



**Facultad de Ingeniería Informática**  
**Universidad Tecnológica de La Habana**  
**José Antonio Echeverría**  
**cujae**

# **SISTEMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE OPERARIOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

**Trabajo de Diploma para Optar por el Título de  
Ingeniería en Informática**

**Autor:** Mónica Montoto Montané

**Tutor:** Dra. Raisa Socorro Llanes

La Habana, Cuba  
7 de septiembre de 2022

# Resumen

La Industria Alimentaria en Cuba juega un rol muy importante dentro de la economía del país. Cuando existe una falla en su proceso productivo, no siempre están presentes los expertos para su posible solución, ya que no todos los técnicos están preparados para tomar decisiones correctas en determinadas circunstancias. En ese caso, se detiene la producción hasta que aparezca el trabajador que pueda resolver la falla ocurrida, provocando pérdidas en numerosas áreas y sectores. Es por ello que, esta industria, presenta la necesidad de capacitar a todos sus operarios ante los procesos que en ella se desarrollan.

Para brindarle una solución a esta problemática se desarrollaron, por el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA) y la Facultad de Ingeniería Informática e Ingeniería Química de la CUJAE, un Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT) y un Generador de Bases de Conocimiento.

Este sistema experto SECPROIT, tiene como objetivo evaluar las decisiones que toman los operarios ante diferentes situaciones críticas y brinda a los jefes los resultados de las mismas y cómo se van superando sus trabajadores ante cada proceso. Actualmente, dicho sistema, presenta ciertas limitaciones que impiden su correcto funcionamiento, por lo que es necesario realizar una actualización del mismo.

Una vez logrado este objetivo se podrán resolver los problemas de la Industria Alimentaria, planteados al inicio de este resumen. A esta investigación se le atribuye un valor práctico, ya que este sistema (artefacto de salida) será implementado en las Industrias Azucareras Cubanas.

**Palabras claves:** Industria Alimentaria, proceso productivo, operario, Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA), situación crítica, Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT), Generador de Bases de Conocimientos, sistema experto, artefacto de salida.

# Abstract

The Food Industry in Cuba plays a very important role in the country's economy. When there is a fault in your production process, experts are not always present for its possible solution, since not all technicians are prepared to make the correct decisions in certain circumstances. In this case, production is stopped until the worker who can solve the fault that has occurred appears, causing losses in numerous areas and sectors. That is why this industry presents the need to train all its operators before the processes that are developed in it.

To provide a solution to this problem, the Food Industry Research Institute (IIIA) and the Faculty of Computer Engineering and Chemical Engineering of CUJAE developed an Expert System for the Control of Chemical Processes (SECPROIT) and a Generator of Knowledge Bases.

This SECPROIT expert system aims to evaluate the decisions made by operators in different critical situations and provides managers with the results thereof and how their workers are improving in each process. Currently, this system has certain limitations that prevent it from working properly, so it is necessary to update it.

Once this objective has been achieved, the problems of the Food Industry, raised at the beginning of this summary, can be resolved. A practical value is attributed to this research, since this system (exit device) will be implemented in the Cuban Sugar Industries.

**Keywords:** Food Industry, production process, operator, Food Industry Research Institute (IIIA), critical situation, Expert System for the Control of Chemical Processes (SECPROIT), Knowledge Base Generator, expert system, exit device.

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. Fundamentos Teóricos</b>	<b>6</b>
1.1. Sistemas de Capacitación Automatizados . . . . .	6
1.1.1. Características de un Sistema de Capacitación . . . . .	7
1.1.2. Importancia de los Software de Capacitación . . . . .	7
1.1.3. Fases de un Proceso de Evaluación de Conocimiento . . . . .	7
1.1.4. Tipos de Preguntas en un Sistema de Capacitación Automatizado	8
1.1.5. ¿Cómo verificar la validez de las respuestas? . . . . .	9
1.1.6. ¿Cómo se evalúa una Capacitación? . . . . .	10
1.2. Sistemas Expertos . . . . .	10
1.2.1. Componentes de un Sistema Experto . . . . .	10
1.2.2. Ventajas de un Sistema Experto . . . . .	11
1.2.3. Desventajas de un Sistema Experto . . . . .	12
1.2.4. ¿Por qué usar un Sistema Experto en este Entrenador? . . . . .	12
1.3. Sistema de Entrenamiento SECPROIT . . . . .	13
1.3.1. ¿Cómo funciona el SECPROIT? . . . . .	14
1.3.2. Limitaciones Actuales del Sistema . . . . .	14
1.3.3. Nuevas Acciones Sugeridas . . . . .	15
1.4. Conclusiones Parciales . . . . .	16
<b>2. Nuevo Sistema de Entrenamiento</b>	<b>17</b>
2.1. Modelado del Negocio . . . . .	17
2.1.1. Modelo de Dominio . . . . .	17
2.1.2. Reglas del Negocio . . . . .	18
2.1.3. Diagrama de Actividades . . . . .	19
2.2. Captura de Requisitos . . . . .	19
2.2.1. Requisitos Funcionales . . . . .	20
2.2.2. Requisitos No Funcionales . . . . .	20
2.3. Casos de Uso del Nuevo Sistema . . . . .	21
2.3.1. Actores del Sistema . . . . .	22

2.3.2.	Diagrama de Casos de Uso del Nuevo Sistema . . . . .	22
2.4.	Modelo de Datos . . . . .	23
2.4.1.	Diagrama de Entidades y Relaciones (DER) . . . . .	23
2.4.2.	Modelo Físico de la Base de Datos . . . . .	24
2.5.	Vista de la Arquitectura . . . . .	25
2.5.1.	Descripción de los Paquetes . . . . .	25
2.6.	Patrones y Principios de Diseño . . . . .	25
2.6.1.	Patrón Singleton . . . . .	25
2.7.	Interfaz de Usuario . . . . .	26
2.8.	Conclusiones Parciales . . . . .	27
<b>3.</b>	<b>Validación de la Solución Propuesta</b>	<b>28</b>
3.1.	Pruebas Funcionales . . . . .	28
3.1.1.	Caso de Prueba: Gestionar Usuario . . . . .	28
3.1.2.	Caso de Prueba: Gestionar Área . . . . .	29
3.2.	Análisis del Resultado de las Pruebas . . . . .	29
3.3.	Conclusiones Parciales . . . . .	30
	<b>Conclusiones</b>	<b>31</b>
	<b>Recomendaciones</b>	<b>32</b>
	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>33</b>
	<b>Anexos</b>	<b>35</b>
<b>A.</b>	<b>Interfaz de Usuario del Nuevo Sistema</b>	<b>36</b>

