente de decisión como problema de toma de decisiones en ambiente de certidumbre, ambiente de incertidumbre y ambiente de riesgo [45]. En la Figura 3 se muestra un esquema del proceso de toma de decisiones propuesto por Clemen [46].

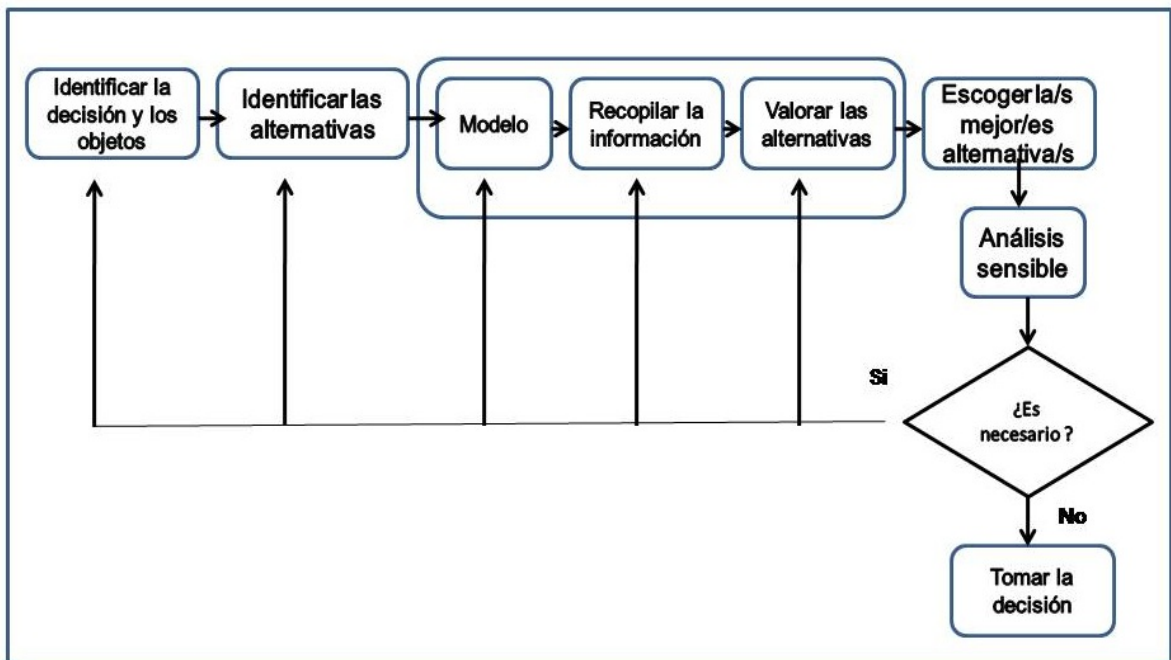


Figura 3: Proceso de toma de decisiones.

En un problema de toma de decisiones en ambiente de certidumbre se conocen con precisión los elementos que intervienen en el problema, donde es posible asignar un valor exacto de utilidad a la alternativa involucrada. Sin embargo, para un problema de toma de decisiones en ambiente de incertidumbre no se cuenta con la información necesaria o esta es imprecisa, se asocia a criterios subjetivos del problema que se analiza. El resultado de la inferencia está condicionado por el método y configuración utilizados, considerado como un problema complejo de decisión.

Para un problema de toma de decisiones en ambiente de riesgo, uno o varios elementos del proceso están sujetos al azar. Para dicha clasificación la resolución del problema de toma de decisiones se basa en la teoría de la probabilidad donde se les asignan probabilidades a las alternativas.

Cuando un problema de toma de decisiones cumple que el número de criterios $C = \{C_1, \dots, C_m\}$, $m \geq 2$, se corresponde a un problema de toma de decisiones multicriterios. En el proceso de decisión se posee un grupo de criterios que es valorado para inferir determinado comportamiento sobre las alternativas [47, 48].

Si en el proceso de decisión intervienen un grupo de expertos tal que $E = \{E_1, \dots, E_n\}$, $n \geq 2$, se considera un problema de toma de decisiones en grupo o multiexpertos [45, 49]. A partir del análisis antes expuesto, se puede establecer que el problema de toma de decisiones abordado en el dominio de la presente investigación se clasifica como problemas de toma de decisiones en ambiente de incertidumbre multicriterio multiexperto.

Entre los diferentes criterios para la toma de decisiones, se destacan como criterios clásicos los siguientes:

1. Criterio optimista: representa el estado de la naturaleza más favorable, es conocido como máximo. Su formulación se representa en la ecuación 1:

$$Decisión = Max\{E_i\} = Max[Max\{a_j\}] \quad (1)$$

2. Criterio pesimista o de Wald: propuesto por Wald en 1950 [50], representa el estado de la naturaleza más desfavorable seleccionada para cada alternativa. Este método se conoce comúnmente como maximin. Su formulación se representa en la ecuación 2:

$$Decisión = Max\{E_i\} = Max[Min\{a_j\}] \quad (2)$$

3. Criterio de Hurwicz: propuesto por Hurwics en 1951 [51], se considera como una combinación entre el criterio optimista y el criterio pesimista. Consiste en ponderar un coeficiente de optimismo y otro de pesimismo al mejor y peor caso respectivamente, se suman los dos valores y se escoge aquella alternativa que proporcione un mayor resultado. Su formulación se representa en la ecuación 3:

$$Decisión = Max\{E_i\} = Max[\alpha Max\{a_i\} + (1 - \alpha) Min\{a_i\}] \quad (3)$$

Donde: $\alpha + (1 - \alpha) = 1$

Se demuestra un criterio optimista si $\alpha = 1$ tal como refiere la ecuación 4:

$$Decisión = Max[1 * Max\{a_j\} + 0 * Min\{a_j\}] = Max[Max\{a_j\}] \quad (4)$$

Se asume un criterio pesimista Si $\alpha = 0$ tal como refiere la ecuación 5:

$$Decisión = Max[0 * Max\{a_j\} + 1 * Min\{a_j\}] = Max[Min\{a_j\}] \quad (5)$$

4. El criterio de Laplace: propuesto por Laplace en 1825 [52], está basado en un principio de razón insuficiente que implica asociar un mismo grado de probabilidad a los distintos

estados de la naturaleza, siempre y cuando no se tenga lo contrario. Su formulación se representa en la ecuación 6:

$$Decisión = Max = \{E_i\} Max = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n [j = 1a_j] \quad (6)$$

5. El criterio de Savage: propuesto por Savage en 1951 [53], considera que para cada estado de la naturaleza existe una estrategia optimista. A partir de aquí, al resto de las estrategias se les asigna un valor de coste de oportunidad en relación al coste de oportunidad óptimo. Una vez establecidos todos los costes de oportunidad, es escogido el mayor coste de oportunidad para cada alternativa. La decisión consistirá en escoger el menor coste de oportunidad de entre los mayores escogidos para cada alternativa. Es decir, una vez que se ha establecido la matriz de costes de oportunidad, consiste en hacer un criterio pesimista de costes que comúnmente se conoce como mínimas. Su formulación es representada por la ecuación 7:

$$Decisión = Min\{E_i\} = Min[Max\{S_i\}] \quad (7)$$

Donde: $S_i = Max\{a_i\} - a_i$

1.4.1 Modelos causales para representar el conocimiento

En procesos de toma de decisiones representar la causalidad permite modelar la causa o efecto de un determinado evento. Existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal se puede representar por un grafo [54] tal como representa la Figura 4.

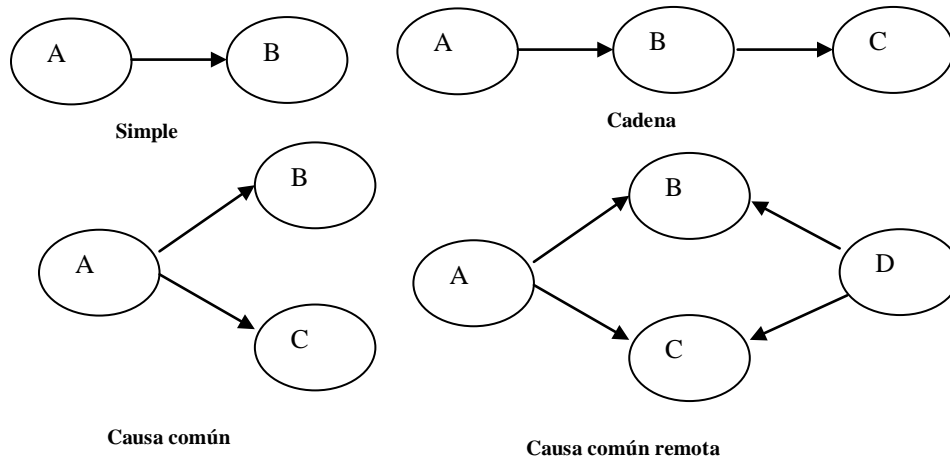


Figura 4: Ejemplo de grafos causales.

La causalidad puede ser expresada mediante tres condiciones [55]:

- El concepto A puede implicar positivamente el concepto B de modo que, si A incrementa, B incrementa según el nivel de implicación entre los conceptos.
- El concepto A puede implicar negativamente el concepto B de modo que, si A disminuye, B disminuye según el nivel de implicación entre los conceptos.
- El concepto A no posee implicación sobre el concepto B de modo que las variaciones de A no poseen implicación en B .

La causalidad se expresa mediante una relación precisa, en la vida cotidiana las personas son capaces a partir de su conocimiento empírico de elaborar representaciones mentales de fenómenos reales. La fiabilidad de la inferencia estaría condicionada por el nivel de experticia para interpretar la realidad, por lo tanto, si se modela correctamente la causalidad de un determinado concepto, es posible predecir su efecto.

Para representar la causalidad desde el punto de vista computacional, es necesaria la utilización de técnicas de Soft Computing. La literatura científica recoge fundamentalmente dos técnicas: las Redes Bayesianas y los Mapas Cognitivos Difusos. Para el contexto de la

presente investigación no se considera la utilización de las Redes Bayesianas producto que presentan las siguientes deficiencias [56]:

- Presenta limitaciones en un proceso de toma de decisiones para la obtención de las Redes Bayesianas a partir de expertos.
- Dificultad para determinar la probabilidad de ocurrencia en diversos eventos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que los Mapas Cognitivos Difusos representan la solución óptima para dar respuesta a la problemática planteada.

1.4.2 Los Mapas Cognitivos Difusos para la toma de decisiones

Los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) son una técnica que permite representar las relaciones causales de diferentes conceptos [57], propuesta por Kosko como una extensión de los modelos causales empleando valores difusos en un intervalo de $[-1,1]$ [58]. Los MCD se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [59, 60].

Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos tal como refiere la Figura 5 [61].

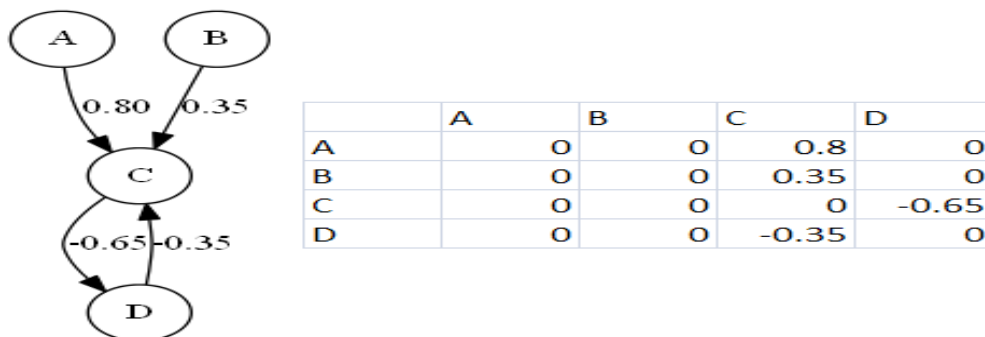


Figura 5: Mapa Cognitivo Difuso y su correspondiente matriz de adyacencia.

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [62]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i .
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i .
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i .

Para realizar el proceso de simulación del escenario, los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calcula de acuerdo a la ecuación 8 de la siguiente manera [63]:

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{j=1; j \neq i}^n A_j^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (8)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso $k+1$ de la simulación,

$A_j^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji} : es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y $f(x)$ es la función de activación [64].

Existen tres enfoques fundamentales para el aprendizaje en MCD [65]: la obtención de la matriz de pesos a partir de datos históricos, la adaptación de la relación causa-efecto sobre la base de la intervención de los expertos, y la obtención de los pesos de la matriz combinando la opinión de los expertos y los datos.

1.4.3 Agregación de información

La agregación de información es un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [66].

Un operador de agregación de información se puede definir como una función matemática que permite calcular el conjunto intersección como $Z_{a \cap b} = T(Z_a(x), Z_b(x))$ y el conjunto unión $Z_{a \cup b} = S(Z_a(x), Z_b(x))$, a las funciones T y S se le conoce como T-norma y T-conorma respectivamente [67].

Definición 1.1: Operador T-norma. Un operador $T: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $T(x, y) = T(y, x)$.
2. Asociativa $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), z)$.
3. Monótono creciente $T(x, y) > T(x', y')$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$.
4. Elemento neutro $T(x, 1) = x$.

Definición 1.2: Operador T-conorma. Un operador $S: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-conorma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $S(x, y) = S(y, x)$.
2. Asociativa $S(x, S(y, z)) = S(S(x, y), z)$.
3. Monótono creciente $S(x, y) > T(x, y)$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$.
4. Elemento neutro $S(x, 1) = x$.

Si T es una T-norma se debe cumplir la igualdad $S(a, b) = 1 - T(1 - a, 1 - b)$, es por ello que se puede decir que S deriva a T .

Los operadores de agregación de información OWA por sus siglas en inglés (Ordered Weighted Averaging) suma ponderada ordenada, permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado. El proceso de agregación se enmarca dentro de un límite determinado por un mínimo y un máximo.

Los operadores OWA presentan como característica el proceso de reordenamiento que asocia los argumentos que presentan el estado de la naturaleza ponderada. Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 9:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = W^t B \quad (9)$$

Donde:

W : es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B : es el vector agregado ordenado, donde el j -ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j -ésimo más grande de los a_i .

1.5 Conclusiones del capítulo

El estudio de la literatura científica, constató que los SLR utilizan el modelo control de acceso basado en roles, presentándose como insuficiencia que no se ha abordado el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir de las habilidades de los usuarios.

La representación del conocimiento causal con la utilización de técnicas de Inteligencia Artificial, favorece el control de acceso a partir del diagnóstico de las habilidades de los usuarios que realizan prácticas de laboratorios.

**CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN DEL MODELO Y LA HERRAMIENTA
COMPUTACIONAL PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL CONTROL
DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE
CONTROL II**

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN DEL MODELO Y LA HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE EL CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE CONTROL II

2.1 Introducción

En el presente capítulo se describe el modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II, fundamentándose el objetivo, principios y cualidades que guían su utilización. Se describe el flujo de trabajo y son presentados los componentes y sus actividades, así como la descripción de la herramienta computacional SLR que soporta el modelo.

2.2 Formalización del modelo de toma de decisiones para el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II

Cuando se presenta un conjunto de prácticas de laboratorios que pueden ser desarrolladas por un grupo de estudiantes, los que a su vez requieren de un conjunto de habilidades para poder realizarlas, es necesario: clasificar si los estudiantes pueden realizar o no las prácticas apoyados en su base de conocimientos lo que representa la base de inferencia para el control de acceso a las prácticas de laboratorios. Por ello, la clasificación en la literatura se trata como un problema de toma de decisión bajo incertidumbre [48].

Diversos autores [7, 48, 68], han propuesto soluciones prácticas basadas en diferentes métodos para la toma de decisiones. Sin embargo, al aplicar estos métodos en problemas reales existen elementos que no han sido suficientemente abordados como es: la personalización de soluciones que modele la interdependencia de los criterios en sus relaciones causales como base de inferencia sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de habilidades. Surge entonces como necesidad la

aplicación de un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II a partir del diagnóstico de habilidades.

El modelo, implementa un método de toma de decisiones para la clasificación de alternativas basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La formalización del problema de toma de decisiones se representa como:

Un grupo de personas o alternativas que pueden realizar las prácticas de laboratorios donde $A = \{A_1, \dots, A_m\}$, $m > 0$, $m \in \mathbb{N}$, se desean diagnosticar a partir de un conjunto de requisitos o habilidades $H = \{H_1, \dots, H_r\}$ si son cumplidos para acceder a las prácticas solicitadas.

El diagnóstico de habilidades (DH), se define como la tupla $\{A, ME\}$, donde:

- A es el conjunto no nulo de personas que pueden realizar las prácticas.
- ME representa el método de agregación y clasificación a utilizar para el diagnóstico, $\forall \rightarrow A_i \in A, 1 \leq i \leq m$.

Para el conjunto de alternativas que tiene como condición necesaria que su valor no sea nulo $A_i \rightarrow \exists, 1 \leq i \leq m$ y su dominio de valores sea finito $i \neq \infty$. Se puede expresar mediante la ecuación 10.

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}, m \geq 1, m \in \mathbb{N}, m \neq \infty \quad (10)$$

El modelo de inferencia para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de Ingeniería de Control II se basa en la representación de las relaciones causales de los conceptos asociados a las habilidades. Se define como causalidad a la interacción que involucra un conjunto de elementos (las entradas o causas) afectando el futuro de otro (las salidas o efectos) [69, 70]. El conocimiento de las habilidades se puede representar como grafos dirigidos denominados grafos causales $ME = \{G(M)\}$ [71].

2.3 Estructura, cualidades y principios del modelo

El modelo propuesto posee estructura, cualidades y principios que rigen el proceso de toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios.

Se define como **objetivo del presente modelo**: inferir el control de acceso a las prácticas de Ingeniería de Control II a partir del diagnóstico de las habilidades de los estudiantes mediante la utilización de MCD.

El modelo posee una **estructura** abierta y colaborativa evidenciada mediante la generación e intercambio de información. A partir de las informaciones de entrada se conforman los modelos mentales que representan las relaciones causales de los diferentes conceptos que intervienen en el diagnóstico de habilidades. Como resultado se obtiene una representación del conocimiento expresado por los expertos en forma de MCD. El modelo se ha diseñado mediante seis **componentes** como parte de su estructura fundamental (Selección de las habilidades, Obtención y agregación de MCD, Realización de análisis estático, Diagnóstico y determinación del control de acceso, Generación de recomendaciones y la Ingeniería de Control), a través de cuyo funcionamiento se garantiza su flujo de trabajo.

Las **cualidades** que distinguen al modelo son:

- **Integración**: el modelo garantiza la interconexión de sus componentes en combinación para el diagnóstico de habilidades, control de acceso y sistema de recomendaciones. Se implementa una herramienta computacional como soporte tecnológico de la solución.
- **Flexibilidad**: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre en las relaciones causales que incluyen la obtención de los modelos mentales. Se adapta a un ambiente

bajo incertidumbre manteniendo un comportamiento coherente ante cada entrada de información.

- Interdependencia: el modelo toma como punto de partida los datos de entrada obtenidos del modo de actuación de los estudiantes que interactúan con el SLR. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el registro del estudiante que realiza las prácticas de laboratorios.

El modelo se sustenta en los siguientes **principios**:

- Integración del conocimiento causal mediante MCD para el diagnóstico de habilidades en la inferencia del control de acceso.
- Identificación mediante el equipo de expertos de las relaciones causales.
- Orientación de la información hacia las necesidades de capacitación.
- Definición de una herramienta computacional como marco de trabajo para la integración y soporte de los componentes del modelo.

El modelo propuesto está orientado a soportar el flujo de trabajo para el control de acceso a las prácticas de laboratorios mediante el diagnóstico de habilidades. El funcionamiento general se describe mediante cuatro etapas: entrada de información, almacenamiento de información, procesamiento de información y salida de información. A partir de las entradas del modelo, se realiza el almacenamiento de la información para su posterior procesamiento. Se obtiene como resultado la salida de información.

La entrada de información constituye el proceso mediante el cual el modelo toma los datos que requiere para almacenar y procesar las funcionalidades necesarias. Las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan de forma directa por un usuario como: las habilidades, la gestión de las relaciones causales

introducidas por los expertos, las respuestas a los cuestionarios elaborados para diagnosticar las habilidades, entre otras; mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otras actividades o componentes como los pesos atribuidos a una habilidad.

El almacenamiento de información es la capacidad más importante que garantiza el modelo, ya que a través de esta propiedad se genera información que representa una base de conocimiento. Los datos derivados del proceso de entrada de información son usados para el procesamiento de la información.

El procesamiento de información es la capacidad del modelo para efectuar cálculos de acuerdo a una secuencia de operaciones preestablecida. Esta característica permite la transformación de datos en información organizada, siendo posible determinar el umbral de las habilidades de una persona, inferir si el estudiante está capacitado para realizar una práctica de laboratorios o determinar sus necesidades de capacitación.

La salida de información es la capacidad para retroalimentar a las personas que intervienen en el modelo acerca de los resultados obtenidos. Para el modelo propuesto, existe una herramienta computacional que soporta su flujo de trabajo.

2.4 Descripción del flujo de trabajo del modelo

El modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios integra en su estructura los seis componentes que lo conforman. La Figura 6 presenta un esquema general del modelo propuesto.



Figura 6: Esquema general del funcionamiento del modelo.

El modelo se fundamenta en las relaciones de preferencia lingüística [72], el comportamiento del razonamiento [73] y la gestión de las relaciones causales [74] a partir de la selección de las habilidades. Para el modelado se utilizó como referencia la retroalimentación causal de grafos difusos [75], basado en un enfoque multicriterio multiexperto [47], representado mediante MCD [76]. Como resultado se obtuvo el modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de habilidades basado en sus componentes [77, 78, 79]. Para cada componente se realiza una descripción textual fundamentándose el modelo matemático que sustenta el proceso de toma de decisiones.

2.4.1 Componente: Selección de las habilidades

El componente para selección de las habilidades se define como la tupla $\{E, H\}$, donde:

- E representa el conjunto no nulo de expertos que intervienen en el proceso para seleccionar las habilidades.

- H representa el conjunto de requisitos o habilidades a identificar del Plan de Estudio y la consulta a expertos.