# Índice de tablas

2.1. Actores del Nuevo Sistema. . . . .	22
2.2. Descripción de la arquitectura de paquetes utilizada. . . . .	26

# Índice de figuras

1.1. Etapas para garantizar un buen Sistema de Capacitación. . . . .	8
1.2. Componentes mínimos requeridos en un Sistema Experto. . . . .	11
1.3. Estructura de un archivo <i>drl</i> . . . . .	14
2.1. Modelo de Dominio del Nuevo Sistema. . . . .	18
2.2. Diagrama de Actividades del Nuevo Sistema. . . . .	19
2.3. Diagrama de Casos de Uso del Nuevo Sistema. . . . .	23
2.4. Diagrama de Entidades y Relaciones del Sistema. . . . .	23
2.5. Modelo Físico de la Base de Datos del Nuevo Sistema. . . . .	24
2.6. Paquetes del Sistema en Eclipse. . . . .	25
3.1. Caso de Prueba para Introducir Usuario. . . . .	29
3.2. Caso de Prueba para Modificar Usuario. . . . .	29
3.3. Caso de Prueba para Introducir Área. . . . .	29
3.4. Caso de Prueba para Modificar Área. . . . .	30
3.5. Caso de Prueba para Eliminar Área. . . . .	30
A.1. Colores cálidos en el Sistema. . . . .	36
A.2. Sistema reforzado con mensajes de ayuda. . . . .	36
A.3. Pantalla más grande de 860x440. . . . .	37
A.4. Pantalla acompañadas de imágenes. . . . .	37
A.5. Ejemplo de distribución de una vista de gestión. . . . .	38

# Introducción

En la actualidad, el desarrollo tecnológico se ha convertido prácticamente en una obligación para la mayoría de los entornos laborales, industriales y sociales. En un mundo tan globalizado, que avanza y se supera con una rapidez vertiginosa, no resulta de extrañar que se exijan mejores condiciones y prestaciones. A partir de estas demandas, surge la necesidad de establecer nuevas técnicas en las grandes empresas que, de manera automática, faciliten todo tipo de actividades, desde lo laboral y comercial, hasta lo cotidiano [1]. Estas exigencias requieren nuevos desafíos, sin incluir los retos tecnológicos ya mencionados. Los avances técnicos traen consigo la necesidad de contar con factores humanos capacitados para responder ante este nuevo desarrollo científico [2].

Cuba no está ajena a esta nueva revolución tecnológica. El país está abocado a la creación y fortalecimiento de programas de posgrado que consoliden, complementen, profundicen y originen nuevos conocimientos, inmersos en áreas relacionadas con estos cambios de la era digital. De esta forma se proporcionan herramientas para afrontar retos, tomar decisiones y solucionar problemas de la sociedad cubana en general [1].

El empleo de una tecnología de software propia reduce el tiempo de desarrollo y puesta marcha de la misma, minimiza el costo, aporta gran flexibilidad y eficiencia en las operaciones, mejora significativamente la trazabilidad de los procesos y facilita el trabajo a partir de diseños amigables de la interfaz hombre-máquina [3]. Es por ello que, en Cuba, constantemente se trabaja en función de desarrollar nuevos sistemas que permitan un avance técnico significativo. Por citar un ejemplo, la Industria Farmacéutica Cubana está compuesta por procesos tecnológicos de elevada complejidad, que necesitan cumplir con exigentes indicadores de calidad en la producción de medicamentos. A esta industria se le empleó una metodología que permitió automatizar la mayoría de sus procesos. Esta, ha significado un ahorro al país superior a tres millones y medio en moneda convertible en los últimos cinco años, un gran beneficio gracias al avance tecnológico [4].

En ocasiones, las ventajas competitivas que se obtienen con el uso de la tecnología, pueden verse afectadas por diversos riesgos, lo que provoca una posibilidad de pérdida hacia el futuro. Aunque son un hecho probabilístico sobre el que se tiene cierta incertidumbre, porque pueden ser provocados por factores internos o externos a la organización, tienen el poder de originar efectos indeseados en el cumplimiento de los objetivos de las instituciones. Ante esta realidad, ha surgido como necesidad la gestión



de riesgos, con el propósito de lograr ejercicios de planeación y ejecución más acertados. De esta situación no escapa la Industria Cubana y como parte de ella, la Industria Alimentaria [5].

La Industria Alimentaria Cubana juega un rol muy importante dentro de la economía del país. Se caracteriza por trabajar de manera ininterrumpida, con un personal que cambia frecuentemente. Esta situación dificulta el entrenamiento de sus procesos productivos, ya que no cuenta con suficientes especialistas para la capacitación de los trabajadores. Al generarse una falla en un proceso, existe el inconveniente de una posible ausencia de expertos que encuentren una solución al problema, ya que todos los técnicos no tienen el mismo nivel de preparación para tomar decisiones ante fallas en determinadas circunstancias. En este caso, resulta entonces necesario paralizar el proceso productivo hasta localizar al experto que solucione el problema detectado, lo que genera pérdidas de recursos y un incumplimiento en el tiempo de producción [6].

El Instituto de Investigación de la Industria Alimentaria (IIIA) posee un capital humano especializado y de prestigio que a lo largo de los años, logró resultados científico-técnicos consistentes en la creación de aditivos, extensores alimenticios y la fortificación con vitaminas y minerales de alimentos seleccionados. El propósito de esta institución es lograr ventajas competitivas sostenibles en las industrias cubanas [7]. Para darle solución al problema de la Industria Alimentaria, planteado anteriormente, este instituto, en conjunto con las facultades de Ingeniería Química e Ingeniería Informática (ambas de la CUJAE), desarrolló un Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT) y un Generador de Bases de Conocimiento.

El Generador de Bases de Conocimiento es el encargado de crear las bases de información para los diferentes procesos químicos que ocurren en una fábrica. Cada base contiene un grupo de variables, cada una con sus características y clasificaciones. De cada variable se conocen las causas que pueden provocar un estado de riesgo o alarma. De cada causa, se conocen las recomendaciones a seguir para minimizar los riesgos en el proceso productivo. A partir de estos datos, el generador elabora un conjunto de ficheros que luego serán utilizados por el SECPROIT [7].

El Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT) tiene como objetivo asesorar la toma de decisiones durante la ejecución de un proceso. A partir de los datos obtenidos por el Generador de Bases de Conocimiento, este sistema produce un conjunto de entrenamientos para los operarios de la fábrica. En cada prueba, el usuario debe escoger las variables que considere en estado de alarma, señalar sus posibles causas y seleccionar las recomendaciones a seguir. Cada prueba contiene tres etapas: variables, causas y recomendaciones. Estas evaluaciones son utilizadas para advertir los conocimientos de los trabajadores y la capacidad que posee cada uno [8].

Actualmente el sistema SECPROIT posee ciertas limitaciones que impiden que sea implementado en las industrias:

- a la hora de generar o evaluar los entrenamientos, la información utilizada se extrae directamente de los ficheros obtenidos por el Generador de Bases de Conocimiento, lo que resulta una demora extra
- solo existe un método de pregunta
- el resultado del entrenamiento está dado por la cantidad de preguntas correctas que se respondieron, sin tener en cuenta el tiempo utilizado
- en la última etapa, las recomendaciones, no se evalúan correctamente los resultados ni se muestra la puntuación obtenida
- los entrenamientos se realizan de manera continua, sin posibilidad de pausa
- las etapas aparecen de manera consecutiva, sin importar si la anterior fue aprobada o no, ya que los resultados solo influyen en la evaluación final (aparecen etapas innecesariamente)
- los procesos se pueden evaluar una sola vez, es decir, por cada proceso existe un único entrenamiento, lo que limita la capacidad de aprendizaje del trabajador
- los reportes del sistema no brindan toda la información requerida para conocer la capacidad del trabajador
- las visuales del sistema son poco intuitivas, con colores oscuros y de diversos tamaños, lo que resulta poco amigable para el usuario

A partir de estas restricciones se intuyen un número de cambios necesarios a realizar. Estas modificaciones deben abarcar tanto la lógica programada, como su base de datos, sus interfaces de usuario y la estructura del sistema. Es decir, son requeridas diversas transformaciones en todas las capas internas del SECPROIT. Es por ello que, una actualización desde el propio sistema, resulta más trabajosa que realizar un proyecto nuevo. Esto se debe a que modificar un código escrito, para adaptarlo a una nueva estructura y una nueva base de datos, resulta más complejo que elaborarlo de cero [9].

Partiendo de este principio, resulta evidente que, la solución a esta situación problemática, es desarrollar un nuevo sistema tomando como origen el SECPROIT. Esta actualización debe poder resolver el problema de investigación que se planteaba al principio: *¿Cómo lograr una completa capacitación de los operarios de la Industria Alimentaria, ante la toma de decisiones en una situación crítica?*

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es:

- Generar un sistema capaz de adiestrar a los operarios de la Industria Alimentaria, tomando como guía el sistema SECPROIT, pero solucionando las limitaciones que este actualmente presenta.

Para poder cumplir con el objetivo de esta investigación, deben completarse los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar y decidir con qué tecnologías se realizará el nuevo sistema
2. Modelar la actualización del SECPROIT, tomando como base el sistema anterior
3. Diseñar la nueva base de datos a partir del modelo resultante en el objetivo anterior
4. Programar el sistema en cuestión, teniendo en cuenta las limitaciones presentes en la versión actual
5. Diseñar e implementar las nuevas interfaces, rectificando lo señalado en el sistema anterior
6. Programar el entrenamiento de los operarios a partir de la información recibida por el Generador de Bases de Conocimiento
7. Diseñar y realizar pruebas al nuevo sistema resultante
8. Desplegar la aplicación en la Facultad de Ingeniería Química, para luego implementarla en las industrias

Cada objetivo específico presenta un grupo de tareas a realizar, las cuales permitirán completar dichos objetivos. A continuación, el listado de tareas específicas:

- Analizar los requisitos funcionales que debe cumplir el sistema, para seleccionar las tecnologías con las que se trabajarán
- Realizar diagramas auxiliares para comprender y estructurar el nuevo sistema (diagrama de caso de uso, modelo de dominio, diagrama de actividades, entre otros)
- Diseñar la nueva base de datos
- Implementar la nueva base de datos
- Implementar las funcionalidades que permitan la administración del sistema
- Realizar el diseño de las nuevas interfaces
- Desarrollar e implementar las nuevas interfaces
- Implementar la generación de preguntas asociadas a la evaluación del estado de las variables (fase de entrenamiento)

- Implementar la generación de preguntas asociadas a la evaluación de las causas del estado de una variable (fase de entrenamiento)
- Implementar la generación de preguntas asociadas a la evaluación de las recomendaciones del estado de una variable (fase de entrenamiento)
- Implementar la configuración del proceso de evaluación asociado a un proceso en específico
- Implementar la conexión con el JBOSS para obtener las respuestas correctas para las preguntas asociadas a las causas y recomendaciones
- Implementar proceso de evaluación parcial para cada etapa
- Implementar evaluación integral del operario en un proceso
- Diseño de las pruebas al sistema
- Ejecución de las pruebas y experimentos al sistema
- Crear un manual de usuario del nuevo sistema
- Desplegar el nuevo sistema en la Facultad de Ingeniería Química

Los **objetos de estudio** de esta investigación son los sistemas de entrenamiento, los sistemas expertos y los sistemas de información inteligentes basados en reglas de producción. De este conjunto, se centra la atención en el *campo de acción* que comprende el Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT).

Como **artefacto de salida** se logrará un sistema de entrenamiento (una aplicación práctica) que permite capacitar a los operarios de las Industrias Alimentarias. En una primera prueba, se desea implementar este sistema resultante en las Industrias Azucareras Cubanas, obteniendo un **valor práctico** de gran importancia para la sociedad.

# Capítulo 1

## Fundamentos Teóricos

El presente capítulo abarca los principales temas que se abordan a lo largo de la investigación. Se detalla qué es un sistema de capacitación automatizado, su importancia, sus tipos de preguntas y los modelos de calificación que siguen. Además, se plantea el concepto de sistemas expertos, junto a sus características más notables y su importancia. También estarán explicadas algunas de las funcionalidades del Sistema de Entrenamiento SECPROIT, sus componentes y rendimiento. Al final del capítulo se observan conclusiones parciales a modo de resumen del mismo.

### 1.1. Sistemas de Capacitación Automatizados

La capacitación laboral es un método aplicado por las empresas para que su personal adquiera nuevos conocimientos profesionales. Por lo general, se produce ante un ascenso o incorporación, aunque no son los únicos motivos. Lo ideal es que se desarrolle de forma continua, ya que la constante formación del personal deriva en resultados positivos tanto para el grupo de trabajo como para la organización en la que se realiza [10]. Surge en el mundo como respuesta a la necesidad de mejorar permanentemente la calidad y formación de recursos humanos.

Basándose en el concepto anterior, un sistema de capacitación automatizado, también conocido como sistema de entrenamiento, es un método de enseñanza alternativo creado para el adiestramiento de los trabajadores. Se basa, principalmente, en un software que permite el aprendizaje de los usuarios sin necesidad de una supervisión constante. Generalmente, resulta más efectivo que las prácticas de enseñanza presencial, debido a que el estudiante trabaja solo y puede determinar su propia velocidad de aprendizaje, usando una amplia variedad de herramientas y métodos para la transferencia del conocimiento [11].

A modo de resumen, es un software que brinda una solución de recursos humanos, ayuda en la formación de los trabajadores y aumenta la productividad empresarial.

### 1.1.1. Características de un Sistema de Capacitación

Un sistema de capacitación, ya sea automatizado o no, ofrece diferentes aplicaciones en función del modelo de negocio que utiliza. Su versatilidad permite adaptarse a las necesidades particulares de cada sector. Sin embargo, según [12], la mayoría de los sistemas contienen las mismas características:

- Son capaces de gestionar los distintos cursos impartidos, la asistencia y la inversión en formación de la empresa.
- Asignan a los empleados que deberán asistir y los profesionales responsables de analizar sus resultados.
- Detectan las carencias formativas del personal antes de que influyan en el desarrollo del trabajo.
- Clasifican las distintas actividades formativas en base a su categoría y catálogo.
- Registran y consultan el progreso del aprendizaje de los empleados en tiempo real.

### 1.1.2. Importancia de los Software de Capacitación

Un sistema de entrenamiento asistido por computadora permite ofrecer el mismo nivel de adiestramiento para cada usuario del sistema, en cuanto a rigor y evaluación. Uno de los problemas de la capacitación de los empleados de manera presencial, es que las sesiones son frecuentemente inconsistentes, y las diferencias en el nivel de habilidad del formador pueden tener un impacto significativo en el éxito del empleado. Al contar con un sistema automatizado, solo se necesita una base de conocimientos para garantizar el mismo nivel de entrenamiento para todos los capacitados [13].

### 1.1.3. Fases de un Proceso de Evaluación de Conocimiento

Un proceso de evaluación de conocimiento, debe estar integrado por cinco etapas (Figura 1.1), asegura [14]. Cada una de ellas, va a marcar un conjunto de acciones, que al final se interpretarán como un buen entrenamiento:

- *Recogida de Datos*: es la recopilación sistemática de toda la información a lo largo del proceso completo de enseñanza-aprendizaje. Debe tener concordancia con los objetivos, ser suficiente, representativa, relevante y ponderada, en función del peso otorgado a cada objetivo. En los sistemas en línea estas posibilidades de registrar evidencias son inmensas.

- *Puntuación de las Pruebas*: se realiza una vez medidos, de manera cuantitativa o cualitativa, los distintos bloques de información, con las ponderaciones, criterios e indicadores que se hayan establecido.
- *Juicio de Valor*: puede hacerse limitándose a criterios de grupo (evaluación normativa), refiriéndose a criterios de superación de objetivos y/o contenidos (evaluación de criterio), o teniendo en cuenta la personalidad, posibilidades y limitaciones del propio sujeto del aprendizaje (evaluación personalizada).
- *Toma de Decisiones*: habitualmente denominada calificación, trae consigo una serie de consecuencias personales, administrativas, económicas y laborales. Se basa en la decisión a partir del resultado. La acción resultante influye directamente en el adiestrado. Ejemplos de decisiones son: selección/exclusión, promoción/recuperación/repetición, rebajar a niveles anteriores, ampliación, certificación/reprobación, entre otras.
- *Información a los Interesados*: es la etapa final, que ha de llegar a diferentes destinatarios, aunque principalmente y de forma adecuada, a los capacitados. Es la confirmación de que concluye el entrenamiento.

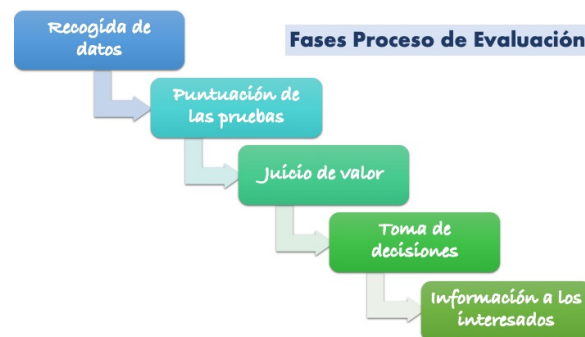


Figura 1.1: Etapas para garantizar un buen Sistema de Capacitación.

#### 1.1.4. Tipos de Preguntas en un Sistema de Capacitación Automatizado

A medida que avanza el tiempo, se generan nuevos métodos de estudio, y con estos, nuevas formas de preguntar y calificar. Sin embargo, a la hora de diseñar un sistema automatizado, no es menos cierto que existen algunas variantes más sencillas y por ende, más utilizadas. Según [15] los tipos de preguntas que mayormente se emplean en un sistema de este tipo son:

- *Verdadero o Falso*: contienen una declaración que se debe indicar si es verdadera o no. Permiten responder en poco tiempo, son fáciles, rápidos de calificar y se corrigen de forma automática.
- *Opción Múltiple*: se componen de una pregunta (raíz) con múltiples respuestas posibles. Pueden incluir múltiples opciones válidas, en cuyo caso, podrían darse por superada al marcar cualquiera de ellas o cuando se marquen todas. Se caracterizan por ser fáciles y rápidas de calificar, se corrigen automáticamente y se pueden utilizar para evaluar los conocimientos en una amplia gama de contenidos.
- *Emparejar, Relacionar u Ordenar*: por lo general se emparejan cada una de las opciones del primer bloque con las opciones dadas en el segundo bloque, o se ordenan bloques de modo que quede una secuencia correcta de acuerdo a un patrón previamente establecido. Se suelen usar en aquellos cursos donde la adquisición de conocimientos muy detallados es un objetivo importante. Son preguntas fáciles de diseñar, rápidas de calificar y se corrigen automáticamente. Estadísticamente, se tarda más en responder que las preguntas anteriores.
- *Respuesta Corta*: basta con que se escriban un par de palabras o una frase sencilla. Una alternativa más común a este tipo de preguntas es la de cubrir espacios en blanco con una palabra. Este tipo de preguntas son muy útiles para que se demuestren los conocimientos basados en hechos o palabras claves. La dificultad para calificarlas depende del estilo que se decida emplear.

### 1.1.5. ¿Cómo verificar la validez de las respuestas?

Una vez terminado el entrenamiento, mediante el proceso de evaluación, se debe comprobar cuáles de los resultados obtenidos son correctos y cuáles no. Para ello se deben comparar las respuestas del evaluado con una fuente de confianza, que contenga la información verídica de lo que se está tratando. Estas fuentes de confianza se conocen por el nombre: bases de conocimiento. A partir de ellas, se verifica si los datos en las respuestas del evaluado coinciden con la información real contenida en la base. Este proceso puede realizarse tanto de manera manual, semi-automática o automática [16].

Al tratarse de un sistema de capacitación automatizado, por lo general, el método utilizado para validar las respuestas es el automático. De esta forma se facilita el trabajo para aquellos que deben evaluar a un personal abundante. Según [17], la manera más efectiva y eficiente de evaluar estos sistemas es a partir del uso de un Sistema Experto.



### 1.1.6. ¿Cómo se evalúa una Capacitación?

La evaluación y la calificación de una prueba, no pueden depender de un solo instrumento o técnica, ya que de esa forma solo se mide un tipo de aprendizaje. Los criterios para calificar que se designen, serán los porcentajes de valor que se establezcan a cada resultado de las actividades realizadas y a su resultado final. Se debe tomar en cuenta tanto la exactitud de la respuesta, como el proceso que se siguió para llegar a la misma, así como la cantidad de intentos necesarios utilizados para hallar la solución correcta. Una evaluación posee dos objetivos principales: analizar en qué medida se han cumplido los objetivos, para detectar posibles fallas en el proceso y poder superarlas, y proporcionar la reflexión de los que realizaron el entrenamiento en torno a su propio proceso de aprendizaje (metacognición) [18].

A modo de resumen, para realizar una correcta evaluación se deben tener en cuenta tantas herramientas como parámetros influyan. En este caso en particular: la puntuación de las respuestas y la cantidad de intentos.

## 1.2. Sistemas Expertos

Los sistemas expertos resuelven problemas que normalmente son solucionados por expertos humanos. Para resolverlos, necesitan acceder a una importante base de conocimiento sobre el dominio, que debe construirse de la manera más eficiente posible. Utilizan uno o más mecanismos de razonamiento, para aplicar este conocimiento a los problemas que se le proponen. Cuentan con un mecanismo para explicar a los usuarios que han confiado en ellos, lo que han hecho [17].

Una forma de contemplar los sistemas expertos es que representan la mayor parte de la Inteligencia Artificial (IA) aplicada. Un sistema experto en IA se define como un programa informático que tiene la capacidad de representar y razonar sobre el conocimiento [19].

### 1.2.1. Componentes de un Sistema Experto

En [20] se comentan los diferentes componentes que integran un sistema experto. Aunque pueden contar con un número mayor de componentes, los mínimos requeridos son (Figura 1.2):

- *Motor de Inferencia*: es el corazón del sistema experto. Su cometido principal es sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. Estas conclusiones pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico.
- *Base de Conocimientos*: consiste en un conjunto de objetos y un conjunto de reglas, que gobiernan las relaciones entre esos objetos. La información que almacena

es de naturaleza permanente y estática, es decir, no cambia de una aplicación a otra. Se debe diferenciar entre los datos y el conocimiento. El conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, entre otras. Los datos se refieren a información relacionada con una aplicación en particular [21].

- *Mecanismo de Aprendizaje*: controla el flujo del nuevo conocimiento que va del experto humano a la base de conocimiento. El sistema determina qué nuevo conocimiento se necesita, o si el conocimiento es realidad, es decir, si debe incluirse, y en caso necesario incorporar dicho conocimiento.
- *Interfaz de Usuario*: se constituye como la interfaz entre el sistema experto y el usuario. Para que sea efectiva debe incorporar mecanismos para mostrar y obtener información de forma sencilla y agradable.

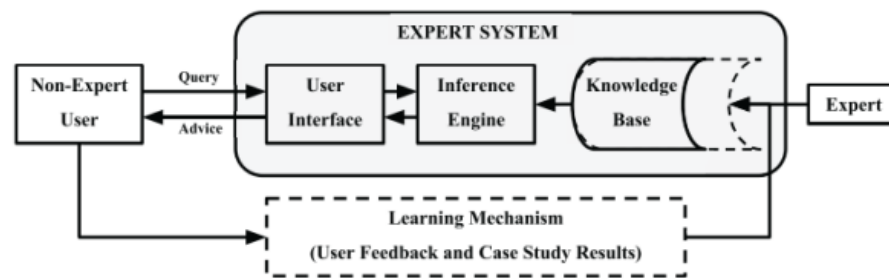


Figura 1.2: Componentes mínimos requeridos en un Sistema Experto.

### 1.2.2. Ventajas de un Sistema Experto

El uso de un sistema experto en cualquier ámbito social, resulta favorable de diversas maneras. En [22] se mencionan algunas de estas ventajas:

- Mientras que un experto humano tiene limitaciones y percances propias de su condición humana, el Sistema Experto no sufre de estas cuestiones y se convierte en una herramienta estable y fiable para su entorno.
- Sus actividades son completamente replicables y siempre contesta de la misma manera a menos que se le cambie el diseño.
- La velocidad de procesamiento es mayor al de un ser humano.
- Debido a la escasez de expertos humanos en determinadas áreas, los sistemas expertos pueden almacenar su conocimiento para cuando sea necesario aplicarlo.