Para el conjunto de expertos que intervienen en la identificación de habilidades y sus relaciones causales, se debe cumplir como condición necesaria, que el dominio de valores que representa a los expertos no sea nulo. Diferentes autores han teorizado sobre el número óptimo de expertos a utilizar en procesos de este tipo [80, 81]. Partiendo de ello se asume como umbral que el dominio de los expertos $E_i \rightarrow \exists, 7 \leq i \leq 15$ y se expresa mediante la ecuación 11:

$$E_i = \{Hp_1, Hp_2, \dots, Hp_r\}, r \geq 1, r \in \mathbb{N}, r \neq \infty \quad (11)$$

Para la selección de las habilidades se utilizó el método Delphi, mediante el cual se obtuvo el conocimiento de los expertos en condiciones de anonimato, garantizándose una dispersión geográfica de los participantes [82]. Para aplicar el método Delphi es necesaria la identificación de los expertos en el área del conocimiento de la Automática y Sistemas Computacionales. Para ello se consideraron los siguientes criterios:

- Que los candidatos ostenten las categorías docentes principales de Profesor Auxiliar o Profesor Titular.
- Que los candidatos posean más de cinco años de experiencia como profesor universitario vinculado a la Automática y Sistemas Computacionales.
- Que los candidatos posean experiencia de trabajo en procesos industriales.
- Que los candidatos tengan publicadas sus experiencias sobre Automática y Sistemas Computacionales.
- Que se garantice la participación de al menos dos instituciones nacionales.

Para la selección de los expertos, se revisó la síntesis curricular de los candidatos (ver anexo 2), seleccionándose nueve expertos. Las características de este grupo que avala la calidad de los mismos para la investigación: el 100% proviene del Sistema Educativo Cubano, el 100% son profesores Titulares y Auxiliares, el 66,6% ha trabajado en procesos industriales, el 100% ha publicado al menos cinco artículos sobre sus experiencias en Automática y Sistemas Computacionales.

Para la selección de las habilidades, se realizó un estudio como base inicial el Plan de Estudio D de la carrera Ingeniería en Automática, así como las experiencias de los profesores con la ayuda de expertos, a partir del método Delphi en su primera ronda. Los resultados obtenidos fueron sometidos al grupo focal exploratorio donde se enriqueció la propuesta. Como resultado, se obtuvo un grupo de habilidades y recomendaciones utilizadas para enriquecer la investigación.

Identificación de habilidades de la Ingeniería de Control II Delphi ronda 1

Como resultado del trabajo metodológico del colectivo de profesores de la disciplina de Sistemas de Control, se realizó un levantamiento a partir del Plan de Estudio que se tomó como punto de partida. Posteriormente, se realizó la primera ronda de consulta con los expertos para adaptar la propuesta inicial al contexto nacional.

La encuesta aplicada fue abierta en su primera ronda para seleccionar los criterios de los expertos a incorporar. Los resultados del procesamiento de las encuestas a expertos son tabulados en el anexo 3. Al realizar una comparación con los resultados, se observa la correspondencia entre la votación de los expertos y la propuesta antes identificada.

El grupo de habilidades seleccionadas una vez concluida la primera ronda de Delphi, obtuvo un nivel de conformidad superior al 66,66%. De esta manera se asumen las habilidades como parámetros aceptados de entrada al modelo.

Grupo focal exploratorio

El grupo focal exploratorio se realizó con el objetivo de validar las habilidades seleccionadas en la consulta a expertos y proponer el conjunto de recomendaciones necesarias a partir de las habilidades seleccionadas. Para el desarrollo del grupo focal se conformó un equipo de cinco expertos y se realizaron dos sesiones de trabajo. En la primera sesión el moderador presentó las habilidades seleccionadas, así como las propuestas por los expertos. Durante la sesión se validaron las habilidades y realizaron propuestas de recomendaciones atribuidas a cada habilidad.

Como resultado del análisis de la segunda sesión, se llegó al consenso de los siguientes elementos (ver anexo 4):

- Mantener 10 de las 10 habilidades seleccionadas en el proceso.

Del análisis antes realizado se pudieron definir las habilidades a utilizar como entradas del modelo. Dichas entradas permiten establecer las relaciones causales objeto de estudio para clasificar las diferentes alternativas en función del control de acceso a las prácticas de laboratorios. De igual manera se determinaron recomendaciones que permiten orientar a las diferentes alternativas hacia el crecimiento profesional.

2.4.2 Componente: Obtención y agregación de Mapas Cognitivos Difusos

Este componente presenta como objetivo la representación del conocimiento causal expresado por los expertos sobre el conjunto de habilidades. La Figura 7 muestra el flujo de trabajo para la obtención del modelo causal.

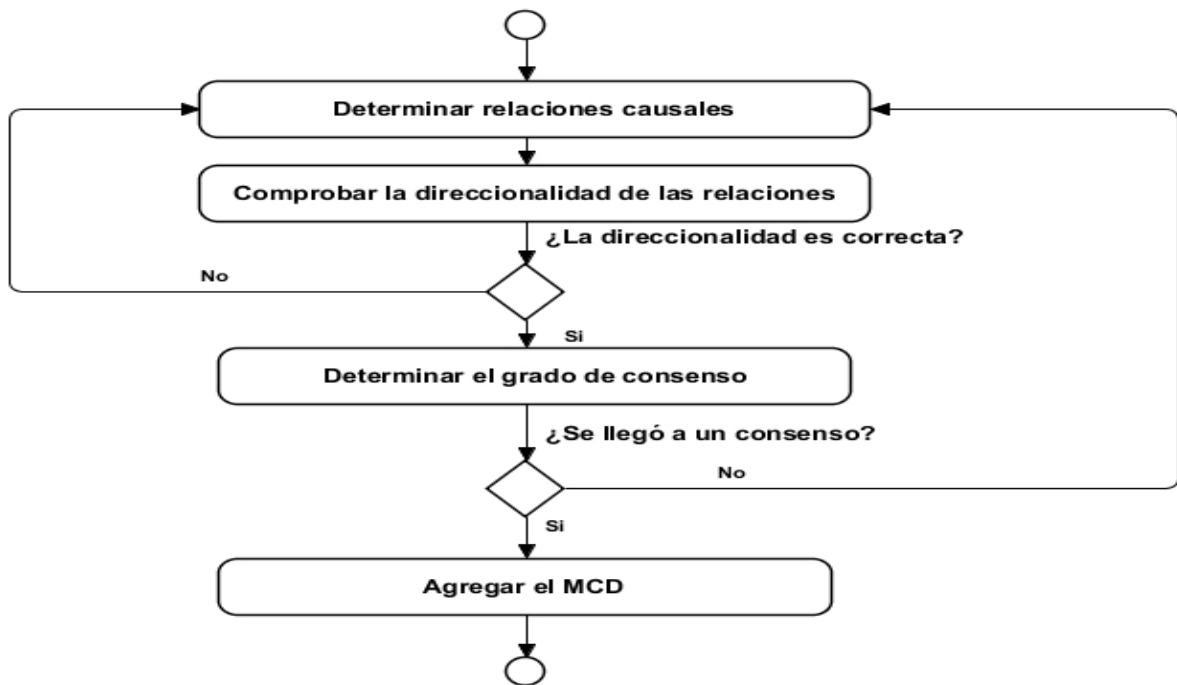


Figura 7: Flujo de trabajo para la obtención del modelo causal.

Flujo de trabajo para la obtención del modelo causal:

1. Determinar las relaciones causales: a partir de la valoración emitida por los expertos sobre los diferentes conceptos se establecen las relaciones causales determinando la influencia causal. La influencia puede ser representada positiva o negativamente, así como el peso de las relaciones para lo cual se utiliza el método 2-tuplas lingüísticas en la representación propuesta por Pérez [83].
2. Comprobar la direccionalidad de las relaciones: la comprobación de la direccionalidad en las relaciones, permite a partir de las valoraciones emitidas por los expertos, determinar si un experto no insertó correctamente la dirección de las relaciones causales.
3. Determinar el grado de consenso: el grado de consenso es el paso previo a la agregación de los modelos mentales. Permite conocer si existe consenso para las relaciones causales propuestas entre el grupo de expertos.

4. Agregar los MCD: la agregación permite, una vez obtenido el consenso entre los expertos, agregar los modelos causales individuales propuestos en una única representación. La representación agregada constituye la idealización del conocimiento expresado en las relaciones causales de todos los expertos que intervinieron.

Para expresar las relaciones causales se utiliza el enfoque lingüístico difuso con 2-tuplas [72, 84]. Este enfoque facilita la forma de interactuar de los expertos para la representación del conocimiento causal.

Se puede formalizar la obtención de los MCD como un problema de toma de decisiones en grupo. El conjunto de expertos utiliza un contexto lingüístico para expresar la causalidad entre los diferentes conceptos tal que:

$$E_i = \{e_1, \dots, e_n\} \quad (12)$$

Donde E_i representa el dominio de expertos que intervienen. Se expresa el grupo de modelos mentales individuales mediante un conjunto de términos lingüísticos difusos S propuestos por Pérez en el 2014 [83] (ver Tabla 1).

$$S_i = \{s_0, \dots, s_k\} \quad (13)$$

Tabla 1: Conjunto de términos lingüísticos empleados.

Variable	Término lingüístico	Valor
S_0	Negativamente muy fuerte (NMF)	(-1,-1;-0,75)
S_1	Negativamente fuerte (NF)	(-1;-0,75;-0,50)
S_2	Negativamente media (NM)	(-0,75;-0.,0;-0,25)
S_3	Negativamente débil (ND)	(-0.50,-0.25, 0,0)
S_4	Cero (C)	(-0,25;0,0;0,25)
S_5	Positivamente débil (PD)	(0,0;0.25;0,50)
S_6	Positivamente media (PM)	(0,25;0,50;0,75)
S_7	Positivamente fuerte (PF)	(0,50;0,75;1)

S_8	Positivamente muy fuerte (PMF)	(0,75;1;1)
-------	--------------------------------	------------

Para expresar las correlaciones causales entre los conceptos que intervienen [70] y que representan la agrupación de las habilidades H , se define:

$$H = \{H_1, \dots, H_r\}, r \geq 1, r \in \mathbb{N}, r \neq \infty \quad (14)$$

El peso de las conexiones de los conceptos que van desde H_1 hasta el concepto H_r , expresado por los expertos E , se representa mediante 2-tuplas lingüísticas tal como expresa la ecuación 15 [85].

$$w_{ij}^E = (s_u, \alpha)_{ij}^E \quad (15)$$

Donde:

w_{ij} : representa el vector de correlación expresado por los expertos.

s_u : representa el valor del término lingüístico apuntados por u definidos en la tabla 1.

α : representa una traslación simbólica.

La comprobación de la direccionalidad de las relaciones consiste en validar si la relación causal expresada por el grupo de expertos E , desde E_1 hasta E_k , poseen el mismo sentido causal. Las relaciones causales expresadas por los expertos E_i sobre el concepto H_r respecto al concepto $H_r + 1$ tienen que poseer el mismo sentido de implicación. Si durante el proceso de comprobación de las direccionalidades se identifican inconsistencias en las relaciones expresadas por un experto E_i , con respecto al resto de los expertos E_n , se debe valorar la direccionalidad expresada por este.

Para determinar el grado de consenso en grupo se han realizado diversas investigaciones [83, 86]. En el contexto de la investigación se asume la propuesta presentada por Pérez [83].

El grado de consenso consiste en determinar para cada relación causal expresada por los expertos E_i su correspondiente valor de consenso expresado en β , el dominio de valores definidos para este intervalo está comprendido como: $\beta \in \mathbb{N}, 0 \leq \beta \leq 1$. El grado de consenso se expresa como β_{ij}^E , y es calculado mediante la ecuación 16 [87].

$$\beta_{ij}^E = \Delta^{-1}(s_u, \alpha)_{ij}^E = u \quad (16)$$

Siendo Δ^{-1} la función de transformación, por cada par de expertos $E_k, E_t, (k < t)$ se determina la matriz de similaridad $SIM_{kt} = (sim_{ij}^{kt})^{n \times n}$, $sim_{ij}^{kt} \in [0,1]$ calculada según la ecuación 17.

$$sim_{ij}^{kt} = 1 - \frac{|\beta_{ij}^k - \beta_{ij}^t|}{g} \quad (17)$$

La matriz de consenso $CM = (cm_{ij})^{n \times n}$, que representa la similaridad entre todas las relaciones causales dadas por los expertos y que contiene la información a partir de la cual se calcula el grado de consenso, es obtenida mediante la ecuación 18.

$$cm_{ij} = OAG_1(SIM_{ij}) \quad (18)$$

Donde:

OAG_1 : operador de agregación de $SIM_{ij} = \{sim_{ij}^{12}, \dots, sim_{ij}^{1m}, \dots, sim_{ij}^{(m-1)m}\}$ y representa la similaridad en las opiniones de los expertos con respecto a la relación causal existente entre (C_i, C_j) .

cm_{ij} : grado de consenso alcanzado por el grupo de expertos con respecto a la relación causal existente entre (C_i, C_j) .

El grado de consenso cn_i con respecto a la influencia que ejerce el nodo C_i (en caso de no permitirse la auto conexión) es calculado mediante la ecuación 19.

$$cn_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n cm_{ij}}{n - 1} \quad (19)$$

Finalmente el grado de consenso general se calcula empleando la ecuación 20.

$$cg = \frac{\sum_{i=1}^n cn_i}{n} \quad (20)$$

La agregación de los MCD consiste en la fusión del conocimiento causal expresado individualmente por los expertos para representar las relaciones entre los conceptos [88]. La agregación de conocimiento permite mejorar la fiabilidad del modelo final, al hacerlo menos susceptible a errores [89].

Durante la determinación de las relaciones causales se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que es representada a partir de los valores asignados a los arcos y se expresa como:

El proceso de agregación tiene lugar a partir del establecimiento de una función promedio de las matrices que representan el conocimiento causal de los expertos tal como muestra la expresión 21.

$$VA_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ij}}{E} \quad (21)$$

Donde:

VA_{ij} : representa el valor agregado.

E : cantidad de expertos que participan en el proceso.

W_{ij} : vector de correlación expresado por los expertos para los criterios H_{ij} .

Los valores agregados emitidos por los expertos agrupados mediante la matriz de adyacencia, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el MCD resultante [90].

2.4.3 Componente: Realización del análisis estático

El análisis estático permite extraer un conjunto de informaciones que presentan utilidad sobre las relaciones causales. A partir de este procesamiento es posible extraer conocimiento oculto hasta el momento. La Figura 8 muestra el flujo de trabajo definido para realizar el análisis estático.

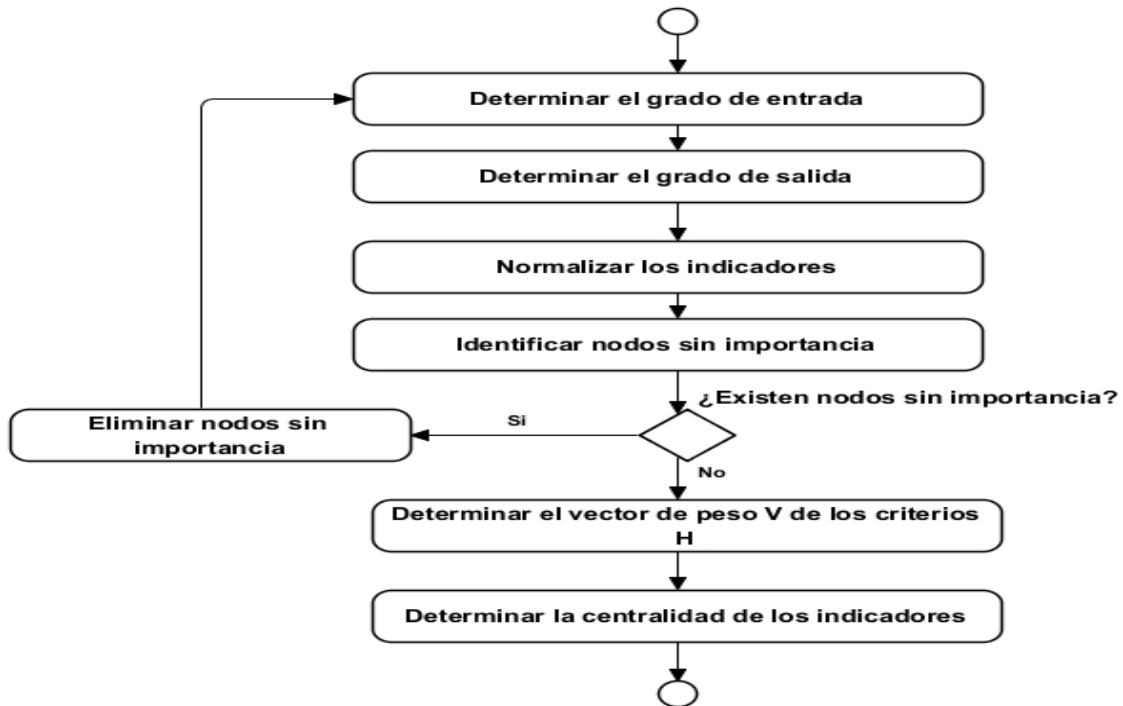


Figura 8: Flujo de trabajo para realizar el análisis estático.

Flujo de trabajo para realizar el análisis estático:

1. Determinar el grado de entrada: la actividad consiste en determinar el grupo de valores que representan la naturaleza de entrada. El grado de entrada es obtenido a partir del comportamiento reflejado en la matriz de adyacencia.
2. Determinar el grado de salida: representa la actividad que permite obtener los parámetros atribuidos a los pesos relativos del comportamiento de las habilidades.

3. Normalización de los indicadores: durante las actividades de obtención del grado de entrada y el grado de salida se obtienen los vectores $\epsilon \neq [0,1]$, la normalización de los indicadores consiste en representar los vectores correspondientes en una escala nominal de valores $\epsilon = [0,1]$.
4. Identificar nodos sin importancia: parte del ordenamiento de las habilidades, permite conocer si existe algún nodo con debilidad causal. Este paso representa la precondition para la actividad eliminar nodos sin importancia.
5. Eliminar nodos sin importancia: se realiza a partir del nivel de importancia determinado en la actividad anterior. Se compara con un determinado umbral utilizando métodos estadísticos y se determina si un nodo puede ser eliminado (si no afecta significativamente el conocimiento del MCD resultante del conocimiento de los expertos).
6. Determinar el vector de peso: a partir de la actividad de normalización se determina el vector de peso V atribuido a la importancia de las habilidades y es utilizado posteriormente en otros componentes del modelo.
7. Determinar la centralidad de los indicadores: permite determinar que tan fuertemente está relacionado un nodo con respecto a otro a partir de sus conexiones directas.

El grado de entrada (Id) representa un arreglo de valores que expresa una función de comparación de un indicador H_i respecto al resto de los indicadores H_j tal que H_j expresa el desplazamiento vertical sobre los elementos recorridos por j , se obtiene mediante la ecuación 22.

$$id_i = \sum_{j=1}^n \|H_{ji}\| \quad (22)$$

El grado de salida (od) representa un arreglo de valores que expresa una función de comparación de un indicador H_j respecto al resto de los indicadores H_i tal que H_i expresa el desplazamiento horizontal sobre los elementos recorridos por i , se obtiene mediante la ecuación 23.

$$od_i = \sum_{i=1}^n \|H_{ij}\| \quad (23)$$

La normalización de los indicadores tiene lugar a partir de que los valores obtenidos mediante Od_i, Id_i , representan vectores que no se encuentran en un dominio de valores discreto $\in \neq [0,1]$. La normalización es representada mediante un función promedio tal que $Od_i, Id_i \in \mathbb{R}, 0 \leq Od \leq 1$.

En la presente investigación el autor propone un algoritmo basado en métodos estadísticos a partir del coeficiente de Kendall para determinar la existencia de nodos sin importancia representados en la Figura 9.

Nombre: Algoritmo para determinar la existencia de nodos sin importancia.
 Entrada: Grado de salida Odn normalizado
 Salida: Existencia de indicadores sin importancia
 Los N indicadores sin importancia

Inicio

P1

1. Para cada indicador de grado de salida normalizado, ordenar descendientemente $Z(Odn_1, \dots, Odn_r) = \sum_{i=1}^r X_j$

P2

2. Se determina la desviación de la media S , obtenida de los Odn
3. Se determina el vector de concordancia de Kendall $W = \frac{S}{\frac{\sigma^2(Y^3 - Y)}{Y}}$
4. Se calcula el Chi cuadrado real $X^2 = O(Y - 1)W$
5. Se compara $Cmp = X^2_{real} < X^2(\alpha, c - 1)$

ENTONCES

Si Cmp es verdadero existe concordancia
 Ir a Fin

P3 SINO

6. Retorno P2

Eliminar Odn_{n-1}

Fin

Figura 9: Algoritmo para determinar nodos sin importancia.

Para indicar la existencia de nodos sin importancia se realiza el ordenamiento de los nodos donde se obtiene una función Z con el nivel de importancia ordenada de las habilidades.

$$Z(Odn_1, \dots, Odn_r) = \sum_{i=1}^r X_j \quad (24)$$

Donde:

Odn : representa el valor del grado de salida normalizado

X_j : es el j -ésimo más grande de los Odn

Utilizándose métodos estadísticos se determina la existencia de nodos sin importancia para ello se empleó el coeficiente de Kendall.

Sea:

- O el número de habilidades.
- Y el valor numérico que expresa el orden de la matriz de adyacencia agregada para representar el conocimiento ideal de los expertos que intervienen en el proceso.
- S la desviación de la media obtenida de los Odn , que posteriormente se eleva al cuadrado para obtener la dispersión.

Entonces:

$$W = \frac{S}{\frac{O^2(Y^3 - Y)}{Y}} \quad (25)$$

Donde:

W : representa el vector de concordancia de Kendall.

A partir del vector de concordancia de Kendall se calcula el *Chi* cuadrado real mediante la ecuación 26.

$$X^2 = O(Y - 1)W \quad (26)$$

Se compara el *Chi* cuadrado real calculado con el que se obtiene de la Tabla de Distribución *Chi* cuadrado. Se toma $1 - \alpha = 0,95$ donde $\alpha = 0,05$ es el error permisible.

Si se cumple que $X^2_{real} < X^2(\alpha, c - 1)$ puede decirse que no existen nodos sin importancia. Si existen nodos sin importancia, se extrae el último elemento y se repite el proceso para determinar la concordancia en los indicadores y se cuentan los elementos extraídos.

Después del proceso de normalización se alcanza el vector de peso V de los indicadores. El vector representa los valores absolutos atribuidos a las habilidades que son obtenidos a partir del grado de salida normalizado.

Una vez extraídos los parámetros obtenidos con el grado de salida Od y el grado de entrada Id , se determina la centralidad C de los indicadores [58].

$$C_i = od_i + id_i \quad (27)$$

A partir del análisis de centralidad C es posible determinar que tan fuertemente está relacionado un nodo con respecto a otro.