- Pueden ser utilizados por personas no especializadas para resolver problemas.
- Pueden ser usados como sistema de aprendizaje.
- Si se evalúa el costo total del empleo de esta tecnología, la replicabilidad y estabilidad, asociado a la seguridad que provee, resulta una ecuación favorable, aun considerando que las inversiones iniciales pueden ser relativamente elevadas.

### 1.2.3. Desventajas de un Sistema Experto

A su vez, el empleo de estos sistemas puede traer consigo alguna desventaja. Nuevamente, en [22] se mencionan algunas de estas:

- Para actualizarlos se necesita de reprogramación, siendo una de sus limitaciones más acentuadas.
- Poseen elevado costo en dinero y tiempo, además que estos programas son poco flexibles a cambios y de difícil acceso a información no estructurada.
- Carecen de sentido común, para un sistema de este tipo no hay nada obvio.
- No podemos mantener una conversación informal con estos sistemas.
- Para un sistema experto es muy complicado aprender de sus errores o de errores ajenos.
- No son capaces de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.

Sin embargo, estos problemas no solo los presentan los sistemas expertos, puesto que la inteligencia artificial aún no ha podido desarrollar sistemas que sean capaces de resolver problemas de manera general o de aplicar el sentido común para resolver situaciones complejas o controlar situaciones ambiguas. Es por eso que, a pesar de sus desventajas, los sistemas expertos son considerados una gran ayuda y un enorme avance, en especial, en los sistemas de capacitación.

### 1.2.4. ¿Por qué usar un Sistema Experto en este Entrenador?

La Industria Alimentaria Cubana trabaja de manera ininterrumpida, con un personal laboral que cambia frecuentemente. Es por ello que no cuentan con la cantidad de expertos necesarios para que se atiendan, de manera constante, todos los procesos que en ella ocurren. La capacitación presencial de los trabajadores no es una opción válida, puesto que sufren de constante cambio de personal y los expertos no poseen

el tiempo para capacitarlos a todos. Por estas razones, se hace imprescindible la tarea de entrenar, de alguna manera, a los operarios de esta industria, ya que lográndolo, se garantiza una mejor respuesta ante una falla en algún proceso productivo [6].

Un método muy eficiente para entrenar a este personal, es mediante un sistema de capacitación digital, porque, como bien se fundamentó en la sección anterior, así pueden aprender por sí solos, sin la presencia de un experto y a su propio ritmo, y pueden ser evaluados de las mismas maneras, sin distinciones de preferencias o errores humanos. Con una capacitación digital también se logra hacer más sencillo el trabajo del jefe de área, ya que solo deberá seleccionar al mejor entre un conjunto de resultados, sin tener que aplicar pruebas o entrevistas.

Los procesos que se manejan en esta industria se caracterizan por tener datos estructurados en variables, donde cada variable tiene sus características principales, las causas que pueden volverla inestable y las recomendaciones a seguir para que no ocurra un incidente o qué hacer en caso de que ya ocurriese. Este grupo de datos conforma una base de conocimientos.

Si se analiza en conjunto los datos que se tienen y las necesidades que se desean cumplir, se llega a la conclusión de que se quiere crear un sistema de entrenamiento, para capacitar a un conjunto de trabajadores debido a la ausencia de expertos humanos, y para ello se cuenta con una base de conocimientos y un mecanismo de aprendizaje diseñado. A modo de resumen, un sistema experto.

### **1.3. Sistema de Entrenamiento SECPROIT**

Para brindar una solución a la principal problemática de esta investigación, en el año 2018 se crearon dos aplicaciones que trabajarían de manera conjunta. La primera es un Gestor de Bases de Conocimientos que permite crear las bases de información que se necesitan para evaluar a los trabajadores. La segunda es conocida como Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT), que es un sistema diseñado para capacitar a los operarios de las fábricas. Ambos sistemas fueron desarrollados en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), entre las facultades de Ingeniería Química e Ingeniería Informática. Ambas aplicaciones sirvieron para defender el título de Ingeniería.

Aunque estas aplicaciones se encuentren estrechamente vinculadas a este trabajo, en la mismo se abordará más, el sistema SECPROIT. El objetivo principal es lograr un sistema semejante con mejores prestaciones y funcionalidades, una actualización.

### 1.3.1. ¿Cómo funciona el SECPROIT?

En el sistema existen tres roles fundamentales: el administrador que se encarga de llenar los datos de los usuarios, el especialista que inserta los procesos para los entrenamientos y supervisa los resultados obtenidos por los trabajadores de su área laboral, y el operario que realiza la capacitación. Cada usuario tiene un nombre y una contraseña, y con cada rol aparecen funcionalidades únicas. Un rol no puede realizar las acciones de otro.

En el caso de los especialistas, deben registrar de cada proceso el nombre, una imagen si la posee, un fichero tipo *anm* y un archivo *drl*. Los ficheros *anm* contienen los nombres de todas las variables que influyen en el proceso, las características, todas las causas que pueden afectar el proceso y todas las recomendaciones para todas las causas descritas. El archivo *drl* contiene las reglas que enlazan las variables con sus causas y las causas con sus recomendaciones. Dichas reglas siguen una estructura específica: comienza con un patrón para el nombre de la regla, luego presenta los posibles atributos que posee, la sentencia que se debe cumplir y las acciones que realizar si se cumple la sentencia (Figura 1.3). Este archivo es lo que se conoce como Motor de Reglas (*Drools*). Esta información es extraída del sistema Gestor de Bases de Conocimientos [7].

```
1 rule "<name>"
2     <attribute>*
3     when
4         <conditional element>*
5     then
6         <action>*
7 end
```

Figura 1.3: Estructura de un archivo *drl*.

Por su parte, el operario entrará a realizar aquellos entrenamientos que el especialista haya validado. Una vez comenzado, deberá señalar, de un grupo de variables, las que por su estado estén en peligro de inestabilidad. Si ha seleccionado correctamente pasa a la siguiente etapa, donde debe escoger qué causa el estado de las variables que prefirió. Por último deberá seleccionar qué recomendaciones seguir para cada causa que señaló. Este entrenamiento es un proceso continuo donde, si decides abandonar sin haber terminado, no se guardarán los cambios y aparecerá como prueba no superada. La puntuación está dada de manera genral, como porcentaje entre las notas de las tres etapas [8].