2.4.4 Componente: Diagnóstico y determinación del control de acceso a las prácticas de laboratorios

El diagnóstico y determinación del control de acceso, es el componente del modelo que interactúa directamente con los estudiantes o alternativas. La actividad consiste en determinar si la persona que está accediendo al SLR reacciona coherentemente a partir de la aplicación de un conjunto de cuestionarios de comprobación, estos cuestionarios se

encuentran diseñados para medir las habilidades de los estudiantes. La Figura 10 muestra el flujo de trabajo definido para el componente.

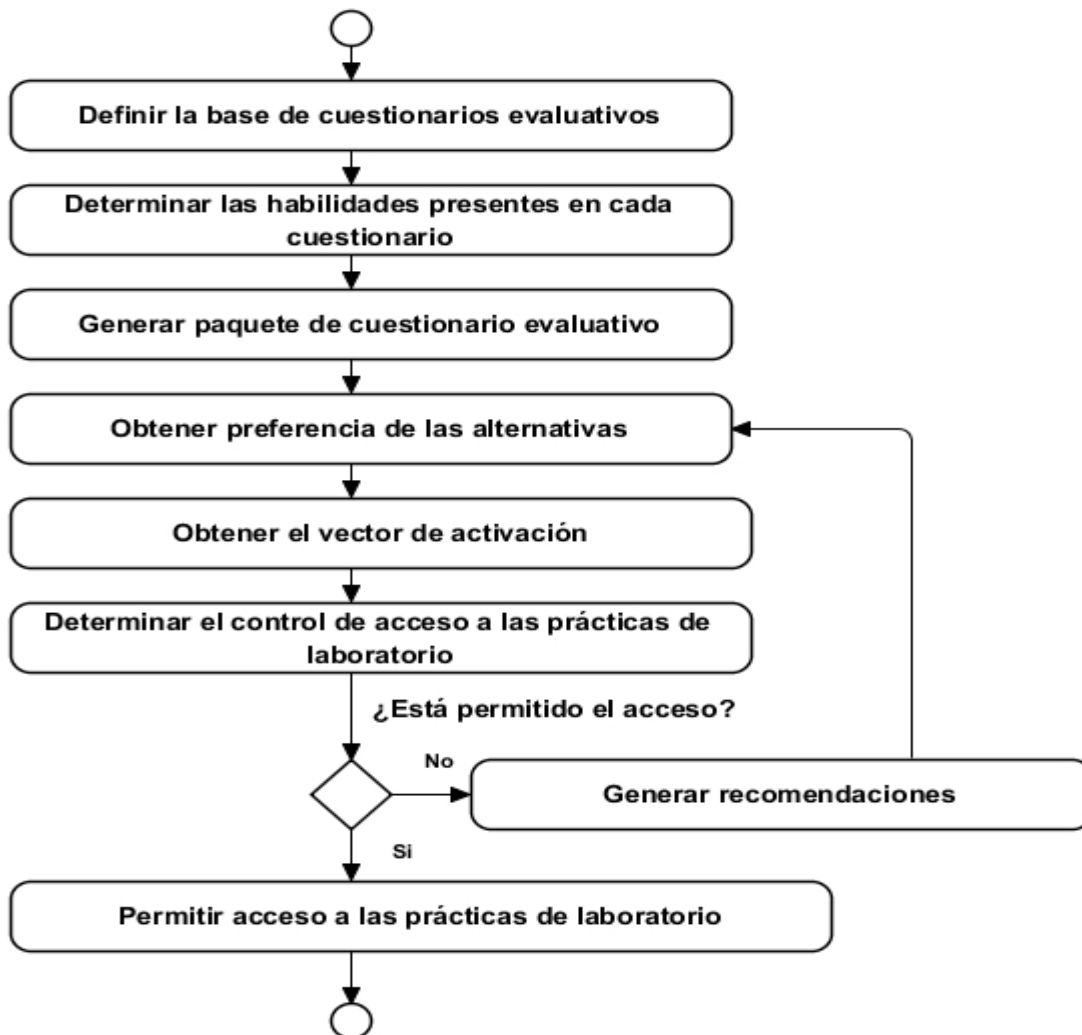


Figura 10: Flujo de trabajo diagnóstico y determinar el control de acceso.

El flujo de trabajo para diagnosticar y determinar el control de acceso a las prácticas de laboratorios cuenta con seis actividades:

1. Definir la base de cuestionarios evaluativos: la actividad consiste en la creación de un conjunto de cuestionarios evaluativos que contribuyan a la generación de una base evaluativa.

2. Determinar las habilidades presentes en cada cuestionario: a partir de la definición de los cuestionarios evaluativos, se determina para cada uno de ellos cuáles son las habilidades que están presentes en cada pregunta evaluativa.
3. Generar y asignar paquete de cuestionarios: la actividad consiste en generar una agrupación aleatoria de cuestionarios para ser evaluados, a partir de la base de cuestionarios existentes.
4. Obtener preferencias de las alternativas: la preferencia se obtiene a partir de evaluar las respuestas realizadas a las preguntas de los cuestionarios por los estudiantes.
5. Obtener el vector de activación inicial: la obtención del vector de activación es una actividad intermedia, esta representa un parámetro de entrada para el funcionamiento del modelo en la generación de recomendaciones.
6. Determinar el control de acceso a las prácticas de laboratorios: a partir del resultado de las preferencias obtenidas, se realiza un ordenamiento de las alternativas. Con la utilización de operadores para la agregación de información se determina si la alternativa está comprendida en el umbral permitido para realizar la práctica de laboratorio. En caso contrario se generan las recomendaciones necesarias y se le asigna un nuevo cuestionario evaluativo.

El flujo de trabajo para diagnosticar y determinar el control de acceso a las prácticas de laboratorios es soportado por el algoritmo propuesto tal como muestra la Figura 11. El algoritmo utiliza un enfoque multicriterio multiexperto, se basa en el empleo de operadores de agregación de información para ordenar y clasificar las diferentes alternativas.

Para la elaboración de la base de cuestionarios evaluativos se asume la clasificación propuesta por Cueto [91, 92], el cual plantea que un cuestionario puede tener baja o alta

implicación. Para el diagnóstico de habilidades la implicación en los resultados es alta, pues además de determinar el nivel de una alternativa respecto a las habilidades, define el acceso a prácticas de laboratorios.

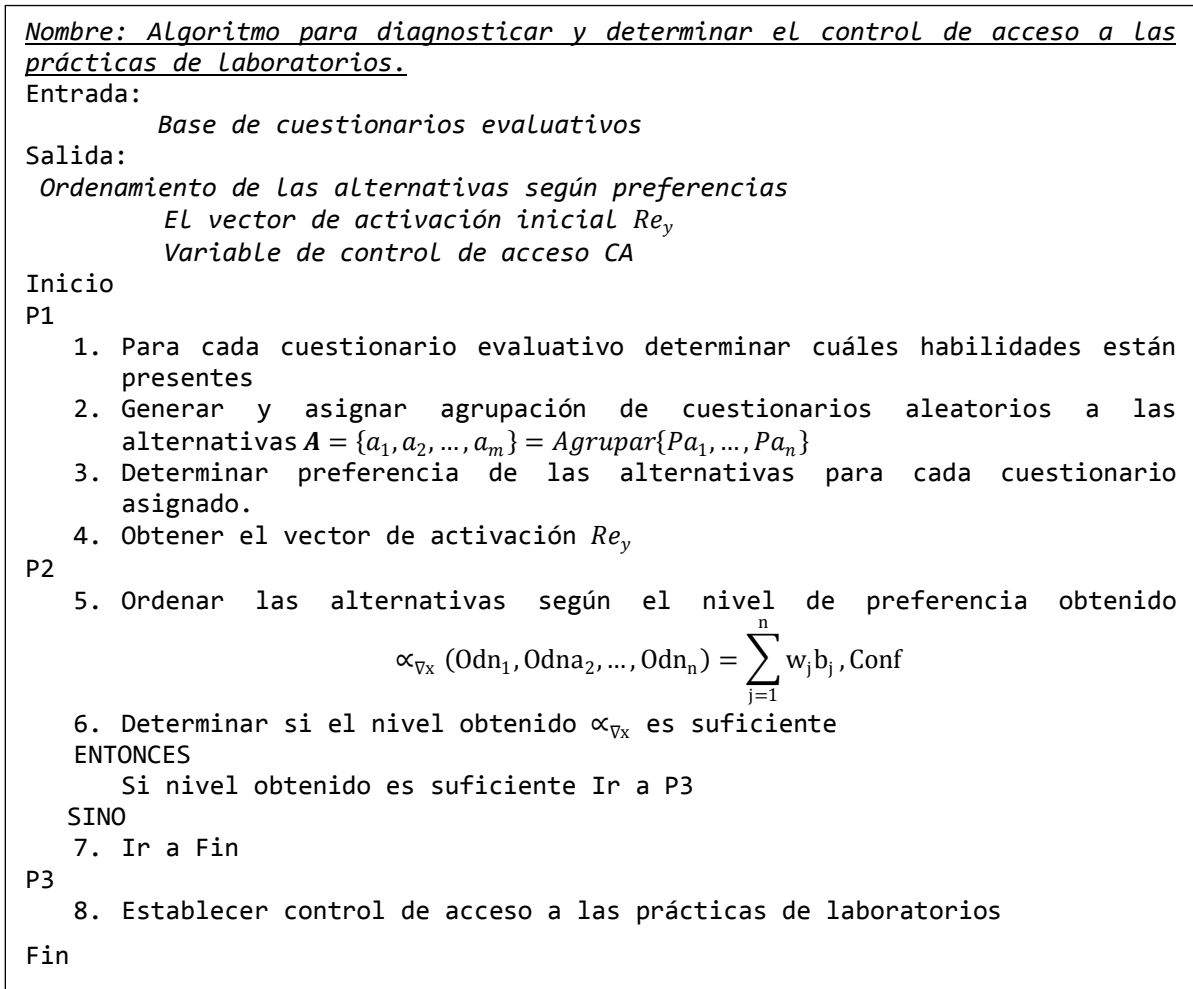


Figura 11: Algoritmo para diagnosticar y determinar el control de acceso.

El cuestionario evaluativo expresa una medida directa del aprendizaje acerca de qué ha aprendido y qué puede hacer un estudiante. Se propone la utilización de cuestionarios que expresen preguntas cerradas. La base de cuestionarios generada debe ser actualizada para evitar que puedan ser memorizadas las respuestas.

Para determinar las habilidades en cada cuestionario, en el proceso de elaboración de los mismos, son introducidas como parámetro de configuración del modelo. Se determinan las habilidades que debe conocer y aplicar un estudiante para el instrumento propuesto. El proceso de generar y asignar paquetes de cuestionarios, parte del conjunto de preguntas evaluativos que son agrupadas en los Ce según se expresa en la ecuación 28.

$$Ce = Ce_1, \dots, Ce_n \quad (28)$$

A partir de una función de generación de valores aleatorios se obtiene una agrupación de los cuestionarios, tal como muestra la ecuación 29.

$$Agrupar\{Pa_1, \dots, Pa_n\} = \sum_{i=1}^t Random Ce_j \quad (29)$$

Donde:

Agrupar: representa la función resultante de la agrupación de los cuestionarios.

Pa: almacena los cuestionarios generados por *Random Ce*

Random Ce: función de generación de valores aleatorios comprendidos entre 1 y el total de cuestionarios elaborados $Random \in \mathbb{N}, 1 \leq Random \leq n$.

Los *Pa* obtenidos son asignados al conjunto de alternativas que van solicitando realizar prácticas de laboratorios según la ecuación 30.

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\} = Agrupar\{Pa_1, \dots, Pa_n\} \quad (30)$$

La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene de las respuestas de los cuestionarios y se calcula mediante la ecuación 31.

$$A[Pa_x] = [Pre_y] \quad (31)$$

A una alternativa *A* se le hace corresponder un paquete de cuestionarios Pa_x que una vez respondido, devuelve un arreglo Pre_y con las preferencias sobre las habilidades.

$[Rre_y]$: arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de cuestionarios elaborados $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de Pre_y es utilizado como vector de activación que representa un parámetro de entrada para el funcionamiento del modelo en la simulación de escenarios.

Para el proceso de inferencia sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios se parte de la ecuación 32.

$$A[Pa_x] = [Pre_y, ME], \rightarrow \alpha \quad (32)$$

Donde:

α : representa el umbral sobre las habilidades.

ME : representa el método de agregación y clasificación a utilizar.

El método de clasificación para la inferencia sobre el control de acceso utiliza los Rre_y resultantes del diagnóstico de habilidades. El procesamiento emplea operadores de agregación de información. Los operadores de agregación son funciones matemáticas utilizadas en procesos de toma de decisiones [93], combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único.

Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada [83] tal como se expresa en la definición:

Definición 2.1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V , con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado en la ecuación 33.

$$WA(a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n v_i a_i \quad (33)$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i .

Un operador de agregación de información (OWA por sus siglas en inglés), propuesto por Yager [94], permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión [95].

Definición 2.2. Un operador OWA es una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n con $w_j \in [0, 1]$ y $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, de forma tal que:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (34)$$

Donde b_j es el j -ésimo más grande de los a_j .

Cada familia de operadores es utilizada en diferentes contextos. Existen varias formulaciones de operadores de agregación que unifican los operadores WA y OWA combinando las ventajas de ambos [76, 96].

Para la presente investigación se empleó el operador Suma Ponderada Ordenada Ponderada Ordenada (OWAWA por sus siglas en inglés) debido a su elevada flexibilidad [97]. Además de unificar los operadores OWA y media aritmética WA, permite reflejar el grado en que se quiere considerar cada uno de ellos [98].

El autor extiende la definición del operador OWAWA para el trabajo con múltiples funciones de entrada $\Delta_x\text{-OWAWA}$:

Definición 2.3. Sea $Odn = (Odn_1, \dots, Odn_n)$ un vector de pesos de dimensión n de forma tal que $\sum_{j=1}^n Odn_j = 1$ y $Odn_j \in [0,1]$, relacionado con el operador WA y α un vector de peso de dimensión n , con una función de configuración $\forall x \in [1, n]$, tal que:

$$\alpha_{\forall x} (Odn_1, Odn_2, \dots, Odn_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j, \text{ Conf} \quad (35)$$

Donde:

$\alpha_{\nabla x}$: representa la función resultante influenciada por una función inicial de configuración ∇x para los atributos de Odn_n .

$Conf$: representa el comportamiento asumido por los W_j, Odn_n a partir de la configuración ∇x .

W_j : vector de pesos de dimensión n influenciado por la función de configuración ∇x de los Odn_n .

b_j : es el j -ésimo influenciado por una función inicial de configuración ∇x de las Pre_j .

La función de configuración ∇x , representa una agrupación de criterios clásicos para la toma de decisiones y se comporta de la siguiente manera:

Para $\nabla x=1$: representa un estado optimista y se determina tal como refiere la ecuación 1.

Para $\nabla x=2$: representa el estado pesimista o de Wald y se determina tal como refiere la ecuación 2.

Para $\nabla x=3$ representa un estado medio conocido como criterio de Hurwicz y se determina tal como refiere la ecuación 3.

A partir de la obtención de $\alpha_{\nabla x}$, se determina si el umbral sobre las habilidades está por encima de la media tal que $\alpha_{\nabla x} \in \mathbb{R}, 0.50 \leq \alpha_{\nabla x} \leq 1$, haciéndose corresponder con los valores lingüísticos expresados en la Figura 12. En caso contrario se deniega el acceso a la práctica de laboratorio solicitada.



Figura 12: Variable lingüística utilizada para expresar la evaluación.

2.4.5 Componente: Generación del sistema de recomendaciones

Un sistema de recomendaciones está asociado a un conjunto de criterios y su objetivo es recomendar a los usuarios sobre los elementos que les pueden ser de interés [7]. El sistema de recomendación parte de las preferencias de los usuarios sobre un determinado contexto [70, 99]. Para la presente investigación se formaliza el sistema de recomendaciones como:

Dada una alternativa A que posee un conjunto de preferencias Pre

$$A_i(Pre_1, Pre_2, \dots, Pre_n) \quad (36)$$

que corresponde con el comportamiento sobre las habilidades

$$H(odn_1, odn_2, \dots, odn_n) \quad (37)$$

y posee $\alpha_{\nabla x} \leq 0.50$, entonces se tiene la certeza de que requiere las recomendaciones R .

A partir de las potencialidades que ofrecen los MCD, se utiliza la simulación de escenarios para inferir el comportamiento de un determinado indicador a partir de sus preferencias [100]. Los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calcula de acuerdo a la ecuación 8.

Un vez concluida la simulación de escenarios se obtiene el comportamiento de las habilidades respecto a las preferencias obtenidas por los usuarios. Si durante la simulación alguna habilidad no logra cumplir con el umbral definido $\alpha_{\nabla x} \in \mathbb{R}, 0.50 \leq \alpha_{\nabla x} \leq 1$, requiere de las recomendaciones R en las habilidades identificadas.

2.4.6 Componente: Ingeniería de Control

En este componente se realizan las acciones fundamentales descritas para la asignatura Ingeniería de Control II tales como: la identificación de sistemas, sintonía de controladores, prueba de controladores y como elemento resultante el análisis de estabilidad y la respuesta del controlador sobre el proceso real.

El flujo de trabajo permite el desarrollo de las prácticas de laboratorios que representa una solución efectiva a partir de una secuencia de actividades. La Figura 13 representa el flujo de trabajo para el componente.

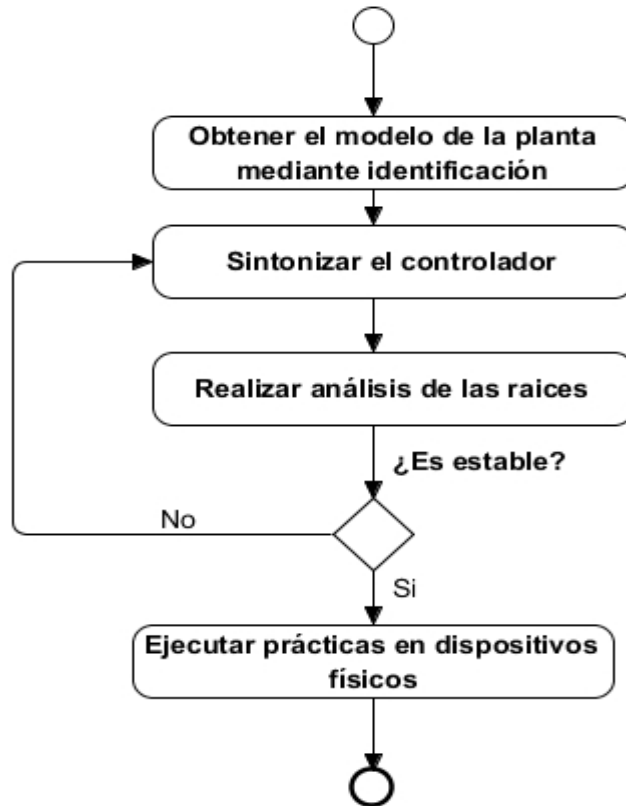


Figura 13: Flujo de trabajo para el componente Ingeniería de Control.

Se detallan las actividades propuestas:

1. Identificar el sistema: una de las formas de modelar la dinámica de un sistema es mediante la aplicación de estímulos en su entrada. Entre estos métodos se encuentra la aproximación de la respuesta del sistema cuando se aplica un estímulo de tipo escalón. La aproximación puede dar como resultado sistemas Primer Orden con Retardo de Transporte (PORT) o Segundo Orden con Retardo de Transporte (SORT). El sistema PORT es caracterizado por tres parámetros: ganancia (K), constante de tiempo (τ) y

tiempo de retardo (Td). Para el contexto de la presente investigación, se propone la modelación mediante un sistema PORT tal como establece la ecuación 38.

$$G_{(s)} = \frac{K e^{-tds}}{\tau s + 1} \quad (38)$$

La actividad consiste en aplicar un escalón y a partir de la curva de reacción del sistema, obtener la ganancia (K), constante de tiempo (τ) y tiempo de retardo (Td) que modelan un sistema PORT.

Para el proceso de identificación del sistema el estudiante debe seleccionar un escalón que será aplicado a la planta para obtener la curva de reacción. A partir de la curva de reacción el estudiante debe ser capaz de obtener los valores (k), (τ), (Td). En la actividad el estudiante obtuvo como resultado la aproximación del modelo de la planta identificada mediante PORT en el dominio continuo.

2. Sintonizar el controlador: una vez realizada la identificación de la planta se elige alguna técnica para la sintonía del controlador. Primero se comienza aplicando alguna técnica empírica de parámetros del controlador como por ejemplo, las reglas de Ziegler-Nichols o Cohen-Coon. Posteriormente se realiza una sintonización fina para mejorar sus prestaciones.

Para la sintonía del controlador es importante conocer las reglas del diseño, por ejemplo:

- Si se desea un error en estado estable igual a cero, regla que introduce el componente integrador.
- Si el tiempo de establecimiento debe ser el menor posible, regla que introduce el componente derivativo.

A partir de las reglas del diseño se decide si el controlador es P, PI o PID para que el tipo del sistema sea uno. Por Ziegler-Nichols los parámetros del controlador se calculan tal como expresa la

Tabla 2 [101].

Tabla 2. Valores de los parámetros del controlador según Ziegler-Nichols.

Tipo de controlador	K_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5L

Para obtener L y T, se traza una recta tangente al punto de inflexión de la respuesta, la intersección con el eje del tiempo y con el valor final de la amplitud forman las distancias L y T.

Con L y T, se obtienen los parámetros del controlador PID obteniendo el modelo del controlador tal como muestra la ecuación 39 en el dominio continuo.

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (39)$$

- Realizar análisis de estabilidad: después que una alternativa obtiene el control de acceso a las prácticas de laboratorios solicitadas a partir de la inferencia del modelo, no está exenta de cometer errores. En este sentido el análisis de estabilidad permite identificar el mal funcionamiento en las estaciones disponibles para el SLR [102].

El autor implementó un algoritmo para realizar el análisis de estabilidad a partir del análisis del lugar geométrico de las raíces utilizando funciones de Matlab. La Figura 14 describe el algoritmo propuesto.

Nombre: Algoritmo para realizar análisis de estabilidad.
 Entrada: *Modelo de la planta identificado*
 Modelo del controlador diseñado
 Salida: *Análisis de estabilidad del sistema*
 La ejecución en la planta real de la práctica solicitada

Inicio
 P1
 1. Introducir el modelo de la planta
 2. Introducir el modelo del controlador
 P2
 3. Obtener la función de transferencia del controlador
 4. Analizar lugar geométrico de las raíces
 ENTONCES
 5. Si las raíces son negativas en el plano-s Ir a P3
 SINO
 6. Imprimir sistema inestable, Ir a Fin
 P3
 11. Ejecutar la práctica solicitada en la planta real
 Fin

Figura 14: Algoritmo para realizar análisis de estabilidad.