### 1.3.2. Limitaciones Actuales del Sistema

Actualmente el sistema posee ciertas limitaciones que afectan la experiencia de usuario, sus principales funcionalidades y en general, el disfrute de la aplicación:

- Los entrenamientos de un proceso son únicos, es decir, solo se evalúa ese contenido una vez, sin brindar la posibilidad de mejorar o aprender.
- Las etapas del entrenamiento son continuas, sin posibilidad de pausa o descanso.
- Si no se aprueba una de las etapas del entrenamiento, el operario deberá continuar y concluirlo, aunque ya esté suspenso.
- En la última etapa de evaluación (escoger las recomendaciones), no se muestran los errores cometidos o el resultado obtenido.
- La nota final está dada de manera general (aprobado o no) sin hacer énfasis en los errores cometidos.
- No presenta una interfaz de usuario intuitiva.
- El usuario debe realizar numerosos toques en pantalla para completar una acción y, debido a que el sistema se utilizará en personas de avanzada edad, dificulta el manejo del sistema.
- Los colores del sistema son muy oscuros, lo que provoca que el usuario niegue la experiencia.

### **1.3.3. Nuevas Acciones Sugeridas**

A partir de los señalamientos realizados anteriormente, se proponen un grupo de cambios o acciones a implementar en la nueva versión que se desea hacer de este sistema:

- Cada entrenamiento será dividido en tres etapas diferentes, que se evalúen en pruebas apartes (variables, causas y recomendaciones). Solo si se aprueban los entrenamientos de la primera etapa, se podrán realizar los de la segunda, y así sucesivamente.
- Se vincularán varios tipos de preguntas, para variar la forma de enfocar los pensamientos de los operadores y así contribuir a su aprendizaje.
- Las notas se verán por etapas, teniendo en cuenta el rendimiento de las pruebas así como la cantidad de intentos. La nota final será la suma de las tres etapas.
- Las visuales tendrán un cambio radical, con botones y carteles de ayuda para indicar al usuario lo que debe hacer.
- Se incorporarán imágenes en las visuales, para crear un ambiente amistoso e intuitivo.

- El color predominante será el naranja. Esto se debe a que ese color ayuda en el subconsciente al aprendizaje.

## 1.4. Conclusiones Parciales

A partir de la investigación realizada y los aspectos profundizados a lo largo del capítulo:

- Se hizo un estudio detallado de los sistemas de capacitación existentes, llegando a concluir que, por las condiciones que presentan, el sistema de capacitación que más se ajusta a la Industria Alimentaria Cubana es el digital.
- Se tuvieron en cuenta todos los detalles de la problemática planteada y, gracias a las similitudes existentes, se concluyó que un sistema experto resulta la herramienta idónea para esta solución.
- Se analizó con profundidad el sistema SECPROIT para ser tomado como base a la hora de diseñar y programar el nuevo sistema. Será el modelo a seguir y se rectificarán todas las limitaciones existentes en él para esta nueva versión.

# Capítulo 2

## Nuevo Sistema de Entrenamiento

En este capítulo se presentará la propuesta de solución para este nuevo sistema de entrenamiento que se desea conseguir. Para que el desarrollo de un proyecto concluya con éxitos, primero debe realizarse un diseño completo de lo que se pretende obtener, así como los recursos y requisitos que debe poseer. A lo largo del capítulo se tratarán de presentar numerosos diagramas para facilitar la comprensión. Cabe destacar que este nuevo diseño parte del SECPROIT, por lo que se realizarán algunas comparaciones con ese sistema.

### 2.1. Modelado del Negocio

Los modelos se crean con el objetivo de entender mejor la entidad real que se va a construir. Deben cumplir con objetivos diferentes, niveles de abstracción, con la ilustración del software desde el punto de vista del cliente y después con su representación en un nivel más técnico.

#### 2.1.1. Modelo de Dominio

El modelo de dominio es una representación de las clases conceptuales del mundo real, no de componentes de software. Se muestran los conceptos significativos en un dominio del problema. Para una mejor comprensión del modelo, es necesario entender las entidades que influyen en el negocio.

En la Figura 2.1, se puede apreciar el modelo de dominio para este nuevo sistema. Es muy semejante, en cuanto a lógica del negocio, al modelo del SECPROT.

Las áreas de color verde, indica que se ha modificado la entidad para ajustarla a los nuevos cambios que se decidieron hacer. Los cambios más significativos son aquellas entidades que se modificaron casi en su totalidad o aquellas que fueron agregadas de cero. Estas últimas están representadas con un color amarillo.





Figura 2.1: Modelo de Dominio del Nuevo Sistema.

Como bien se aprecia, el diagrama indica que se han creado cuatro nuevas entidades: configuración de entrenamiento, entrenamiento de variables, entrenamiento de causas y entrenamiento de recomendaciones. Estas entidades fueron creadas para un mejor manejo de la información de la capacitación, y para introducir una nueva regla: separar los entrenamientos por etapas.

### 2.1.2. Reglas del Negocio

Cada negocio posee un conjunto de restricciones que permiten su correcto funcionamiento. Estas restricciones son conocidas como reglas del negocio. Las reglas a cumplir en este nuevo sistemas son:

- Antes de crear un usuario, deben haberse creado los roles del sistema y las áreas laborales.
- Antes de crear un proceso, deben haberse creado las áreas laborales.
- Antes de crear un entrenamiento debe existir un proceso y al menos un operario.
- Antes de realizar el entrenamiento de las causas se debe haber aprobado el entrenamiento de las variables.
- Antes de realizar el entrenamiento de las recomendaciones se debe haber aprobado el entrenamiento de las causas.
- Los usuarios solo pueden poseer un rol.

- Los usuarios solo pueden pertenecer a un área a la vez.
- Los procesos solo pueden pertenecer a un área a la vez.
- Las tareas de los roles son únicas para el usuario, es decir, solo las pueden hacer los usuarios con el mismo rol.

### 2.1.3. Diagrama de Actividades

Un diagrama de actividades recoge una vista dinámica de alto nivel, del flujo principal del proceso. En el mismo, se tienen en cuenta las entidades que participan en el negocio y las acciones que realizan cada una, así como los llamados objetos con los que se trabaja. En estos diagramas se representa el inicio y el fin del flujo.