Flujo de actividades para realizar el análisis de estabilidad:

- 3.1. Obtener el modelo de la planta: a partir del proceso de identificación de la planta se obtuvo un modelo aproximado del proceso en la actividad anterior y es tomado como dato de entrada para el análisis de estabilidad del sistema.
- 3.2. Obtener el modelo del controlador: a partir del proceso de sintonía del controlador se obtuvo el modelo del controlador que representa una entrada para el análisis de estabilidad del sistema.
- 3.3. Análisis de las raíces: un sistema es estable si responde con una variación finita a variaciones finitas de sus señales de entrada. Si se considera un sistema lineal e invariante en el tiempo, la inestabilidad del sistema supondrá una respuesta que aumenta o disminuye de forma exponencial, o una oscilación cuya amplitud aumenta exponencialmente [103]. Para el análisis de estabilidad se aplicó el lugar geométrico de

las raíces (LGR) y se utilizó una instancia de MATLAB en función de obtener el resultado.

4. Ejecutar práctica: a partir de la determinación de que el controlador sintonizado por el estudiante es estable según el LGR, se envía la información a la planta real para ser realizada la práctica de laboratorios en el dispositivo físico.

2.5 Integración del modelo a la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto

El escenario de implementación es presentado mediante la Figura 15, donde se integra el flujo de trabajo del modelo con las principales funcionalidades del SLR. Se presentan los parámetros de entrada del modelo, el flujo de trabajo, la interacción con los elementos del SLR y las salidas resultantes del proceso.

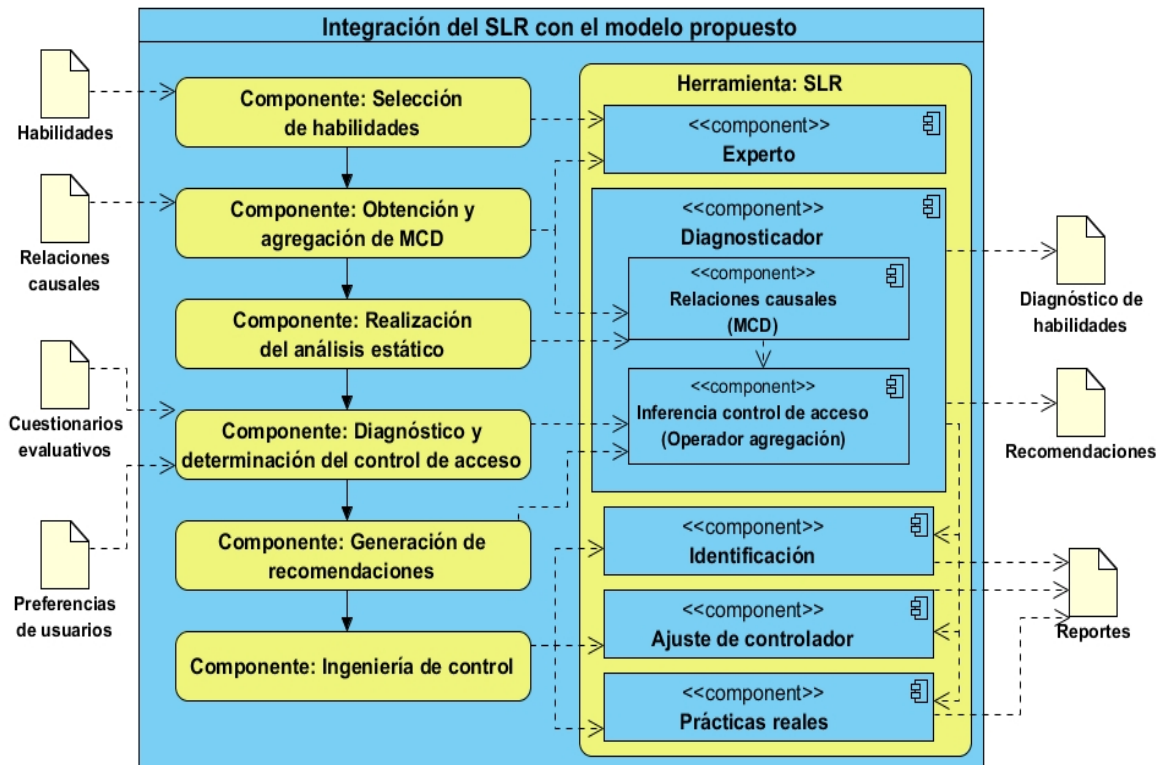


Figura 15: Esquema general de la integración del modelo con el SLR.

Como soporte se elabora una herramienta computacional SLR que implementa el flujo de trabajo del modelo propuesto [31, 104]. El modelado del contexto operacional de la herramienta se describe mediante un Diagrama de Caso de Uso del Sistema (DCUS) tal como representa la Figura 16.

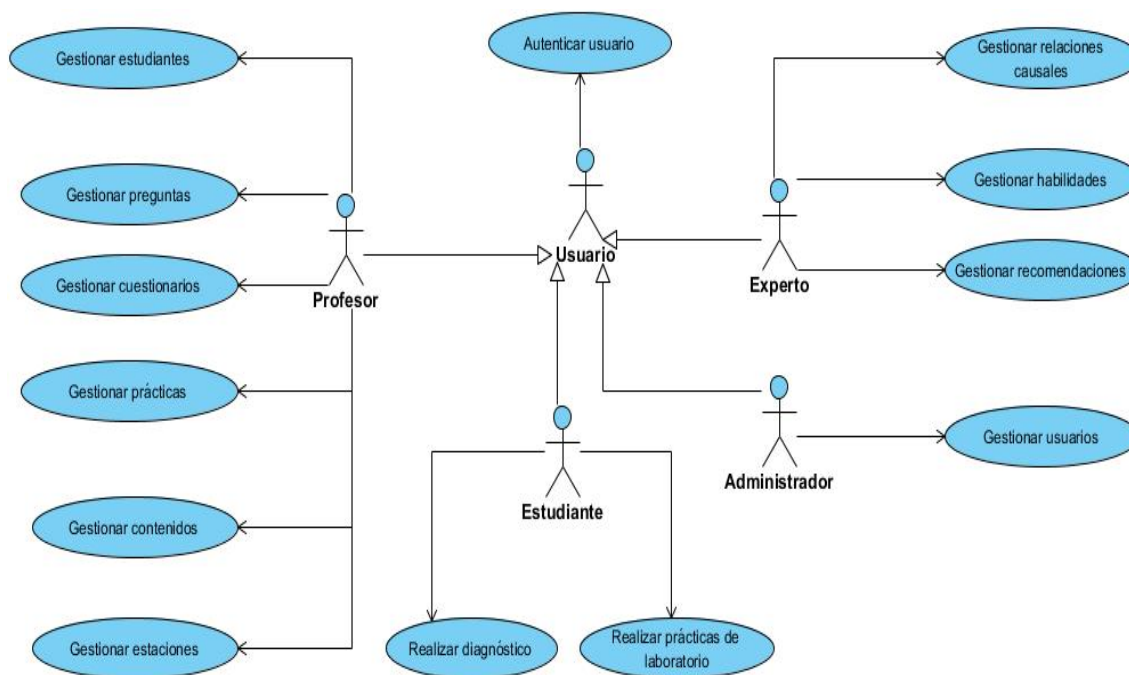


Figura 16: Diagrama de Caso de Uso del Sistema.

El DCUS está representado por cuatro actores (estudiante, profesor, experto, administrador) que realizan todas las funciones del sistema. El estudiante puede autenticarse en el SLR, realizar diagnóstico de habilidades y realizar las diferentes prácticas de laboratorios. El desarrollo de las prácticas de laboratorios por los estudiantes se rige por el método de clasificación aplicado por el modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso. El profesor tiene las funcionalidades de gestionar estudiantes, preguntas, cuestionarios, estaciones, prácticas y la gestión de los contenidos de inicio y el menú contenido. El experto puede gestionar habilidades, relaciones causales y recomendaciones atribuidas a

una habilidad. El administrador del sistema realiza la gestión de los usuarios con sus roles y permisos.

Todos los datos gestionados y procesados en el SLR son almacenados en una base de datos, el anexo 5 muestra el Modelo de Datos propuesto. El Modelo de Datos representa las tablas con las dependencias del SLR. A partir del almacenamiento de las operaciones realizadas, se generan reportes sobre las acciones realizadas por los estudiantes y se controla el historial de operaciones.

Los clientes Web son los usuarios finales de la herramienta. En la herramienta propuesta son los estudiantes que realizan las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II. Acceden al servidor de aplicaciones mediante una conexión a la red universitaria o Internet. El servidor de aplicaciones Web es el encargado de la comunicación entre los clientes Web y las estaciones de trabajo, desde este se realiza la administración de las prácticas y es gestionado el flujo de trabajo del modelo propuesto. El servidor de aplicaciones Web permite el intercambio de información mediante servicios Web con las estaciones de trabajo. Las estaciones de trabajo se conectan físicamente con las plantas que funcionan como maqueta en el sistema.

La herramienta soporta la gestión sobre las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II. Está compuesta por tres módulos fundamentales: diagnóstico de habilidades, identificación de sistemas y prácticas.

- Diagnóstico de habilidades: gestiona el flujo de trabajo del modelo propuesto para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II a partir del diagnóstico de habilidades propuesto en el epígrafe

2.4.4 [104]. Implementa el flujo de trabajo para realizar el diagnóstico de las habilidades de los estudiantes tal como muestra la Figura 17.



The screenshot shows the REMOTELAB web interface. At the top, there is a banner with the text "REMOTELAB Laboratorios Remotos para la Automatización" and images of a robot and computer monitors. Below the banner is a navigation menu with options: Inicio, Contenido, **Diagnóstico**, Identificación, Prácticas, Operaciones, and Administrar. The main content area displays a question titled "Pregunta #1" with the text: "A continuación se presenta un conjunto de opciones para su selección. La respuesta a la pregunta posee una única respuesta correcta responda ¿Qué se define por función de transferencia ?:". There are three radio button options:
1. Ecuación capaz de interactuar en una planta para mantener un valor deseado de salida
2. La representación de una ecuación que describe la entrada de señal en una planta.
3. Se define como el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) bajo la suposición de que todas las condiciones
An "Enviar" button is located at the bottom right of the question area. On the right side of the interface, there is a user status section: "Se ha iniciado sesión con **omarmar**", "Rol: Admini:", "Nota del diagnóstico: 1,0.0", and links for "Editar mi perfil", "Cambiar contraseña", and "Cerrar sesión".

Figura 17: Interfaz de la herramienta para realizar el diagnóstico de habilidades.

La Figura 17 muestra una vista con un formulario de preguntas evaluativas que deben ser respondidas, una vez concluida sus respuestas se envía el formulario y es determinado el nivel de habilidad del estudiante.

El componente Ingeniería de Control es integrado mediante los módulos identificación y práctica del SLR. En el anexo 5 se muestra un diagrama con el flujo de trabajo para el componente y se describe en las siguientes actividades:

- Identificación del sistema: permite la realización de prácticas de identificación del sistema a controlar realizándose una aproximación mediante un sistema PORT, posteriormente se realiza la sintonía del controlador y se obtiene el modelo de la planta

y el controlador antes de ejecutarse en los sistemas físicos tal como muestra la Figura 18.

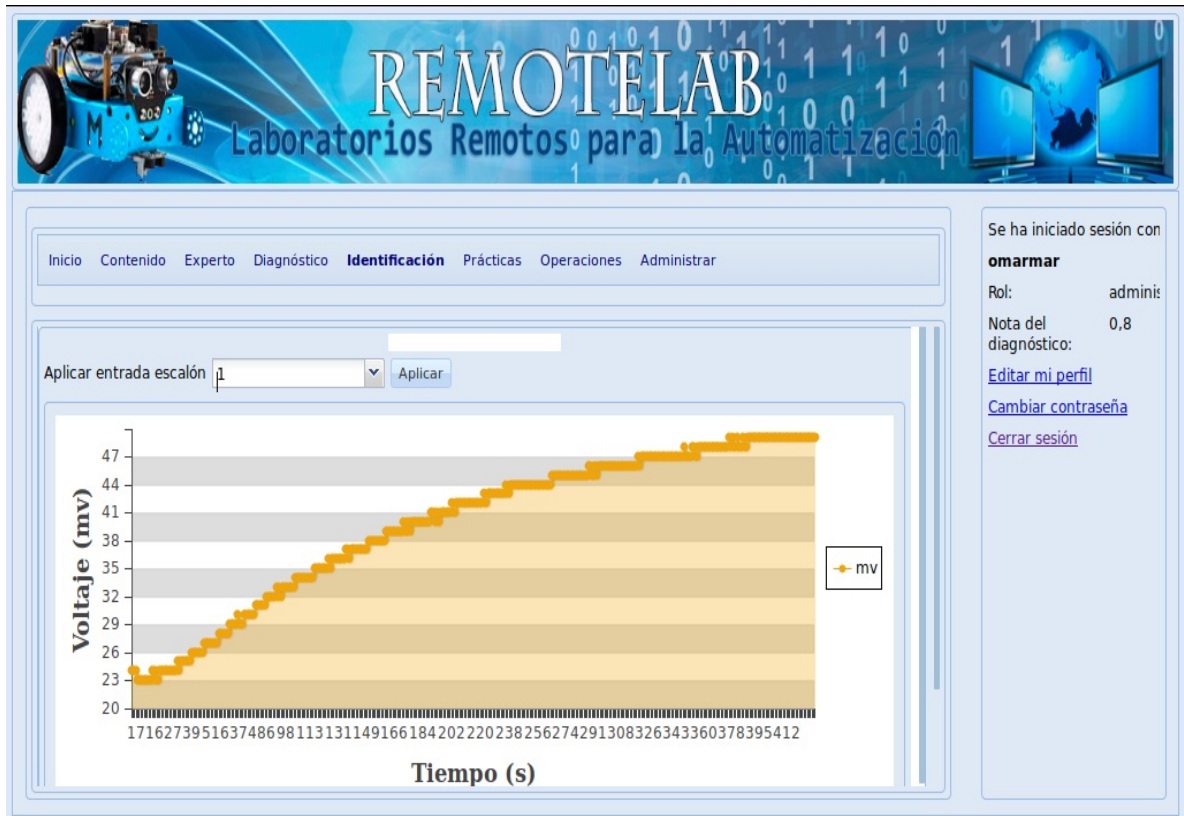


Figura 18: Interfaz identificación de sistema.

La Figura 18 muestra una vista con un flujo de trabajo para realizar la identificación mediante una aproximación como sistema PORT. El estudiante introduce un escalón y el sistema muestra la curva de reacción del proceso para la su identificación, posteriormente se introducen los parámetros de sintonía del controlador obteniéndose el modelo del controlador tal como muestra la Figura 19.

REMOTELAB
Laboratorios Remotos para la Automatización

Inicio Contenido Diagnóstico **Identificación** Prácticas Operaciones Administrar

Se ha iniciado sesión con **omarmar**
Rol: Admini
Nota del diagnóstico: 1,0
[Editar mi perfil](#)
[Cambiar contraseña](#)
[Cerrar sesión](#)

P	$\frac{T}{L}$	α	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

¿Resultados K_p, τ_i, T_d ?

Simbología

1. K_d : Ganancia derivativa
2. K_p : Ganancia proporcional para el controlador
3. T_i : Tiempo de integración

Parámetros

K_d :

K_p :

T_i :

recta tangente al punto de inflexión

Figura 19: Interfaz en la que se realiza la sintonía del controlador.

La Figura 19 muestra un formulario donde los estudiantes a partir de la aplicación de un método de diseño, deben obtener los parámetros de sintonía del controlador a utilizar en la práctica real.

- Ejecución de las prácticas reales: permite a partir de la sintonía de los parámetros del controlador, ejecutar la práctica en el dispositivo físico. Para ello se determina la estabilidad del controlador propuesto previamente, tal como muestra la Figura 20.

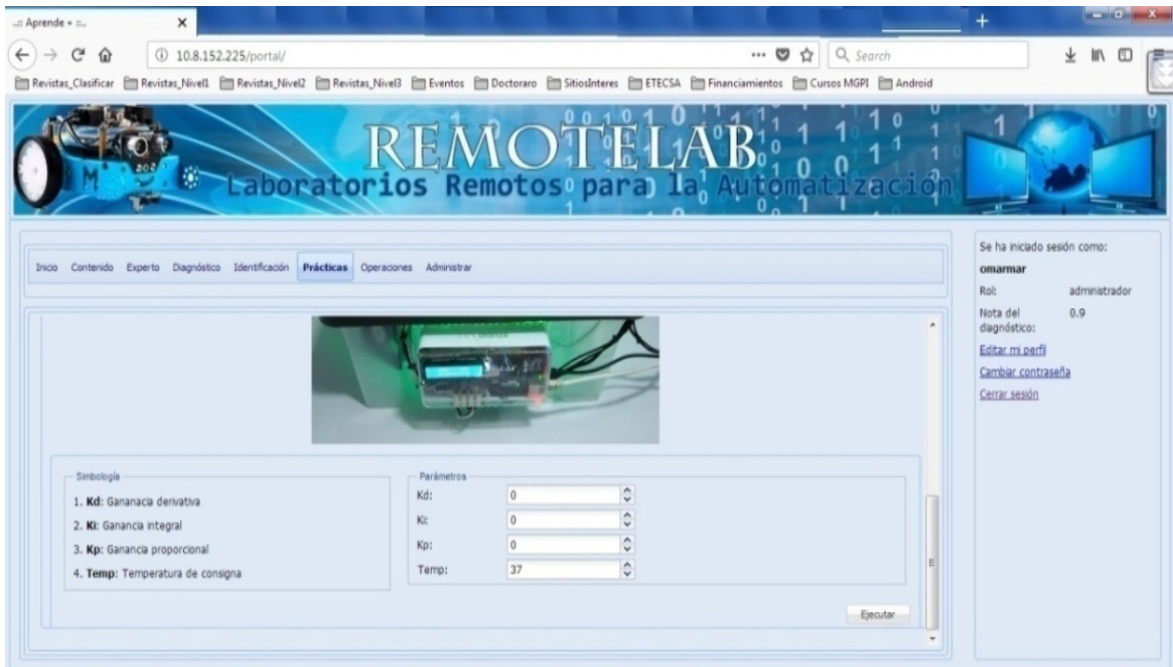


Figura 20: Interfaz para ejecutar una práctica de laboratorio en el dispositivo físico.

La Figura 20 muestra una vista para introducir los parámetros sintonizados del controlador. El sistema devuelve la respuesta del comportamiento de la acción de control sobre el proceso. Para la implementación de las prácticas remotas se diseñó una maqueta que gestiona el control del proceso mediante una tarjeta microcontroladora Arduino [105] como plataforma de desarrollo *open hardware* [106, 107], tal como muestra la Figura 21.



Figura 21: Maqueta de un proceso térmico a escala.

La maqueta representa un proceso térmico a escala, está compuesta por una armadura de polietileno donde se estudia el comportamiento de la variable temperatura. Posee un elemento resistor en su interior encargado de disipar energía térmica la cual es re-circulada mediante un sistema de ventilación interna. Utiliza un sensor de temperatura LM35 y una tarjeta microcontroladora Arduino con una interface Ethernet para garantizar la comunicación con el SLR. La tarjeta microcontroladora posee la programación del controlador PID que recibe sus parámetros de ajuste del SLR y devuelve el comportamiento del proceso.

2.6 Conclusiones del capítulo

El modelo se fundamenta en el empleo de MCD, la identificación de relaciones causales y la autonomía para la inferencia en la toma de decisiones, apoyándose en técnicas de inteligencia artificial a partir del diagnóstico de las habilidades, para el control de acceso a las prácticas de laboratorio.

La determinación de nodos sin importancia utilizándose métodos estadísticos permitió aumentar la precisión de las relaciones causales de las habilidades del MCD resultante.

La extensión del operador *OWAWA* para el trabajo con múltiples entradas $\Delta_x\text{-OWAWA}$, facilitó la agregación de la información para asumir múltiples comportamientos que guían la inferencia en el proceso de toma de decisiones.

La herramienta computacional SLR gestiona el flujo de trabajo definido en el modelo para apoyar la toma de decisiones sobre el control de acceso en las prácticas de laboratorios de la Ingeniería de Control II.

**CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO MEDIANTE
CRITERIO DE EXPERTOS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y SATISFACCIÓN DE
USUARIOS**

CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO MEDIANTE CRITERIO DE EXPERTOS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y SATISFACCIÓN DE USUARIOS

3.1 Introducción

En el presente capítulo se describe el proceso de validación de la investigación, así como los principales resultados obtenidos. Se realiza una valoración de la contribución del modelo utilizándose el criterio de expertos. Se analizan los resultados del efecto de la implementación del modelo a partir de un diseño experimental. Posteriormente se valora el nivel de satisfacción de los usuarios con el modelo, mediante la aplicación de la técnica Iadov. Se realiza una valoración sobre su contribución a las demandas sociales a partir de la introducción de la propuesta. Por último se realiza una triangulación metodológica de los resultados obtenidos.

3.2 Definición del proceso de validación

El problema de la investigación se encuentra asociado a la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de habilidades que deben tener los estudiantes de la carrera Ingeniería en Automática en la asignatura Ingeniería de Control II. La solución propuesta se fundamenta en el desarrollo y validación de un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir de la valoración obtenida mediante un diagnóstico de habilidades donde se permite el control de acceso a las prácticas de laboratorios mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial.

Para comprobar la hipótesis definida en la investigación, el autor realizó la validación del modelo y de la herramienta que soporta el flujo de trabajo. Se utilizan métodos definidos

para la investigación científicas propuestos por Grau [108], Sampieri [109] y otros que proponen el empleo de: encuestas, consultas a expertos, diseños experimentales, entre otros.

La Figura 22 presenta una estructura general del proceso de validación.

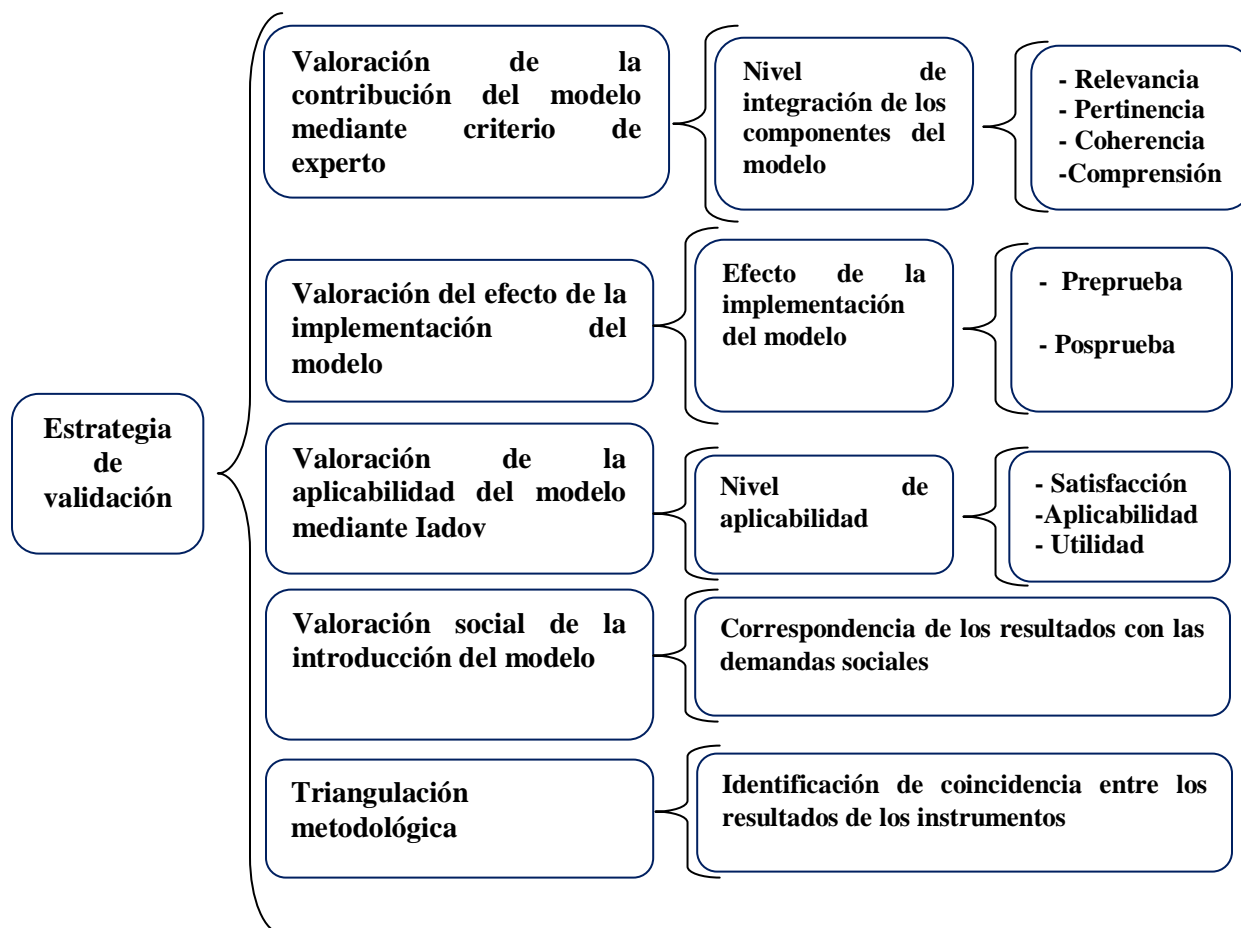


Figura 22: Estructura general del proceso de validación.

Se detallan las actividades para la validación:

- Valoración de la contribución del modelo mediante criterio de expertos: permitió obtener las consideraciones de los expertos sobre la contribución del modelo y su herramienta, para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en el SLR.

- Valoración del efecto de la implementación del modelo: el preexperimento diseñado permitió analizar la funcionalidad del modelo, así como verificar si el efecto de la implementación del control de acceso de las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II contribuye al desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios.
- Valoración de la satisfacción con el modelo mediante la técnica Iadov: permitió medir la satisfacción de los usuarios finales a partir de la valoración de la utilización del SLR.
- Valoración sobre la correspondencia de la demanda social de la introducción de los resultados: permitió realizar una valoración de la correspondencia de la propuesta con las necesidades sociales existentes aprobadas en los Lineamientos de la Política Económica y Social para Cuba.
- Resultados de la triangulación metodológica: a partir del análisis de las técnicas y métodos utilizados para validar la propuesta, permitió determinar coincidencias y discrepancias sobre los resultados obtenidos.

3.3 Valoración de la contribución del modelo mediante criterio de expertos

Para realizar la valoración de la contribución del modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II, se utilizó el método Delphi. El método permite obtener una valoración de la propuesta presentada mediante el criterio emitido por el grupo de expertos que participa en el proceso, los que a su vez se mantienen en condición de anonimato para eliminar las presiones sociales [110, 111].

Para comenzar el proceso se envía el modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y los resultados que se desean obtener. Para el desarrollo del método se realizan las siguientes actividades [112]:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.
2. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión en los temas de interés. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de opiniones de los expertos.
3. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.
4. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.
5. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

Flujo de trabajo utilizado para el desarrollo del método.

Para la aplicación del método, se realizó un primer cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se identificaron posibles expertos en la Universidad de Oriente, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Universidad Tecnológica de La Habana “CUJAE” y Universidad de las Ciencias Informáticas. Se logró el compromiso desinteresado de 17 expertos, considerándose algunos que colaboraron en etapas previas de la investigación. Se les aplicó el cuestionario

de autoevaluación a los 17 expertos (ver anexo 6) donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 11 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos (100%).
- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 1 experto se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 7 puntos.

A partir del resultado obtenido sobre la autoevaluación de los expertos, se determina el coeficiente de conocimiento o información (K_c), tal como expresa la ecuación 40:

$$K_c = n(0,1) \quad (40)$$

Donde:

K_c : coeficiente de conocimiento o información

n : rango seleccionado por el experto

El coeficiente de conocimiento representa un parámetro importante en la aplicación del método. De este parámetro se puede inferir la confiabilidad de los instrumentos aplicados.

Para la investigación se obtuvo un K_c por experto tal como refiere la Tabla 3:

Tabla 3: Coeficiente de conocimiento por expertos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,80	0,80	0,90	1	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	1	0,90	0,90	1	0,80	0,8	1	0,80

Sobre las respuestas a las seis preguntas formuladas posteriormente para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 14 expertos y *Media* para 3 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores cubanos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 15 expertos, *Media* para 1 experto y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 3. Estudio de trabajos de autores extranjeros: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 15 expertos, *Media* para 1 experto y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Intercambio de experiencias con profesores que utilizan SLR para la enseñanza de la automática: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 12 expertos y *Media* para 5 expertos.
- Sobre la pregunta 5. Experiencia práctica del empleo de SLR para la enseñanza de la automática: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 13 expertos y *Media* para 4 expertos.
- Sobre la pregunta 6. Conocimiento del estado actual del empleo de los SLR para la enseñanza de la automática: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 15 expertos, *Media* para 1 experto y *Baja* para 1 experto.

A partir del cuestionario de autovaloración se determinó el coeficiente de competencia (K) sobre el tema que se investiga (anexo 6). Para determinar el K , primero se determinó el coeficiente de conocimiento (K_c) mediante la fórmula $K_c=0,5$ (número de la escala), escala de autoevaluación de [1,10], (anexo 6). Luego se determinó el coeficiente de argumentación o fundamentación (K_a) tal como se expresa en la ecuación 41.

$$K_a \sum ani \quad (41)$$

Donde:

K_a : coeficiente de argumentación.

ani : representan los valores correspondientes a las fuentes de argumentación según la tabla patrón (anexo 6, tablas 2, 3, 4 y 5).

Finalmente se calculó el coeficiente de competencia tal como expresa la siguiente ecuación:

$$K = 0,5(K_c + K_a) \quad (42)$$

La Tabla 4 muestra los valores del coeficiente de competencia atribuido a cada experto.

Tabla 4: Coeficiente de competencia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,90	0,89	0,94	0,99	0,89	0,94	0,85	0,90	0,85	1	0,90	0,90	1	0,80	0,80	1	0,80

El cuestionario de autoevaluación permitió seleccionar 17 expertos, 17 con un $K \geq 0,8$.

Ningún experto posee $K \leq 0,5$ (bajo) y en general el $K > 0,8$ (alto).

Después del análisis de la información obtenida con el primer cuestionario con el que se determinaron los coeficientes de conocimiento, argumentación y competencia, se aplica el segundo cuestionario para valorar la propuesta metodológica mediante cinco criterios (Muy Adecuado, Bastante Adecuado, Adecuado, Poco Adecuado e Inadecuado) aplicados a cinco incisos o aspectos (ver anexo 7):

1. ¿Cómo valora la concepción general del modelo propuesto? Objetivo, componentes, cualidades y principios.
2. ¿Cómo valora la fundamentación del modelo?
3. ¿Cómo valora el diseño de las etapas del modelo propuesto?
4. ¿Cómo valora el cumplimiento del objetivo propuesto por el modelo?
5. ¿Cómo valora la concepción general de la herramienta que soporta el modelo propuesto?

Los valores obtenidos de las respuestas de los expertos se procesaron con el método Delphi. Los resultados obtenidos para las respuestas en la consulta a expertos se recogen en el anexo 7 (tablas 1 a la 5).

El análisis realizado y expresado en el anexo 7 permitió determinar los valores del punto de corte de los incisos. Estos valores se relacionaron con la categoría de valor del paso (N-P) de cada inciso expresado, (ver anexo 7, tabla 5). Se observa que el valor del peso de cada inciso es menor que el valor del Punto de Corte del Criterio 1 *CI* es *Muy Adecuado*. Esto demuestra que el grado de validez teórico y empírico de la propuesta es considerado como *Muy Adecuado*.

En el análisis de los resultados de la valoración de la contribución del modelo, se pudo constatar que todos los incisos fueron evaluados de *Muy Adecuado* o *Bastante Adecuado* tal como muestra la Tabla 5.

Tabla 5: Resultado de la encuesta aplicada a los expertos (en porcentaje).

Inciso	C1	C2	C3	C4	C5
	Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado
1	100	0	0	0	0
2	82,3	17,6	0	0	0
3	74,5	23,5	0	0	0
4	94,1	5,9	0	0	0
5	94,1	5,9	0	0	0

Entre los criterios emitidos por los expertos prevalecen los siguientes como elementos positivos del modelo:

- La propuesta de modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios, permite obtener las relaciones causales sobre el conocimiento de los expertos en función de las habilidades.
- El diagnóstico sobre las habilidades, brinda un conjunto de informaciones necesarias para establecer el control de acceso a las prácticas de laboratorios.
- El uso de técnicas de inteligencia artificial para la inferencia del control de acceso a partir del diagnóstico de habilidades, resulta novedoso en el contexto de la investigación para dar solución a la problemática planteada.
- La herramienta SLR le brinda soporte al flujo de trabajo del modelo propuesto.

Adicionalmente a los criterios favorables sobre el modelo, se emitieron las siguientes sugerencias y recomendaciones por parte de los expertos:

- Considerar que el modelo pueda ser extendido a otras tipologías de clases como son las clases prácticas.
- A partir de la utilización del modelo propuesto se recomienda ir ajustando el conjunto de habilidades y sus relaciones.

3.4 Valoración del efecto de la implementación del modelo

Con el objetivo de validar la investigación se realizó un estudio que involucra la manipulación intencionada de una acción para analizar su posible resultado o efecto conocido en la literatura científica como experimento. La propuesta de diseño experimental está guiada por una secuencia de ocho pasos propuestos por Grau [108]. Se describen los pasos propuestos para realizar un experimento:

Paso 1: Decidir cuántas y cuáles variables independientes y dependientes son incluidas en el experimento.

Para identificar las variables de la investigación se parte del planteamiento realizado en el diseño teórico, donde se define como hipótesis: si se desarrolla un modelo basado en MCD, se garantizará la toma de decisiones sobre el control de acceso para el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un Sistema de Laboratorios Remoto. Es posible identificar en el contexto de la presente investigación las siguientes variables:

- Variable independiente: modelo basado en MCD.
- Variable dependiente: control de acceso para el desarrollo exitoso a las prácticas de Ingeniería de Control II.

Paso 2: Elegir los niveles de manipulación (nivel de medición) de las variables independientes y traducirlos en tratamientos experimentales (convertir variables teóricas a manipular en grupos o tratamientos).

Este paso no es aplicable en la investigación en cuestión, ya que no se desea la manipulación de la variable independiente.

Paso 3: Elegir o desarrollar un instrumento o los instrumentos para medir las variables dependientes.

Los instrumentos de medición utilizados para la medición en la preprueba y postprueba estuvieron soportados sobre el software informático SPSS v13.0.

Paso 4: Seleccionar el diseño experimental a realizar. En el caso de experimentos verdaderos, decidir si los participantes se aleatorizan o aparean respecto a alguna(s) variable(s).

Se selecciona el preexperimento del tipo pre y postprueba con un solo grupo.

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

G : representa el grupo experimental utilizado.

X : condición experimental (variable independiente de la hipótesis).

O_1, O_2 : medición de la variable dependiente de la hipótesis (O_1 , preprueba O_2 , postprueba).

Para el diseño propuesto, no se desea manipular la variable independiente por lo que no es necesaria la introducción de un grupo de control. El resultado experimental expresa la variación de la variable dependiente en relación con su historial.

Paso 5: Seleccionar una muestra de personas para realizar el preexperimento.

Para la experimentación se tiene como reglas de implementación que se trabaja con la asignatura de Ingeniería de Control II del Plan de Estudio D, de la carrera de Ingeniería en Automática. Se aplica el diseño experimental propuesto en el curso escolar 2018-2019 a estudiantes de 4to año de la carrera de Ingeniería en Automática que reciben la asignatura Ingeniería de Control II en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Se identifica una población a 38 estudiantes de los cuales participan en el preexperimento 28 para un 73,7 % de representatividad.

Preprueba O_1 , condición experimental (X) y postprueba O_2 :

G : 28 controles de accesos que representan los 28 estudiantes analizados como casos de estudio.

O_1 : medición de la variable dependiente de la hipótesis sobre la aplicación del modelo.

X : aplicación del modelo.

O_2 : medición de la variable dependiente de la hipótesis después de la aplicación del modelo.

En análisis de los resultados se utilizó como método estadístico la prueba no paramétrica de rango con signo de Wilcoxon.

Paso 6: Si se trata de sujetos, reclutarlos. Ello implica tener contacto con ellos, dar las explicaciones necesarias y citarlos. Dar facilidades y motivarlos.

Paso 7: Aplicar las prepruebas, tratamientos y postpruebas.

3.4.1 Declaración del preexperimento uno

El preexperimento está diseñado para comparar el control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo propuesto. Su objetivo es demostrar que el control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo difieren estadísticamente. El método se aplica para determinar que hay diferencia estadística significativa entre el control de acceso total y el control de acceso inferido mediante la prueba no paramétrica de los rangos con signo Wilcoxon.

Paso 1. Recolectar los datos y analizarlos con las pruebas estadísticas pertinentes para el preexperimento uno.

De acuerdo al preexperimento realizado se comprobó el control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo para 28 casos de estudios mediante la prueba no paramétrica de rango con signo Wilcoxon.

Medición

1. Control de acceso total (preprueba).
2. Control de acceso inferido por el modelo (postprueba).

Hipótesis de la prueba de Wilcoxon

H_0 : No existe diferencia entre la medida del control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo.

H_1 : Existe diferencia entre la medida del control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo.

Regla de decisión: Si $P \geq 0,05$ no se rechaza la hipótesis H_0 .

Tabla 6: Estadística de muestras relacionadas del experimento 1.

		N	Z	(p_valor)
Par	Control de acceso total	28	1,637	0,009
	Control de acceso inferido por el modelo			

Los resultados experimentales muestran un $p_valor < 0.05$ tal como se evidencia en la Tabla 6, el resto del procesamiento realizado para el preexperimento en el estadígrafo SPSS es representado en el anexo 8. A partir del p_valor obtenido, se rechaza la hipótesis nula, la cual indica que “no hay diferencia estadística significativa entre los valores del control de acceso total y el control de acceso inferido por el modelo”. $Z= 1,637$, $p_valor=0,009$. Concluyéndose que la diferencia estadística es significativa. A partir del análisis estadístico, se puede concluir que existe un conjunto de estudiantes que accedieron al SLR y el método de clasificación del modelo infiere que no poseen las habilidades necesarias para realizar el acceso a las prácticas de laboratorio. Se demuestra mediante el experimento la importancia de haber incluido un mecanismo de control para validar el acceso a las prácticas de laboratorios en el SLR.

3.4.2 Declaración del preexperimento dos

El preexperimento está diseñado para comparar el resultado de las prácticas de laboratorios realizadas satisfactoriamente respecto al control de acceso inferido por el modelo propuesto. Su objetivo es demostrar que el control de acceso inferido por el modelo no difiere estadísticamente respecto al desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios. El método permite determinar que no hay diferencia estadística significativa entre el control de acceso inferido por el modelo y el desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios mediante la prueba no paramétrica de los rango con signo Wilcoxon.

Paso 2. Recolectar los datos y analizar los mismos con las pruebas estadísticas pertinentes para el preexperimento dos.

De acuerdo al preexperimento uno realizado se comprobó que de los 28 casos de estudios, el método de clasificación utilizado por el modelo infiere que 24 pueden acceder al desarrollo de las prácticas de laboratorios representando este el valor de los datos para la aplicación del preexperimento dos, mediante la prueba no paramétrica de rango con signo Wilcoxon.

Medición

1. Control de acceso inferido por el modelo (preprueba).
2. Desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios (postprueba).

Hipótesis de la prueba de Wilcoxon

H_0 : No existe diferencia entre la medida del control de acceso inferido por el modelo y el desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios.

H_1 : Existe diferencia entre la medida del control de acceso inferido por el modelo y el desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios.

Regla de decisión: Si $P \geq 0.05$ no se rechaza la hipótesis H_0 .

Tabla 7: Estadística de muestras relacionadas del experimento 2.

		N	Z	(p_valor)
Par	Control de acceso inferido por el modelo	24	-1,722	0,085
	Desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios			

Los resultados experimentales muestran un $p_valor > 0,05$ tal como se evidencia en la Tabla 7, el resto del procesamiento realizado para el preexperimento en el estadígrafo SPSS es representado en el anexo 8. A partir del p_valor obtenido, no se rechaza la hipótesis nula, la cual indica que no hay diferencia estadística significativa entre los valores del control de acceso inferido por el modelo y el desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios. $Z=-1,722$, $p_valor=0,0857$. La diferencia estadística no es significativa, demuestra que el modelo de inferencia sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios respecto al desarrollo satisfactorio de las prácticas de laboratorios no difiere, o lo que es lo mismo, que los estudiantes que acceden a las prácticas de laboratorios poseen el conjunto de habilidades para realizar las mismas de forma exitosa.

3.5 Valoración del nivel de satisfacción de la herramienta mediante la técnica Iadov

En investigaciones donde el resultado final impacta sobre un conjunto de personas, la valoración para medir la satisfacción del usuario final representa una vía para validar empíricamente la propuesta presentada. La técnica Iadov constituye una forma de medir el grado de satisfacción [113].

La técnica se basa en la aplicación de una encuesta compuesta por preguntas cerradas y abiertas [114]. Las tres preguntas cerradas establecen una relación en el Cuadro Lógico de Iadov [115], indicando la escala de satisfacción individual de cada encuestado, mientras

que las preguntas abiertas permiten profundizar en los elementos positivos y las recomendaciones o insuficiencias de la propuesta que se evalúa (ver anexo 9).

Para la implementación de la técnica se aplicó un cuestionario a un grupo de estudiantes después de interactuar con la herramienta SLR donde realizaron un diagnóstico, prácticas de identificación de sistemas, sintonía de controladores y por último ejecución de prácticas en dispositivos físicos. El objetivo del instrumento realizado estuvo intencionado en función de validar la satisfacción de los estudiantes como usuarios finales.

La muestra utilizada para el desarrollo de la actividad estuvo compuesta por 28 estudiantes de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Los estudiantes representan el 73,68 % de la matrícula de 4to año que recibe la asignatura Ingeniería de Control II. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Satisfacción del usuario: si el colectivo de estudiantes considera que la herramienta SLR implementada apoya las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II.
- Aplicabilidad de la herramienta: si el colectivo de estudiantes considera que la concepción de la herramienta, es aplicable en el Sistema Educativo Cubano y representa una forma novedosa de aplicar los contenidos recibidos.
- Utilidad de la herramienta: si el colectivo de estudiantes considera que la herramienta implementa un método de inferencia para el control de acceso de las prácticas de laboratorios de laboratorios de Ingeniería de Control II que contribuye a la auto preparación de los estudiantes para enfrentar el desarrollo exitoso de las mismas.

Los valores obtenidos como resultado de las preferencias del conjunto de usuarios que intervino en el proceso, son presentados en el Cuadro Lógico de Iadov tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Cuadro lógico de Iadov para la investigación.

¿Cuál es su criterio sobre la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto?	¿Considera usted oportuno que un SLR tenga incorporado un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de las habilidades?								
	No			No sé			Sí		
	¿Utilizaría usted la herramienta propuesta?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta mucho	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	6
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG), se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que expresan en la escala numérica $+1$ y -1 tal como refiere la Tabla 9.

Tabla 9: Escalas, índices y niveles de satisfacción.

Escala de satisfacción	Índice individual	Nivel de satisfacción
Máximo de satisfacción	1	+1
Más satisfecho que insatisfecho	2	+0,5
No definido	3	0
Más insatisfecho que satisfecho	4	- 0,5
Máxima insatisfacción	5	-1
Contradictoria	6	0,0

Una vez aplicadas las encuestas (ver anexo 9) se obtuvieron los resultados en la escala de satisfacción individual tal como presenta la

Tabla 10:

Tabla 10: Resultado de la satisfacción sobre la aplicación de la técnica Iadov.

Nivel de satisfacción	Cantidad	Porcentaje
Máxima satisfacción	24	85,7
Más satisfecho que insatisfecho	2	7,1
No definida o contradictoria	2	7,1
Más insatisfecho que satisfecho	0	0,0
Máxima insatisfacción	0	0,0

A partir de la aplicación de la técnica, se obtiene como resultado el Índice de Satisfacción Grupal (ISG) que representa un parámetro atribuido a la concordancia del grupo de usuarios a los que se les aplicó el instrumento. El ISG se determina mediante la ecuación 43.

$$ISG = \frac{A(+1) + B(0.5) + C(0) - D(0.5) + E(-1)}{N} \quad (43)$$

Donde:

A : número de usuarios con índice individual 1.

B: número de usuarios con índice individual 2.

C: número de usuarios con índice individual (3 o 6).

D: número de usuarios con índice individual 4.

E: número de usuarios con índice individual 5.

N: número total de usuarios del grupo.

El ISG arroja valores comprendidos entre +1 y -1 tal como se muestra en la Figura 23 [115]. Los valores comprendidos entre -1 y -0,5 indican insatisfacción, los valores comprendidos entre -0,49 y 0,49 evidencian contradicciones por lo que se expresa como insatisfacción y los valores comprendidos entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

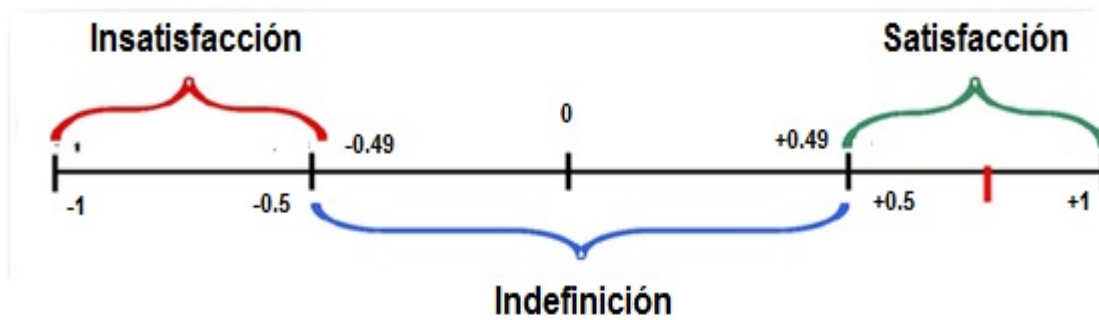


Figura 23: Índice de satisfacción.

En el proceso realizado se obtuvo un $ISG = 0.892$ considerando que existe alta satisfacción.

A partir de obtener un ISG satisfactorio, se realiza el siguiente análisis:

- El criterio de los encuestados respecto a ¿Cuál es su criterio sobre la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto? obtuvo una máxima satisfacción de 85,7% y el 7,1% lo consideró más satisfecho que insatisfecho y el 7,1% lo consideró no definido.
- Respecto a ¿Considera usted oportuno que un SLR tenga incorporado un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de las habilidades? obtuvo una máxima satisfacción de 85,7% y el 7,1% lo consideró más satisfecho que insatisfecho y el 7,1% lo consideró no definido.
- En cuanto a si ¿Utilizaría usted la herramienta propuesta? el 85,7% se considera con la máxima satisfacción, el 14,2% se califica más satisfecho que insatisfecho.

Además del grado de satisfacción obtenido, se pudo identificar las siguientes fortalezas mediante las preguntas abiertas:

- Que representa una propuesta novedosa para ser aplicada en las clases de Ingeniería de Control II.
- Que los estudiantes se sintieron motivados a aprender mediante la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto.

Como valoración final sobre la aplicación de la técnica Iadov se concluye que los criterios emitidos y los resultados obtenidos permitieron corroborar que la propuesta posee un alto nivel de satisfacción.

3.6 Correspondencia de los resultados con las demandas sociales

La investigación se enfoca en dos líneas fundamentales: la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente y la Política social. La propuesta impacta en el cumplimiento de cinco lineamientos establecidos en la actualización de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016- 2021 contribuyendo a la racionalización de recursos.

Impacto en la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente

Se sustenta mediante el lineamiento 108.

Lineamiento 108. Avanzar gradualmente, según lo permitan las posibilidades económicas, en el proceso de informatización de la sociedad, el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones y la industria de aplicaciones y servicios informáticos.

La propuesta soporta la informatización de proceso educativo contribuyendo a los procesos de informatización de la sociedad cubana.

Impacto en la Política social.

Se sustenta mediante los lineamientos 113, 115, 117, 119.

Lineamiento 113. Impulsar el desarrollo integral y pleno de los seres humanos. Continuar consolidando las conquistas de la Revolución, tales como el acceso a la atención médica, la educación, la cultura, el deporte.

Lineamiento 115. Dar continuidad al perfeccionamiento de la educación, la salud, la cultura y el deporte, para lo cual resulta imprescindible reducir o eliminar gastos excesivos en la esfera social.

Lineamiento 117. Continuar avanzando en la elevación de la calidad y el rigor del proceso docente-educativo.

Lineamiento 119. Avanzar en la informatización del sistema de educación. Desarrollar los servicios en el uso de la red telemática y la tecnología educativa de forma racional, así como la generación de contenidos digitales y audiovisuales.

La propuesta impulsa el desarrollo integral y pleno de las conquistas de la Revolución impactando en el sistema educacional cubano y contribuyéndose a su perfeccionamiento. Desde la perspectiva económica el impacto de la propuesta se sustenta en la racionalización de recursos materiales. Para el desarrollo del proceso térmico a escala utilizado como maqueta en la propuesta, se utilizó un conjunto de materiales y tecnología que fueron recuperados de dispositivos en desuso. Dispositivos como el desarrollado se importan por un valor de 1000 USD cada uno, disminuyéndose los gastos innecesarios por concepto de importación.

3.7 Resultado de la triangulación metodológica

Luego de haber aplicado los métodos Delphi, el preexperimento, la técnica Iadov y valorado el impacto social para validar la propuesta de solución, se realiza una triangulación metodológica intermétodo de los resultados. La triangulación metodológica, pretende corroborar los resultados para identificar coincidencias y discrepancias en el proceso de validación [116].

Los resultados de la triangulación metodológica reflejaron los siguientes aspectos:

- La valoración emitida por los expertos en el método Delphi y por los usuarios en la técnica Iadov, sobre el modelo propuesto, evidencian resultados positivos y una alta satisfacción respecto al modelo propuesto.
- Los resultados obtenidos en el preexperimento y la aplicación del criterio de experto, respecto al efecto de la implementación del modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios y su contribución al desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios, son constatados en ambos métodos y se evidencia el cumplimiento de la hipótesis formulada.
- La valoración de la satisfacción y la correspondencia con las demandas sociales fueron corroborado por los usuarios demostrándose la necesidad de la implementación de la propuesta presentada.

3.8 Conclusiones del capítulo

A partir de la aplicación del método científico, fueron validados mediante el criterio de expertos el modelo y sus componentes como *Muy Adecuados* representando la máxima calificación emitida por el método.

La aplicación del diseño experimental mediante el preexperimento permitió corroborar la correlación existente entre las variables del diseño de la investigación, así como la demostración de la hipótesis de la investigación.

La aplicación de la técnica Iadov, permitió obtener el grado de satisfacción del conjunto de usuarios a los que se les aplicó el instrumento, valorando la propuesta con alta satisfacción siendo esta la máxima calificación que emite el instrumento.

La propuesta presentada se encuentra en correspondencia con el contexto socio político en que se enmarca la investigación alineándose al perfeccionamiento del modelo económico y social.

CONCLUSIONES

A partir del estudio de la literatura consultada y la utilización de métodos empíricos, se constató la necesidad de implementar un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorio de Ingeniería de Control II integrado a un Sistema de Laboratorios Remoto.

El modelo desarrollado con técnicas de inteligencia artificial a partir de la representación del conocimiento causal mediante Mapas Cognitivos Difusos para el diagnóstico de habilidades, garantizó la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II.

A partir de la implementación de la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto se gestionó el flujo de trabajo del modelo propuesto y permitió establecer el control de acceso a las prácticas de laboratorios mediante el diagnóstico de habilidades.

Mediante la alta satisfacción de los usuarios con la solución desarrollada, los criterios favorables emitidos por los expertos respecto a la contribución del modelo y la valoración positiva del efecto de su implementación como resultados de la validación, se constató el cumplimiento de la hipótesis de la investigación.

RECOMENDACIONES

Elaborar nuevas maquetas que sirvan de apoyo al Sistema de Laboratorios Remoto propuesto.

Extender la concepción del modelo hacia otras tipologías de clases como las clases prácticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MES. *Plan de estudio E. Ingeniería Automática* [En línea] 2017; Disponible en: <https://www.uclv.edu.cu/ingenieria-automatica-realizo-la-defensa-del-plan-estudios-e/>.
2. VALENCIA, A., *El futuro de la Ingeniería*. Revista Facultad de Ingeniería, 2016, núm 19, p. 85-92. ISSN 2422-2844.
3. SAENZ, J.;CHACON, J., *et al.*, *Open and Low-Cost Virtual and Remote Labs on Control Engineering*. Access, IEEE, 2015, Vol 3, p. 805-814. ISSN 2169-3536.
4. SAMUELSEN, D. and GRAVEN, O. H. *Remote laboratories in engineering education - an overview of implementation and feasibility*. Actas del International Multi-Conference for Engineering. Celebrado en Boca Raton, Florida, USA (2016). ISBN 978-0-9822896-9-3.
5. SALAS, M. and CERÓN, C., *Sistema Web para Evaluar las Competencias mediante Pruebas Objetivas en Educación Superior*. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 2014, núm 12. ISSN 2007-7467.
6. RUIZ, S., E.;PESQUERA MARTIN, A., *et al.*, *Virtual and Remote Industrial Laboratory: Integration in Learning Management Systems*. Industrial Electronics Magazine, IEEE, 2014, Vol 8, núm 4, p. 45-58. ISSN 1932-4529.
7. GARAY, M., *Interfaces Inteligentes en el aprendizaje de la Modelación*. Ingeniería Industrial, 2015, Vol 36, núm 2, p. 187-201. ISSN 1815-5936.
8. RIVERA, L.;LARRONDO, M., *et al.* *Implementation of cloud-based smart adaptive remote laboratories for education*. Actas del 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Celebrado en Indianapolis, IN, USA (2017). p. 1-5.

9. GASCA, P.;GRANADOS, J., *et al.*, *Métodos de clasificación: Análisis de fertilidad*. Pistas Educativas, 2018, Vol 35, núm 111. ISSN 2448-847X.
10. MES. *Plan de estudio D*. 2007; [1-30]. Disponible en: <https://www.uclv.edu.cu/ingenieria-automatizada-realizo-la-defensa-del-plan-estudios-e/>.
11. SANTANA, I. *Herramientas para la docencia en automática orientadas hacia la metodología ECTS*, Tesis de Doctorado, Tutor FERRE, M. and HERNÁNDEZ, L., desarrollada en Departamento de Automática, Ingeniería Electrónica e Informática Industrial, 2012, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
12. MARTÍNEZ, E.;GUERRA, P., *et al.*, *Diseño y construcción de prototipo de entrenamiento para prácticas en instrumentación y control*. Pistas Educativas, 2018, Vol 39, núm 128. ISSN 2448-847X.
13. RUANO, I.;GARCÍA, J., *et al.*, *Laboratorio Web SCORM de control PID con integración avanzada*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, 2016, Vol 13, núm 4, p. 472-483. ISSN 1697-7920.
14. VÁSQUEZ, R.;POSADA, N., *et al.*, *Desarrollo de una Estación Experimental Multipropósito para la Enseñanza en Control de Procesos*. Formación universitaria, 2015, Vol 8, núm 5, p. 25-34. ISSN 0718-5006.
15. UNESCO. *Informe de la Reunión de Expertos sobre Laboratorios Virtuales*. 2000; Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s>.
16. INFANTE, C., *Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas*. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 2014, Vol 19, p. 917-937. ISSN 1405-6666.

17. DALFARO, N.;MAUREL, M., *et al.* *El laboratorio virtual: Una herramienta para afrontar el desgranamiento.* Actas del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Celebrado en Buenos Aires, Argentina (2014). ISBN 978-84-7666-210-6.
18. COLMENARES, J. E.;HENDEZ, N. R., *et al.*, *Laboratorios virtuales desde la perspectiva de resolución de problemas: Caso de la asignatura de mecánica de suelos.* Rev. Educación en Ingeniería, 2016, Vol 11, núm 22, p. 97-103. ISSN 1900-8260.
19. DIWAKAR, S.;KUMAR, D., *et al.* *Role of ICT-enabled virtual laboratories in biotechnology education: Case studies on blended and remote learning.* Actas del 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). Celebrado en Italia (2015). p. 915-921.
20. STARK, E.;BISTÁK, P., *et al.* *Virtual laboratory with experiment manager implemented into Moodle.* Actas del 2018 Cybernetics & Informatics (K&I). Celebrado en Makytou, Slovakia (2018). p. 1-6.
21. AGUILAR JUÁREZ, I. and HEREDIA ALONSO, J. R., *Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación.* Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 2013, Vol 10, núm 1, p. 1-19. ISSN 2007-2619.
22. ARDILA, O., *Estado actual y futuro de la ingeniería de control.* Puente, 2017, Vol 4, núm 2, p. 7-15. ISSN 2248-7654.

23. CÁCERES, C. A. and AMAYA, D., *Desarrollo e interacción de un laboratorio virtual asistido y controlado por PLC*. Entre Ciencia e Ingeniería, 2016, Vol 10, p. 9-15. ISSN 1909-8367.
24. JIN-HSIEN, W. and JONGYUN, H., *An Approach to Computing With Words Based on Canonical Characteristic Values of Linguistic Labels*. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2007, Vol 15, núm 4, p. 593-604. ISSN 1063-6706.
25. SANTANA, I.; FERRE, M., *et al.*, *Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems*. Industrial Informatics, IEEE Transactions on, 2013, Vol 9, núm 1, p. 547-556. ISSN 1551-3203.
26. BUITRAGO-MOLINA, J. T.; CARVAJAL-GUERRERO, J. S., *et al.*, *Plataforma virtual para el mando local y remoto de un brazo robótico de apoyo para la educación en ingeniería*. Tecno Lógicas, 2014, Vol 17, p. 67-74. ISSN 0123-7799.
27. MILNER, D. A. and HOLLADAY, E. B., *Laboratories as the Core for Health Systems Building*. Clinics in Laboratory Medicine, 2018, Vol 38, núm 1, p. 1-9. ISSN 0272-2712.
28. ZABALJAUREGUI, M.; RODRÍGUEZ, O., *et al.* *Diseño de una plataforma remota para desarrollo de prácticas de laboratorio*. Actas del XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Celebrado en La Plata, Argentina (2018). ISBN 9506584729.
29. SARTORIUS C., A. R.; HERNÁNDEZ S., L., *et al.*, *Laboratorio a distancia para la prueba y evaluación de controladores a través de Internet*. Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica, 2005, Vol 16, p. 84-92. ISSN 0103-1759.

30. RUBIO, E.;SANTANA, I., *et al. Remote laboratories for control education: Experience at the universidad del Bío Bío. Actas del Automatica (ICA-ACCA). Celebrado en Curico, Chile (2016).* p. 1-6.
31. MAR, O.;GULÍN, J., *et al., Sistema de Laboratorios a Distancia para la práctica de Control Automático. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2016, Vol 10, núm 4, p. 171-183. ISSN 2227-1899.*
32. NÚÑEZ, F.;VILLALPANDO, J., *et al., Sintonización de lazo de control de temperatura en el hervidor de una columna de destilación Pistas Educativas, 2018, Vol 40, núm 130. ISSN 2448-847X.*
33. RAE, *Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española, 2017.*
34. LIU, Q.;ZHANG, H., *et al., An Access Control Model for Resource Sharing Based on the Role-Based Access Control Intended for Multi-Domain Manufacturing Internet of Things. IEEE Access, 2017, Vol 5, p. 7001-7011. ISSN 2169-3536.*
35. MUÑOZ, M. and RUBIO, R. *Diseño del sistema de CCTV, para el hospital centro ESE Planadas Tolima, Tutor JHON, D., desarrollada en Facultad de Ingeniería, 2018, Universidad Coopertiva de Colombia.*
36. CHATTERJEE, S.;ROY, S., *et al., On the Design of Fine Grained Access Control With User Authentication Scheme for Telecare Medicine Information Systems. IEEE Access, 2017, Vol 5, p. 7012-7030. ISSN 2169-3536.*
37. KHAN, F.;LI, H., *et al., Owner Specified Excessive Access Control for Attribute Based Encryption. IEEE Access, 2016, Vol 4, p. 8967-8976. ISSN 2169-3536.*

38. ZAMBRANO, A.;GUARDA, T., *et al.*, *Técnicas de mitigación para principales vulnerabilidades de seguridad en aplicaciones web*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, 2019, núm E17, p. 299-308. ISSN 1646-9895.
39. SEOL, K.;KIM, Y., *et al.*, *Privacy-Preserving Attribute-Based Access Control Model for XML-Based Electronic Health Record System*. IEEE Access, 2018, Vol 6, p. 9114-9128. ISSN 2169-3536.
40. KO, J.;LEE, S., *et al.* *Real-time Mandatory Access Control on SELinux for Internet of Things*. Actas del 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). Celebrado en Las Vegas, USA (2019). p. 1-6. ISBN 2158-4001.
41. ZHANG, H.;WANG, J., *et al.* *An access control model for multi-level security in multi-domain networking environments*. Actas del 2017 9th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC). Celebrado en China (2017). p. 809-814.
42. HERBERT, S., *The new science of management decision*. New York, 1960.
43. ENRIQUE, B. and FRANKLIN, F., *Toma de decisiones empresariales*. Contabilidad y Negocios 2011, Vol 6, núm 11, p. 113-120. ISSN 1992-1896.
44. MARTÍNEZ, E., *Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias*. Santiago: USACH, ed. UNESCO. 1998.
45. LEYVA, M. *Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en Mapas Cognitivos Difusos*, Tesis de Doctorado, Tutor ESTRADA SENTÍ, V. and FEBLES ESTRADA, A., 2013, Universidad de las Ciencias Informáticas. p. 1-132.
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/263221297_MODELO_DE_AYUDA_A

LA TOMA DE DECISIONES BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUS

OS.

46. CLEMEN, R. T. and REILLY., T., *Making hard decisions with DecisionTools*. 2nd rev. edition. Duxbury/Thomson Learning, Pacific Grove, CA, 2001.
47. GRAJALES QUINTERO, A.;SERRANO MOYA, E., *et al.*, *Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación*. Luna Azul, 2013, Vol 36, núm 1, p. 285-306. ISSN 1909-2474.
48. BOUZA, C. *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en contabilidad, administración, economía*. 2016; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303551295_METODOS_CUANTITATIVOS_PARA_LA_TOMA_DE_DECISIONES_EN_CONTABILIDAD_ADMINISTRACION_ECONOMIA.
49. GARZA-RÍOS, R.;GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, C., *et al.*, *Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial*. Ingeniería Industrial, 2012, Vol 33, p. 239-248. ISSN 1815-5936.
50. WALD, A., *Statistical Decision Functions* Wiley, 1950, Vol New York.
51. HURWICZ, L. and ARROW, K. J., *Gradient Methods for Constrained Maxima*. Operations Research, 1957, Vol 5, núm 2, p. 258-265. ISSN 1526-5463.
52. LAPLACE, P. S., *Theory Analytique des Probabilities*.Courcier, ed. ROUTLEDGE. 1812, Paris: London and New York. ISBN 0-203-13224-6.
53. SAVAGE, L. J., *The foundations of Statistics*, ed. CORPORATION, C. 1954, Second Revised Edition.

54. GOODIER, C.;AUSTIN, S., *et al.*, *Causal mapping and scenario building with multiple organizations*. Futures, 2010, Vol 42, núm 3, p. 219-229.
55. MARTÍNEZ, F. *Aplicaciones al modelo conexionista de lenguaje y su aplicación al reconocimiento de secuencias y traducción automática*, Tutor CASTRO BLEDA, M. J., desarrollada en Universidad Politécnica de Valencia, 2012. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18066/tesisUPV3980.pdf?sequence=1>.
56. HERNÁNDEZ-DÍAZ, N.;YELANDY-LEYVA, M., *et al.*, *Modelos causales para la Gestión de Riesgos*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2013, Vol 7, núm 4, p. 58-74. ISSN 2227-1899.
57. KOSKO, B., *Fuzzy cognitive maps*. International Journal of Man-Machine Studies, 1986, Vol 24, núm 1, p. 65-75. ISSN 0020-7773.
58. SALMERON, J., *Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors*. Knowledge-Based Systems, 2009, Vol 22 núm 4, p. 275-278. ISSN 0950-7051.
59. GLYKAS, M. and GROUMPOS, P., *Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps in Springer Berlin / Heidelberg*. 2010. p. 1-22. ISBN 978-3-642-03220-2.
60. GONZALO NÁPOLES;ELPINIKI PAPAGEORGIOU, *et al.*, *Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition*. Neural Processing Letters, 2017, Vol 45, núm 2, p. 431-444. ISSN 1370-4621.
61. LEYVA-VÁZQUEZ, M.;PÉREZ-TERUEL, K., *et al.*, *Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico*. Ingeniería y Universidad, 2013, Vol 17, p. 375-390. ISSN 0123-2126.

62. GONZALO NÁPOLES;MAIKEL LEON ESPINOSA, *et al.*, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, ed. SPRINGER. 2018, Soft Computing Based Optimization and Decision Models. ISBN 978-3-319-64285-7.
63. GLYKAS, M., Editor *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*. Secaucus, NJ, USA. 2010, Springer Verlag.
64. GIORDANO, R. and VURRO, M., *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*.Grecia: Springer-Verlag. Vol. En M. Glykas. 2010. p. 403-425. ISBN 978-3-642-03220-2.
65. LEÓN, M., *A Fuzzy Cognitive Maps Modeling, Learning and Simulation Framework for Studying Complex System New Challenges on Bioinspired Applications*. Springer Berlin / Heidelberg, 2011, Vol 668, p. 243-256. ISSN 978-3-642-21326-7.
66. MONTERO, J.;GÓMEZ, D., *et al.*, *Sobre funciones y reglas de agregación*. XV Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy, 2010.
67. LORENZÓN, M. *Operadores de agregación*. 2011; Disponible en: http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/Lorenzon_Matias-Operadores_de_Agregacion.pdf.
68. BELLO R;GONZÁLEZ S, *et al.*, *Modelo para el análisis estático en grafos difusos basado en indicadores compuestos de centralidad*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2015, Vol 9, núm 2, p. 52-65. ISSN 2227-899.
69. ROSS, J. *Assessing Understanding of Complex Causal Networks Using an Interactive Game* Tesis de Doctorado, Tutor TOMLINSON, B., 2013, University of California, Irvine.

70. LEYVA MAIKEL;PÉREZ KARINA, *et al.*, *Técnicas para la representación del conocimiento causal: un estudio de caso en Informática Médica*. Revista Cubana de información en ciencias de la salud, 2013, Vol 24, núm 1, p. 78-83. ISSN 2307-2113.
71. SOBRINO, A., *Imperfect Causality: Combining Experimentation and Theory*, in *Combining Experimentation and Theory*, TRILLAS, E., Editor. 2012, Springer: Berlin. p. 371-389. ISBN 978-3-642-24665-4.
72. CALLE, R., *Evaluación del Desempeño: Nuevos Enfoques desde las Teorías de Subconjuntos Difusos y de la Decision Multi-criterios*, ed. VALLADOLID, E. U. D. 2009: Universidad de Valladolid. ISBN 978-8469275153.
73. SINGH, A. *Architecture value mapping: using fuzzy cognitive maps as a reasoning mechanism for multi-criteria conceptual design evaluation*, Tesis de Doctorado, Tutor CIHAN, D., 2011, Missouri University of Science and Technology.
74. BUENO, S. and SALMERÓN, J., *Benchmarking main activation functions in fuzzy cognitive maps*. Expert Systems with Applications, 2009, Vol 36, núm 3, p. 5221-5229. ISSN 0957-4174.
75. LEYVA, M. and ROSADO, R., *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012, Vol 43 núm 2, p. 41-46. ISSN 0864-4659
76. MERIGÓ, J. and GIL, A., *New decision-making techniques and their application in the selection of financial products*. Information Sciences, 2010, Vol 180 núm 11, p. 2085-2094. ISSN 2085-2094.

77. MAR, O.;LEYVA, M., *et al.*, *Modelo multicriterio multiexperto utilizando Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias*. Ciencias de la Información, 2015, Vol 46, núm 2, p. pp. 17 - 22. ISSN 0864-4659
78. MAR, O.;SANTANA, I., *et al.*, *Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map*. Revista Investigación Operacional, 2017, Vol 38, núm 2, p. 170.178. ISSN 169-177.
79. MAR, O. and GULÍN, J., *Modelo para la evaluación de habilidades profesionales en un sistema de laboratorios a distancia*. Revista científica, 2018, Vol 3, núm 33, p. 332-343. ISSN 2344-8350.
80. ARTOLA, M., *Modelo de evaluación del desempeño de empresas perfeccionadas en el transito hacia empresas de clase en el sector de servicios ingenieros en Cuba*. Universidad de Matanzas, 2002, p. 45-56.
81. GARZA, R. G., C. SALINAS, *Aplicación de las técnicas multicriterio multiexpertos dentro del perfil del ingeniero industrial*. Revista Ingeniería Industrial, 2005, Vol 6, núm 1. ISSN 1815-5936
82. BOUZA HERRERA, C. N.;GARCÍA RODRÍGUEZ, J. F., *et al.*, *Mathematical modeling of phenomena of the environment and of health*. 1st ed, ed. GRANADA, U. D. 2016, España. p. 216. ISBN 978-84-608-4246-0.
83. PÉREZ, K. *Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo*, Tesis Doctoral, Tutor LEYVA, M., desarrollada en Facultad 4, 2014, Universidad de las Ciencias Informáticas.
84. DOÑA, J. *Modelado de los procesos de toma de decisión en entornos sociales mediante operadores de agregación OWA*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Informática 2008; Disponible en:

<http://www.lcc.uma.es/~jmdona/Borrador%20TESIS%20040308.pdf>.

85. MACARENA ESPINILLA;JUN LIU, *et al.*, *An extended hierarchical linguistic model for decision-making problems*. Computational Intelligence, 2011, Vol 27, núm 3, p. 489-512.
86. M. MENDONÇA;I. R. CHRUN, *et al.*, *Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in an University* IEEE Latin America Transactions, 2015, Vol 13, núm 12, p. 1-10. ISSN 1548-0992.
87. PÉREZ, K.;LEYVA, M., *et al.*, *Proceso de consenso en modelos mentales y aplicación al desarrollo de software ágil en bioinformática*. Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud, 2014, Vol 25, núm 3, p. 318-332. ISSN 2307-2113.
88. KOSKO, B., *Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks* International Journal of Approximate Reasoning, 1988, Vol 2 núm 4 p. 377-393. ISSN 0888-613X.
89. STACH, W.;KURGAN, L., *et al.*, *Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps*, in *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* SPRINGER, B., Editor. 2010. p. 23- 41.
90. WHITE, E. and MAZLACK, D. *Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps*. Actas del IEEE International Conference Celebrado en Taipei, Taiwan (2011). p. 2940-2947. ISBN 978-1-4244-7315-1.
91. CUETO, S. *Las evaluaciones nacionales e internacionales de rendimiento escolar en el Perú: balance y perspectivas. En Investigación, políticas y desarrollo en el Perú.*

Lima: GRADE 2007; Disponible en:

<http://www.grade.org.pe/download/pubs/InvPolitDesarr-10.pdf>.

92. COVACEVICH C. *Cómo seleccionar un instrumento para evaluar aprendizajes estudiantiles*. Banco Interamericano de Desarrollo 2014; Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6758/C%C3%B3mo-seleccionar-un-instrumento-para-evaluar-aprendizajes-estudiantiles.pdf>.
93. GRAU, I. and GRAU, R., *Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2012, Vol 6, núm 2. ISSN 2227-1899.
94. YAGER, R., *On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1988, Vol 18, núm 1, p. 183-190.
95. FILEV, D. and YAGER, R., *On the issue of obtaining OWA operator weights*. Fuzzy sets and systems, 1998, Vol 94 núm 2, p. 157-169. ISSN 0165-0114.
96. MARTÍNEZ, D. and ACOSTA, J., *Revisión de Operadores de Agregación*. Campus Virtuales, 2015, Vol 3, núm 2, p. 24-44. ISSN 2255-1514.
97. MERIGÓ, J. (2008) *New extensions to the OWA operators and its application in decision making*. Departamento de Administración, DOI: DOI: 10.1016/0020-7373(92)90093-Z
98. GÓMEZ, D.;ROJAS, K., *et al.*, *Consistencia y estabilidad en operadores de agregación: Una aplicación al problema de datos perdidos*. XVII Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy, 2014.

99. GONZALO, N.;GRAU, I., *et al.*, *Two-steps learning of Fuzzy Cognitive Maps for prediction and knowledge discovery on the HIV-1 drug resistance*. Expert Systems with Applications, 2014, Vol 41, p. 821-830. ISSN 0957-4174.
100. GONZALOS, N.;GRAU, I., *et al.* *A computational tool for simulation and learning of Fuzzy Cognitive Maps*. Actas del FUZZ-IEEE. Celebrado en Istanbul, Turkey (2015). ISBN 978-1-4673-7428-6.
101. ZIEGLER, J. G. and NICHOLS, *Optimum Settings for Automatic Controllers*. Americana de Ingenieros Mecánicos (ASMET) Transactions, 1942, Vol 64, núm 11, p. 1-10. ISSN 0-486-23818-0.
102. ARÁNTEGUI, J. *Control de procesos*. 2011; Disponible en: [http://web.udl.es/usuarios/w3511782/Control de procesos/Unidades files/apuntes 10-11.pdf](http://web.udl.es/usuarios/w3511782/Control%20de%20procesos/Unidades_files/apuntes_10-11.pdf).
103. OGATA, K., *Modern control engineering*. Computer science, ed. ENGINEERING, E. 2010. ISBN 9788483226605.
104. MAR, O.;ARGOTA, L., *et al.*, *Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancias*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2016, Vol 10, núm 2, p. 132-147. ISSN 2227-899.
105. BADAMASI, Y. A. Actas del *11th International Conference on*. Celebrado en Abuja (2014). p. 1-4. ISBN 9781479941056.
106. MURTHY, A. A.;RAO, N., *et al.*, *Design and Construction of Arduino-Hacked Variable Gating Distortion Pedal*. IEEE Access, 2014, Vol 2, p. 1409-1417. ISSN 2169-3536.

107. MATIJEVIC, M. and CVJETKOVIC, V. *Overview of architectures with Arduino boards as building blocks for data acquisition and control systems*. Actas del 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). Celebrado en España (2016). p. 56-63.
108. GRAU, R. and CORREA, C., *Metodología de la Investigación*. Universidad de Ibagué. 2004, Coruniversitaria. ISBN 84-690-1999-6.
109. SAMPIERI, R.; COLLADO., C. F., *et al.*, *Metodología de la investigación*. México 2006, Vol ISBN: 970-10-5753-8.
110. GIL, L. and PASCUAL, D., *La metodología Delphi como técnica de estudio de la validez de contenido*. Anales de Psicología, 2012, Vol 28, núm 3, p. 1011-1020. ISSN 0212-9728.
111. VARELA, M.; DÍAZ, L., *et al.*, *Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud*. Investigación en Educación Médica, 2012, Vol 1, núm 2, p. 90-95. ISSN 2007-865X.
112. FERNÁNDEZ, S. H. D. M. *Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy*. Histodidáctica 2016; Disponible en: http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11.
113. KUZMINA, N., *Metódicas investigativas de la actividad pedagógica*. Moscú, Rusia, ed. LENINGRADO. 1970.
114. CASTILLO, J. and GINORIS, O., *Formación y desarrollo de los intereses profesionales pedagógicos en los estudiantes de primer año de la licenciatura en*

educación como inductores del aprendizaje autodidacto. Instituto superior pedagógico “Juan Marinello”, 2005.

115. LÓPEZ , A. and GONZÁLEZ, V., *La técnica de Iadov una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de educación física* Revista Digital - Buenos Aires, 2002.

116. DONOLO, D. S., *Triangulación: Procedimiento incorporado a nuevas metodologías de investigación.* Revista Digital Universitaria, 2009, Vol 10, núm 8. ISSN 1607-6079.

GLOSARIO

Agregación: fusión de distintos datos en un único valor.

Causalidad: concepto utilizado para nombrar a la relación entre una causa y su efecto.

DH: diagnóstico de habilidades.

Experto: aquel que tiene el conocimiento necesario para resolver problemas en un determinado campo o dominio de conocimiento.

LGR: Lugar Geométrico de las Raíces

Mapas Cognitivos Difusos (MCD): estructura de grafo difuso dirigido para representar causalidad que incluye la retroalimentación.

Matriz de adyacencia: representación en filas y columnas del conjunto de asignados a los arcos de los mapas cognitivos difusos.

Operadores de agregación: funciones matemáticas empleadas para la fusión de información.

PID: Controlador Proporcional, Integral y Derivativo.




TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.




PREMIOS, PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS

PRINCIPALES PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS RECIBIDOS

- Distinción como mejor ponencia en 3er Congreso Internacional de Innovación, Tecnología y Educación Civitec 2015. por el trabajo: “Modelo para la evaluación de habilidades utilizando Mapa Cognitivo Difuso”. 2015.
- Distinción como mejor ponencia en 4to Congreso Internacional Virtual de Innovación, Tecnología y Educación Civitec 2016. Por el trabajo: “Experiencia en la evaluación de competencia en un Sistema de Laboratorios a Distancia”
- Premio del Rector en la categoría de “Profesor joven más destacado”, 2016.
- Premio del Rector en la categoría de “Profesor universitario integral más destacado”, 2017.

PUBLICACIONES EN REVISTAS

Indexación	Publicación en revistas
	Cornelio-Mar, Omar, et al., Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map, Revista Investigación Operacional VOL. 38, No.2, 170-178, 2017.
	Cornelio-Mar, Omar, et al., Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control”, Revista Científica, Vol.3 (36), 2019.
	Cornelio-Mar, Omar, et al., “Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancia”, RCCI, VOL. 10, NO. 2, 132-147 2016.

	<p>Cornelio-Mar, Omar, et al., “Sistema de Laboratorios a Distancia para la práctica de Control Automático”, RCCI, VOL. 10, NO. 4,2016.</p>
	<p>Cornelio-Mar, Omar, et al., “Modelo para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia”, Revista Científica, Vol.3 (33), 2018.</p>
	<p>Cornelio-Mar, Omar, et al., “Modelo multicriterio multiexperto utilizando Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias”, Ciencias de la Información, Vol.46 (2), 2015.</p>

PUBLICACIONES EN CONGRESOS Y MEMORIAS DE EVENTOS

-
- Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, et al., “Modelo mediante Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias en un Sistema de Laboratorios a Distancia”, Taller de Cibernética Aplicada, ICIMAF, 2014. Internacional en Cuba.
 - Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, et al., “Método multicriterio para la evaluación de competencias en un Sistema de Laboratorios a Distancia”, 17 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, CUJAE, 2014. Internacional en Cuba.
 - Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, et al., “Método para la evaluación de competencias mediante Mapa Cognitivo Difuso en un Sistema de Laboratorios a Distancia”, Convención Científica Internacional Universidad de Matanzas, UM, 2015. Internacional en Cuba.

- Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, et al., “Modelo para la evaluación de competencias con el empleo Mapa Cognitivo Difuso en un Sistema de Laboratorios Virtual y a Distancia”, X taller internacional Científico Metodológico de la cátedra “Dulce María Escalona”, Varona, 2015. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, et al., “Modelo para la evaluación de competencias en un Sistema de Laboratorios Virtual y a Distancia mediante Mapa Cognitivo Difuso”, II Conferencia Científica, UCI, 2015. Nacional.
- Cornelio-Mar, Omar, Leyva-Vázquez Maikel Y, Santana-Ching, Iván, “Modelo para la evaluación de habilidades mediante Mapa Cognitivo Difuso”, COMPUMAT 2015, SCMC, 2015. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar, Leyva-Vázquez Maikel Y, Santana-Ching, Iván, “Modelo multicriterio multiexperto utilizando Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias”, Infogest 2015, 2015. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar, Santana-Ching, Iván, Leyva-Vázquez Maikel Y, “Modelo para la evaluación de competencias para un Sistema de Laboratorios a Distancia mediante Mapa Cognitivo Difuso”, CIE 2015, 2015. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar, Argota-Vega, Luis E, Santana-Ching, Iván, “Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancia”, Civitec, 2015. Internacional en México.
- Cornelio-Mar, Omar, Argota-Vega, Luis E, Santana-Ching, Iván, “Modelo para la evaluación de habilidades utilizando Mapa Cognitivo Difuso”, Civitec, 2015. Internacional en México.

- Cornelio-Mar, Omar: “Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map”, ICOR 2016, 2016. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar, Argota-Vega, Luis E, Santana-Ching, Iván: “Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancias”, GestEmpres 2016, 2016. Nacional.
- Cornelio-Mar, Omar: “Implementación de un motor de Inferencia Decisional para la Evaluación del Desempeño”, GestEmpres 2016, 2016. Nacional.
- Cornelio-Mar, Omar, Argota-Vega, Luis E, Santana-Ching, Iván: “Experiencia en la evaluación de competencias en un Sistema de Laboratorios a Distancia”. 11na Peña Tecnológica, 2016. Nacional.
- Cornelio-Mar, Omar, “Herramienta para la simulación de sistemas dinámicos integrado al Sistema de Laboratorios Virtuales y a Distancia”. 11na Peña Tecnológica, 2016. Nacional.
- Cornelio-Mar, Omar, “Herramienta para la simulación de sistemas dinámicos integrado al sistema de laboratorios virtuales y a distancia” Evidosol/X Ciltec-online, 2016. Internacional en Brazil.
- Cornelio-Mar, Omar: “Experiencia en la evaluación de competencias en un sistema de laboratorios a distancia” Evidosol/X Ciltec-online, 2016. Internacional en Brazil.
- Cornelio-Mar, Omar: “Sistema de laboratorios a distancia para la práctica de control automático”, Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2018, Info2018. Internacional en Cuba.

- Cornelio-Mar, Omar: “Component for stability analysis in laboratory practice Distances”, LACCEI 2018. Internacional en Perú.
- Cornelio-Mar, Omar: “Modelo para la evaluación de habilidades utilizando Mapa Cognitivo Difuso”, MATECOMPU 2018. Internacional en Cuba.
- Cornelio-Mar, Omar: “Modelo multicriterio multiexperto mediante mapa cognitivo difuso para la evaluación de competencias”, Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura 2018. Internacional en Cuba.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta para evaluar el estado sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios en Sistemas de Laboratorios Remoto

Objetivo: El presente instrumento tiene como objetivo evaluar la necesidad de desarrollar una investigación para la elaboración de un Sistema de Laboratorios Remoto que implemente un método de clasificación para apoyar la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de Laboratorios, a partir del diagnóstico de habilidades. Se le asegura confidencialidad y anonimato a su respuesta, solamente debe mencionar el nombre de la organización a la que usted pertenece. Muchas gracias por su colaboración.

Organización _____

Responda las siguientes preguntas y marque con una X, en orden creciente, en los casos necesarios:

1. Diga si en su institución se han usado Sistemas de Laboratorios Remoto.

___ Sí ___ No

a) En caso de ser positiva su respuesta, diga para qué se usa.

En caso de ser negativa su respuesta, diga si considera importante el uso de Sistemas de Laboratorios Remoto en su institución.

___ Sí ___ No

2. Diga si conoce de algún Sistema de Laboratorios Remoto que implemente mecanismo de control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de habilidades de los estudiantes.

___ Sí ___ No

3. Según su criterio, diga la importancia que usted le concede a la implementación de mecanismos para el control de acceso para el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios en los Sistemas de Laboratorios Remoto.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Según su criterio, diga la importancia que usted le concede a la implementación de técnicas para validar las estrategias de control utilizadas por los estudiantes en los Sistemas de Laboratorios Remoto.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Según su criterio, diga la importancia que usted le concede al uso de recomendaciones sobre las necesidades de superación de habilidades deficientes.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Resultados del procesamiento de las encuestas aplicadas

Aspectos a evaluar	Frecuencia			Porcientos							
	Sí	No	Total	Sí	No						
Uso de Sistemas de Laboratorios Remoto.	3	9	12	25,00	75,0						
Conoce de algún SLR que implemente mecanismo de control de acceso a las prácticas de laboratorios.	0	12	12	0,00	100						
Aspectos a evaluar	Frecuencia						Porcientos				
	MA	A	M	B	N	Total	MA	A	M	B	N
Diga la importancia que usted le concede a la implementación de mecanismos para el control de acceso para el desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios en los SLR.	10	1	1	0	0	12	83,33	8,33	8,33	0,00	0,00
Importancia de implementar técnicas para validar las estrategias de control.	11	1	0	0	0	12	91,66	8,33	0,00	0,00	0,00
Importancia del uso de recomendaciones sobre las necesidades de superación.	9	2	1	0	0	12	75,00	16,66	8,33	0,00	0,00

Análisis de los resultados

Para acotar el objeto de estudio de la investigación, se realizó un diagnóstico que permitió constatar el estado actual en la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios, la utilización de los SLR y el diagnóstico habilidades como base de inferencia a las prácticas de laboratorios. Además la consideración para su aplicación en el Sistema Educativo Cubano para la enseñanza de carrera de Ingeniería en Automática.

Para el desarrollo de la encuesta se identificaron las instituciones potenciales, se obtuvo una participación de tres instituciones nacionales representada por: Universidad de Oriente, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Universidad Tecnológica de la Habana “CUJAE” que representan la fuente potencial de especialistas en dicha área del conocimiento.

Para realizar el diagnóstico se consultaron ocho profesores y dos directivos, para identificar el grado de uso de los SLR y mecanismos de control de acceso mediante el diagnóstico de habilidades. El resultado del instrumento está diseñado para conocer el comportamiento en cada institución. Los profesores y directivos encuestados representan la Comisión Nacional de Carrera y son especialistas en Automática.

Para el procesamiento de los resultados de la aplicación de la encuesta, se asignó un rango de importancia entre 1 y el 10 aplicando la escala: *Muy Alto* para los valores 10 y 9, *Alto* para los valores 8 y 7, *Medio* para los valores 6 y 5, *Bajo* para los valores 4 y 3, y *Ninguno* para los valores 2 y 1.

La respuesta de los encuestados sobre el uso de los SLR reflejó que el 75,00% no usa o ha usado SLR en prácticas de laboratorios. El criterio de los encuestados sobre

importancia de implementar mecanismo de control de acceso a las prácticas de laboratorios en SLR, fue evaluado como *Muy alto* en el 87,5%, como *Alto* en el 8,33% y como *Medio* en el 12,5%. Respecto a la importancia de técnicas para validar las estrategias de control diseñadas, las evaluaciones fueron de un 87,5% *Muy Alto* y un 12,5% *Alto*. Sobre la importancia recomendaciones sobre las necesidades de superación, fue evaluado por el 75,00% como *Muy Alto*, y el 25,00% como *Medio*. Lo antes descrito refleja:

- Bajo uso de los Sistemas de Laboratorios Remoto.
- Reconocimiento de la importancia de implementar mecanismos de control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de habilidades en los SLR.
- Reconocimiento de la necesidad de implementar técnicas que permitan validar los controladores sintonizados por los estudiantes.
- El reconocimiento de la necesidad de implementar recomendaciones sobre las necesidades de superación.

Las valoraciones antes expuestas reflejan la necesidad del desarrollo de la presente investigación, las que fueron consideradas para el desarrollo de la propuesta.

Anexo 2: Cuestionario para el resumen curricular

Datos del experto

- Nombre y Apellidos:
- Correo electrónico:
- Especialidad:
- Cargo actual:
- Entidad en la que labora:
- Seleccione su perfil de trabajo:
 - _____ Profesor a tiempo completo
 - _____ Profesor a tiempo parcial
 - _____ Profesor consultante
 - _____ Profesor emérito
 - _____ Investigador en procesos industriales
 - _____ Otros

¿Cuántos años de experiencia laboral posee? _____

¿Cuántos años de experiencia usted posee en el sistema educación superior? _____

Mencione 5 experiencias que posee y las publicaciones relacionadas con la Automática y los Sistemas Computacionales:

Anexo 3: Encuesta para seleccionar las habilidades: Delphi

Objetivo: seleccionar las habilidades para la asignatura Ingeniería de Control II de la carrera Ingeniería en Automática

El cuestionario propuesto está destinado a seleccionar las habilidades presentes para la asignatura Ingeniería de Control II de la carrera Ingeniería en Automática. Se le asegura confidencialidad y anonimato a su respuesta. Muchas gracias.

De los siguiente criterios marque con una “x” los que considere pueden ser habilidades.

1. Obtener modelos matemáticos dinámicos de sistemas físicos sencillos por vía analítica.
2. Analizar sistemas de control no lineales simples mediante la elaboración de modelos matemáticos a partir de datos de sus parámetros y estructura.
3. Aplicar técnicas de identificación en los dominios del tiempo y la frecuencia para la obtención del modelo matemático de sistemas.
4. Validar modelos obtenidos aplicando técnicas de identificación.
5. Elaborar esquemas físicos y en bloques funcionales de sistemas de control.
6. Simular mediante técnicas de computación sistemas físicos.
7. Evaluar el comportamiento de sistemas físicos simples mediante técnicas de simulación.
8. Analizar el comportamiento dinámico de sistemas de control discretos en el tiempo, así como cumplir tareas de diseño de acuerdo a los métodos típicos.
9. Diseñar controladores digitales para sistemas simples.

10. Evaluar el comportamiento y estructura de sistemas de control simples que emplean algoritmos y técnicas óptimas.

Otras que considere:

Resultados de la encuesta aplicada a los expertos para definir las habilidades (H):

Delphi

H\Exp	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	NC
H1	X	X	X	X	X	X	X	-	X	88,88%
H2	-	X	X	X	X	X	X	-	X	77,77%
H3	X	X	X	X	X	X	-	X	X	88,88%
H4	X	X	X	X	-	X	X	-	X	77,77%
H5	X	-	X	X	X	X	X	X	X	88,88%
H6	X	X	X	X	X	-	-	X	X	77,77%
H7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
H8	X	X	X	X	X	X	X	-	X	88,88%
H9	X	-	X	X	-	X	X	-	X	66,66%
H10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%

Anexo 4: Materiales y resultados del grupo focal para validar las habilidades y recomendaciones

Guía del Grupo focal

Número de participantes: 5 expertos en el área del conocimiento de la Automática y Sistemas Computacionales

Fecha: 27 de noviembre de 2018

Lugar: Salón de reuniones CEDAI

Hora: 2:00 p.m.

Nombre del moderador: **Omar Mar Cornelio**

Descripción del foco de trabajo: A partir del análisis del estado del arte sobre el uso de los Sistemas de Laboratorios Remoto se evidencia insuficiente capacidad de estos para diagnosticar previamente las habilidades de las personas que realizan las prácticas de laboratorios. Como parte de las acciones para mitigar las dificultades presentadas resulta necesaria la identificación del conjunto de habilidades que deben poseer antes de desarrollar una práctica de laboratorios. Sin embargo, las propuestas existentes no modelan el conocimiento causal para determinar la influencia entre los diferentes conceptos definidos en las habilidades, el **objetivo del grupo focal** es: conceptualizar las habilidades e identificar recomendaciones para su ejecución.

Descripción de los participantes: 5 personas, todos profesores a tiempo completo de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

Guía de la actividad

- Describir lo que constituye un grupo focal.
- Explicar el objetivo de la reunión.

- Explicar el procedimiento, confidencialidad.
- Presentación de cada participante, cada participante expone sus datos personales y aborda una síntesis de su experiencia docente en el área de la Automática y Sistemas Computacionales.
- Ejecución del debate.
- Conclusiones.

Guía de preguntas

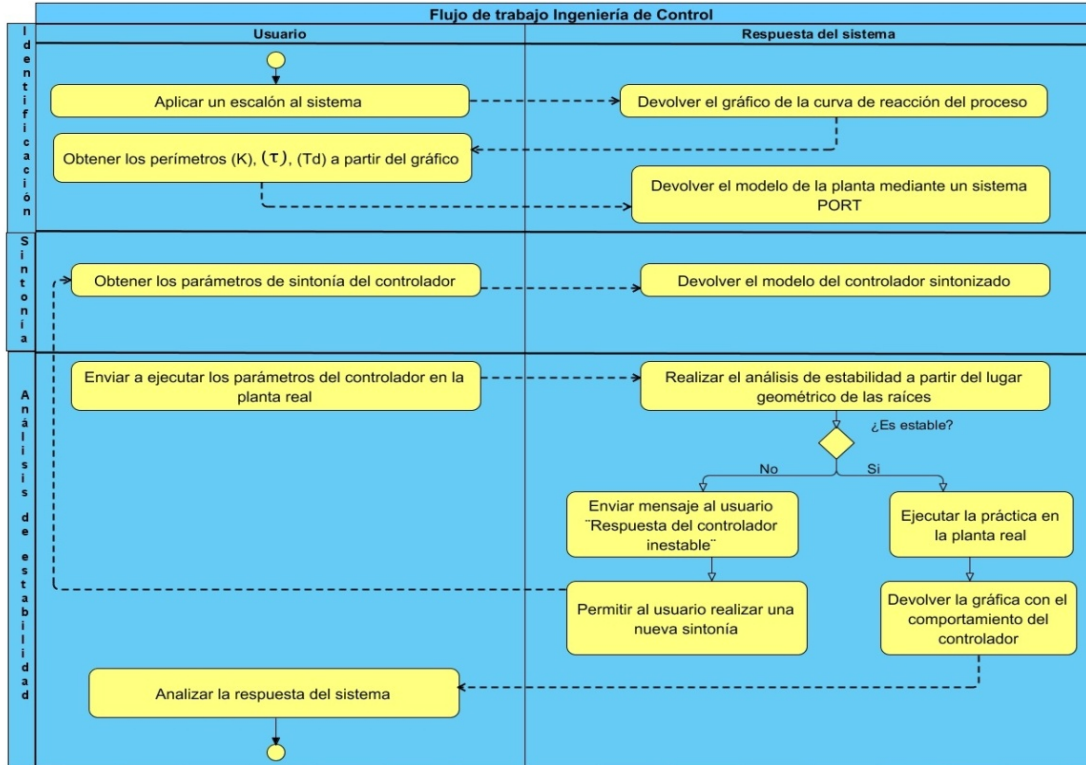
- ¿Cómo conceptualizar las habilidades para la Ingeniería de Control II?
- ¿Qué recomendaciones considera necesarias asociar a las habilidades para la Ingeniería de Control II?
- ¿Considera usted que las recomendaciones pueden predecir el comportamiento futuro?

Conceptualización de las habilidades y recomendaciones asociadas

No.	Habilidades	Conceptualización	Recomendaciones
1	Obtener modelos matemáticos dinámicos de sistemas físicos sencillos por vía analítica.	Acción de obtener modelos matemáticos dinámicos a partir del análisis de los sistemas físicos.	1. Necesidad de capacitar en función de obtener modelos dinámicos. 2. Necesidad de capacitar en función de la comprensión de sistemas físicos para la obtención de modelos matemáticos por vía analítica.
2	Analizar sistemas de control no lineales simples mediante la elaboración de modelos matemáticos a partir de	Acción de analizar sistemas de control no lineales simples mediante la elaboración de modelos matemáticos a partir de los datos de sus parámetros	1. Necesidad de capacitar en función de analizar sistemas de control no lineal simples. 2. Necesidad de capacitar en función de la elaboración de

	los datos de sus parámetros y estructura.	y estructura.	modelos matemáticos a partir de los datos de sus parámetros y estructura.
3	Aplicar técnicas de identificación en los dominios del tiempo y la frecuencia para la obtención del modelo matemático de sistemas.	Acción de aplicar técnicas de identificación de sistemas en los dominios del tiempo y la frecuencia para la obtención de modelos matemáticos.	1. Necesidad de capacitar en función de identificar sistemas en el dominio del tiempo y la frecuencia. 2. Necesidad de capacitar en función de la elaboración de modelos matemáticos a partir de la identificación de sistemas.
4	Validar modelos obtenidos aplicando técnicas de identificación.	Acción de validar modelos obtenidos aplicando técnicas de identificación de sistemas.	1. Necesidad de capacitar en función de validar modelos obtenidos aplicando técnicas de identificación de sistemas.
5	Elaborar esquemas físicos y en bloques funcionales de sistemas de control.	Acción de diseñar esquemas físicos y en bloques funcionales de sistemas de control.	1. Necesidad de capacitar en función elaborar esquemas físicos y en bloques funcionales de sistemas de control.
6	Simular mediante técnicas de computación sistemas físicos.	Acción de simular mediante técnicas de computación sistemas físicos.	1. Necesidad de capacitar en función de simular sistemas físicos. 2. Necesidad de capacitar en función de la aplicación de técnicas computacionales para la simulación de sistemas físicos.
7	Evaluar el comportamiento de sistemas físicos simples mediante técnicas de simulación.	Acción de evaluar el comportamiento de sistemas físicos simples mediante técnicas de simulación.	1. Necesidad de capacitar en función de evaluar el comportamiento de sistemas físicos. 2. Necesidad de capacitar en función de la aplicación de técnicas de simulación para evaluar

			sistemas físicos.
8	Analizar el comportamiento dinámico de sistemas de control discretos en el tiempo, así como cumplir tareas de diseño de acuerdo a los métodos típicos.	Acción de analizar el comportamiento dinámico de sistemas de control discreto en el tiempo, así como cumplir tareas de diseño de acuerdo a los métodos típicos.	1. Necesidad de capacitar en función de analizar el comportamiento dinámico en sistemas de control discreto. 2. Necesidad de capacitar en función de cumplir tareas de diseño de acuerdo a los métodos típicos.
9	Diseñar controladores digitales para sistemas simples.	Acción de diseñar controladores digitales para sistemas simples.	1. Necesidad de capacitar en función de diseñar controladores digitales para sistemas simples.
10	Evaluar el comportamiento y estructura de sistemas de control simples que emplean algoritmos y técnicas óptimas	Acción de evaluar el comportamiento y estructura de sistemas de control simples que emplean algoritmos y técnicas óptimas.	1. Necesidad de capacitar en función de evaluar el comportamiento y estructura de sistemas de control simples. 2. Necesidad de capacitar en función del empleo de algoritmos y técnicas óptimas.



Flujo de trabajo del componente Ingeniería de Control en el SLR.

Anexo 6: Cuestionario de autoevaluación de los expertos

Encuesta aplicada a posibles expertos para medir sus Coeficientes de Conocimiento, Argumentación y Competencia.

Estimado(a) compañero(a): ¿Desearía usted que se le consulte como experto para concluir una investigación que se desarrolla entre la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas y la Universidad de las Ciencias Informáticas respecto a un modelo para el diagnóstico de habilidades que contribuya al control de acceso de las prácticas de laboratorios en un Sistema de Laboratorios Remoto?

Si su respuesta es positiva, entonces se le solicita responder el siguiente cuestionario para determinar su competencia de conocimiento sobre la enseñanza de la Automática y los Sistemas Computacionales.

Datos personales:

1- Nombre y apellidos: _____ 2- Años de experiencia profesional: _____
3- Titulación: _____

4- Es Doctor en ciencias _____ Máster en ciencias _____ 5- Categoría docente: adiestrado ___ instructor ___ asistente ___ auxiliar ___ titular ___

6- Categoría investigativa: aspirante a investigador ___ agregado ___ auxiliar ___ titular ___

Se le solicita que sus respuestas sean objetivas y precisas

1- Según su opinión ¿Cuál es el grado de conocimientos que usted posee la enseñanza de la Automática y el uso de los Sistemas de Laboratorios Remoto? Marque con una X en la escala ascendente de 1 a 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Realice una autovaloración de la incidencia que cada uno de los aspectos de la tabla sobre la enseñanza de la automática y el uso de los Sistemas de Laboratorios Remoto. Marque con una X en las categorías Alto, Medio o Bajo.

Fuentes de argumentación.	Alto	Medio	Bajo
1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema.			
2. Estudio de trabajos publicados por autores cubanos.			
3. Estudio de trabajos de autores extranjeros.			
4. Intercambio de experiencias con profesores que utilizan Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.			
5. Experiencia práctica del empleo de Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.			
6. Conocimiento del estado actual del empleo de los Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.			

Tabla 1: Reconocimiento del Coeficiente de Conocimientos o información (**Kc**) de los expertos consultados sobre el tema. Donde Kc es igual al Valor Reconocido (Vr) en la tabla de 1 a 10 por 0,5. Fórmula $Kc = Vr (0,5)$

Expertos	Valor reconocido de la información										Kc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1										X	1
2							X				0,7
3									X		0,9
4										X	1
5										X	1
6										X	1
7									X		0,9
8										X	1
9										X	1
10										X	1
11										X	1
12									X		0,9
13								X			0,8
14							X				0,7
15										X	1
16										X	1
17										X	1

Se determinan los aspectos de mayor influencia a partir de los valores reflejados por cada experto en la tabla de la pregunta dos (2) y se contrastan con los valores de la tabla patrón reflejada. De esta forma se procesan los valores seleccionados por los expertos en la pregunta dos del instrumento aplicado. La sumatoria de estos valores permite determinar el Coeficiente de Argumentación (**Ka**)

Tabla 2. Tabla patrón de los valores equivalentes a los niveles o grado de influencia.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia		
	Alto	Medio	Bajo
1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema	0,3	0,2	0,1
2. Estudio de trabajos publicados por autores cubanos	0,5	0,4	0,2
3. Estudio de trabajos de autores extranjeros	0,05	0,04	0,03
4. Intercambio de experiencias con profesores que utilizan Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.	0,05	0,04	0,03
5. Experiencia práctica del empleo de Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.	0,05	0,04	0,03
6. Conocimiento del estado actual del empleo de los Sistemas de Laboratorios Remoto para la enseñanza de la automática.	0,05	0,04	0,03

Tabla 3: Sobre el Coeficiente de Argumentación de los expertos consultados (Ka). El Ka se obtiene mediante la sumatoria de los valores correspondientes a los criterios alto, medio y bajo de cada fuente de argumentación

Expertos	Valores de la frecuencia de argumentación						Ka
	1	2	3	4	5	6	
1	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	1
2	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
3	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
4	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
5	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
6	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
7	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
8	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	1
9	0.2	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.8
10	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	1

11	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
12	0.2	0.5	0.05	0.05	0.04	0.04	0.88
13	0.3	0.5	0.05	0.05	0.04	0.05	0.99
14	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.04	0.89
15	0.2	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
16	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.99
17	0.3	0.4	0.05	0.05	0.04	0.04	0.88
Σ	4.8	8.1	0.85	0.85	0.82	0.75	16.17

Para calcular el coeficiente de competencia (**K**) se suman los valores del Coeficiente de Conocimiento (**Kc**) y el Coeficiente de Argumentación (**Ka**), y el resultado se multiplica por 0,5, o sea, se usa la fórmula $K = 0,5 (Kc + Ka)$. El valor de **K** así obtenido se tomará como referencia para determinar el nivel de competencia (**NK**). Si **NK** es mayor o igual que 0,8 ($0,8 \leq K < 1,0$) se considera Alto; si es mayor que 0,5 y menor que 0,8 ($0,5 < K < 0,8$) se considera Medio; si es menor o igual a 0,5 ($K \leq 0,5$) se considera Bajo.

Tabla 4: Datos de cada experto según el Coeficiente de Conocimiento (**Kc**), Coeficiente de Argumentación (**Ka**), Coeficiente de Competencia (**K**) y el Nivel de Competencia (**NK**) recogido mediante el cuestionario de autoevaluación.

Expertos	Kc	Ka	K	NK
1	1	0.8	0.90	Alto
2	0.99	0.8	0.895	Alto
3	0.99	0.9	0.945	Alto
4	0.99	1	0.995	Alto
5	0.99	0.8	0.895	Alto
6	0.99	0.9	0.945	Alto
7	0.9	0.8	0.85	Alto
8	1	0.8	0.90	Alto
9	0.8	0.9	0.85	Alto
10	1	1	1.00	Alto
11	0.99	0.9	0.95	Alto
12	0.88	0.9	0.89	Alto
13	0.99	1	1.00	Alto
14	0.89	0.8	0.85	Alto
15	0.9	0.8	0.85	Alto

16	0.99	1	1.00	Alto
17	0.88	0.8	0.84	Alto

Se tienen en cuenta los expertos con nivel de competencia medio porque se obtuvo un valor competencia promedio igual a 0,91. Este valor se corresponde con el nivel de competencia alto, además ningún encuestado obtuvo un nivel de competencia bajo. El valor de competencia promedio se obtuvo dividiendo el valor total del Coeficiente de Competencia entre los 17 encuestados.

Tabla 5: Resumen del Nivel de Competencia de los expertos (NK).

Coeficiente de Competencia	Cantidad
Alto	17
Medio	0
Bajo	0
Total	17

Anexo 7: Cuestionario con la tabla de aspectos a valorar con la consulta a expertos

Estimado(a) profesor(a), usted ha sido seleccionado(a) como experto(a) para responder el presente cuestionario que tiene como objetivo recolectar información de carácter académico. Sus respuestas se utilizarán en la investigación doctoral sobre una propuesta de modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II.

Sus conocimientos y experiencia profesional sobre el tema que se investiga son necesarios para el feliz término de esta investigación. Se le solicita, por tanto, su colaboración. Muchas gracias.

Referencias				
C-1	Muy adecuado	Excelente	Muy suficiente	Muy aceptable
C-2	Bastante adecuado	Muy bueno	Bastante suficiente	Bastante aceptable
C-3	Adecuado	Bueno	Suficiente	Aceptable
C-4	Poco adecuado	Regular	Poco suficiente	Poco aceptable
C-5	Inadecuado	Malo	Insuficiente	Nada aceptable

Coloque una X en la casilla del número que usted considere representa la valoración correcta					
Aspectos a valorar	1	2	3	4	5
1. ¿Cómo valora la concepción general del modelo propuesto? Objetivo, componentes, cualidades y principios.					
2. ¿Cómo valora la fundamentación del modelo?					
3. ¿Cómo valora el diseño de las etapas del modelo propuesto?					
4. ¿Cómo valora el cumplimiento del objetivo propuesto por el modelo?					
5. ¿Cómo valora la concepción general de la herramienta que soporta el modelo propuesto?					

Por favor, siéntase libre de hacer cualquier otra valoración (sugerencias, opiniones y observaciones) sobre cualquier aspecto. Su criterio será de utilidad para perfeccionar el modelo que se propone en esta investigación.

Seguidamente se relacionan las tablas con el procesamiento de la información de carácter académico obtenida mediante el cuestionario, Consulta a Expertos, sobre el modelo para el diagnóstico de habilidades que contribuye al control de acceso a las prácticas de laboratorios de control automáticas.

Tabla 1: Frecuencia Acumulativa Absoluta de los valores de las respuestas en la Consulta a Expertos.

Inciso	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco adecuado	C5 Inadecuado	Total
1	17	0	0	0	0	17
2	14	3	0	0	0	17
3	13	4	0	0	0	17
4	16	1	0	0	0	17
5	16	1	0	0	0	17

Tabla 2: Frecuencia Acumulativa Sumativa de los valores de las respuestas en la Consulta a Expertos.

Inciso	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco adecuado	C5 Inadecuado
1	17	0	0	0	0
2	17	3	0	0	0
3	17	4	0	0	0
4	17	1	0	0	0
5	17	1	0	0	0

Tabla 3: Frecuencia Acumulativa Sumativa Relativa de los valores de las respuestas en la Consulta a Expertos.

Inciso	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco adecuado	C5 Inadecuado
1	1	0.000	0.000	0	0
2	1	0.176	0.000	0	0
3	1	0.235	0.000	0	0
4	1	0.059	0.000	0	0
5	1	0.059	0.000	0	0

Tabla 4: Determinación de las imágenes en la distribución normal estándar de los valores de las respuestas en la Consulta a Expertos.

Inciso	C1	C2	C3	C4	C5	Σ	P	N	N-P
1	0.8413	0.5	0.5	0.5	0.5	2.8413	0.56826	0.3290	-0.2393
2	0.8413	0.57	0.5	0.5	0.5	2.9088	0.58176	-1.1144	-1.6962
3	0.8413	0.9906	0.5	0.5	0.5	3.3319	0.66638	-1.1144	-1.7808
4	0.8413	0.5199	0.5	0.5	0.5	2.8612	0.57224	-1.1144	-1.6866
5	0.8413	0.5199	0.5	0.5	0.5	2.8612	0.57224	-1.1144	-1.6866
Σ	4.2065	3.0979	2.5	2.5	2.5	14.804	—	—	—
PC	0.841	0.6196	0.50	0.50	0.50	—	—	—	—
PC = Puntos de Cortes									

Tabla 5: Categoría de valoración por cada inciso de acuerdo al valor de peso (N-P) obtenido para las respuestas en la Consulta a Expertos.

Inciso	Valor de peso (N-P)	Categoría
1	-0.2393	Muy Adecuado
2	-1.6962	Muy Adecuado
3	-1.7808	Muy Adecuado
4	-1.6866	Muy Adecuado
5	-1.6866	Muy Adecuado

Nota: Todos los valores N-P son menores al Punto de Corte del Criterio 1 (C1) que indica **Muy Adecuado**.

Anexo 8: Resultado de la medición de los indicadores en el experimento

Preprueba

Ranks

	Agrupación de las alternativa	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Control de acceso total -Control de acceso inferido por el modelo	1	25 ^a	16,00	400,00
	2	3 ^b	2,00	6,00
	Total	28		

^a Control de acceso inferido por el modelo

^b Control de acceso denegado por el modelo

Test Statistics(a)

		Control de acceso inferido- Control de acceso total
Most Extreme Differences	Absolute	1,000
	Positive	,000
	Negative	-1,000
Kolmogorov-Smirnov Z		1,637
Asymp. Sig. (2-tailed)		,009

a Grouping Variable: Variable_Control de acceso

Postprueba

Ranks

	Agrupación de las alternativa	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Control de acceso inferido por el modelo – desarrollo exitoso de las prácticas de laboratorios	1	1 ^a	1,00	1,00
	2	24 ^b	13,50	324,00
	Total	25		

^a Desarrollo fallido de las prácticas de laboratorio

^b Desarrollo exitoso de las prácticas

Test Statistics(b)

		Desarrollo satisfactorio - Control de acceso inferido
Mann-Whitney U		,000
Wilcoxon W		1,000
Z		-1,722
Asymp. Sig. (2-tailed)		,085
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		,080(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Variable_Desarrollo práctica

Anexo 9: Encuesta aplicada para valorar la satisfacción de los usuarios

Encuesta: Para medir la satisfacción de los usuarios respecto a la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto propuesto, así como su pertinencia y utilidad, se analizará a partir del juicio que usted emita. Según su criterio, marque con una (X) los siguientes elementos:

1. ¿Cuál es su criterio sobre la herramienta Sistema de Laboratorios Remoto?

___ Me gusta mucho ___ No me gusta mucho ___ Me da lo mismo

___ Me disgusta más de lo que me gusta ___ No me gusta nada ___ No sé qué decir

2. ¿Considera usted oportuno que un SLR tenga incorporado un modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios a partir del diagnóstico de las habilidades?

___ Si ___ No sé ___ No

3. ¿Utilizaría usted la herramienta propuesta?

___ Si ___ No sé ___ No

4. Especifique: ¿Considera usted pertinente la utilización de SLR en las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Especifique: ¿Cómo usted valora la utilidad de la herramienta SLR?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. ¿Qué elementos usted considera o recomienda a la herramienta?