En esta propuesta de solución, el flujo del administrador resulta el mismo que el del sistema SECPROIT [8]. Sin embargo, el flujo de los operarios y jefes de área cambia. En la Figura 2.2, se representa el diagrama de actividades de estos dos roles, detallando el nuevo flujo de los mismos.



Figura 2.2: Diagrama de Actividades del Nuevo Sistema.

## 2.2. Captura de Requisitos

En la captura de requisitos se obtiene el modelo del sistema a desarrollar, quedando definidas las funcionalidades requeridas para establecer las fronteras del sistema. Además, se proponen otros elementos para lograr un mayor grado de especificación en el propio modelado del sistema.

### 2.2.1. Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales denotan las funcionalidades del sistema. Estos son capacidades o condiciones que se deben cumplir. Las funcionalidades del nuevo sistema son:

- *Gestionar Usuarios*: es una actividad desarrollada por los administradores. Se basa en introducir, modificar y desactivar usuarios en el sistema. También cuentan con una opción para restablecer la contraseña de los usuarios, en caso de que estos las hayan olvidado.
- *Gestionar Áreas*: es una actividad desarrollada por los administradores. Se basa en introducir, modificar y eliminar las áreas del sistema. Para poder eliminar un área laboral, esta debe estar vacía, es decir, que de ella no dependan ni procesos ni usuarios.
- *Ver Acciones de los Usuarios*: es una actividad desarrollada por los administradores, que les permite ver todas las actividades relacionadas con el sistema, realizadas por los usuarios. A modo de resumen, registra los cambios realizados junto al nombre del usuario que lo hizo.
- *Cambiar Contraseña*: es una acción que todos los usuarios pueden realizar.
- *Entrar en el Sistema*: es una acción que todos los usuarios pueden realizar. Consiste en introducir las credenciales (nombre de usuario y contraseña) en el sistema.
- *Gestionar Procesos*: es una actividad desarrollada por los jefes de área. Se basa en introducir, modificar y eliminar los procesos en un área laboral. Si se elimina un proceso, queda registro del mismo y los entrenamientos que se hayan realizado no se pierden.
- *Configurar Entrenamiento*: es una actividad desarrollada por los jefes de área. Consiste en asignar para cada proceso, la cantidad de pruebas por etapas, los estilos de pregunta que se pueden aplicar, la cantidad general de intentos que se pueden realizar y los usuarios que pueden entrenar este proceso.
- *Realizar Entrenamiento*: es una acción desarrollada por los operarios. Consiste en responder las preguntas de los entrenamientos.

### 2.2.2. Requisitos No Funcionales

Los requisitos no funcionales son propiedades, características y restricciones que se deben presentar el sistema, asegurando el cumplimiento de las acciones demandadas. Los requisitos no funcionales de esta propuesta de solución son:

- *Usabilidad*: se debe garantizar un ambiente de trabajo simple e intuitivo, ya que la mayoría de los usuarios no poseen experiencias con sistemas informáticos.
- *Seguridad*: la información del sistema solo puede ser manipulada por usuarios autorizados (aquellos que posean usuario y contraseña). Las actividades deben estar divididas por roles, lo que presenta menor riesgo de errores.
- *Confiabilidad*: se debe evitar los enlaces rotos. La información contenida en los ficheros de los procesos, se debe validar antes de ser usada, para evitar errores. Se debe garantizar la confidencialidad de la información.
- *Disponibilidad*: la aplicación de mecanismos de seguridad no debe constituir un retraso para el uso del sistema. El software siempre debe estar disponible, así como brindar su información actualizada.
- *Software*: se debe tener instalado el JDK versión 1.8 y la aplicación PostgreSQL versión 9.1 (como mínimo). Esta última se utiliza como gestor de base de datos.
- *Hardware*: se necesitan 64MB de memoria RAM, un microprocesador Pentium II a 450 MHz como mínimo, y un disco duro con capacidad libre mínima de 4 GB, para almacenar la nueva información incorporada. Además, es necesario un sistema operativo de entorno gráfico como Windows y Linux y que estén establecidas las condiciones necesarias para el acceso al servidor.
- *Portabilidad*: debe ser utilizado bajo sistemas operativos Windows o Linux, por lo que su desarrollo debe realizarse con un lenguaje y tecnologías capaces de brindar este soporte. Además, el hecho de ser multiplataforma permite que el sistema llegue a un mayor número de personas.
- *Restricciones en el diseño y la implementación*: debe desarrollarse sobre plataformas de software libre y código abierto. Además, se utiliza la herramienta *Drools*, por lo tanto, el lenguaje de programación debe ser Java.
- *Políticos/Culturales*: debe encontrarse en idioma español.

## 2.3. Casos de Uso del Nuevo Sistema

Los casos de uso del sistema establecen un acuerdo entre clientes y desarrolladores sobre las condiciones y requisitos que debe cumplir la aplicación. Es un artefacto narrativo que describe, bajo la forma de acciones y reacciones, el comportamiento del sistema desde el punto de vista del usuario.

### 2.3.1. Actores del Sistema

Un actor del sistema es una entidad externa relacionada con el mismo y que demanda una funcionalidad. Esto incluye a los operadores humanos, pero también incluye a todos los sistemas externos. En la Tabla 2.2, se muestran todos los actores del nuevo sistema y una breve explicación de los mismos:

Actor	Descripción
Usuario	Es el actor genérico que hace uso de las funcionalidades que son comunes.
Operario	Es el actor que se evalúa a partir de los entrenamientos de los procesos.
Jefe de Área	Es el actor que vincula los procesos en las áreas y los configura, decidiendo qué usuarios se entrenarán y las características que deberán cumplir para aprobar. Anteriormente era conocido como Especialista.
Administrador	Es el actor que gestiona las áreas, los usuarios y visualiza las operaciones realizadas por los mismos.
Generador de Bases de Conocimientos	Es un sistema externo que genera las bases de conocimientos con las que se trabaja en los entrenamientos (procesos).

Tabla 2.1: Actores del Nuevo Sistema.

### 2.3.2. Diagrama de Casos de Uso del Nuevo Sistema

Un caso de uso es una secuencia de interacciones entre un sistema y alguien o algo que usa alguno de sus servicios. Describen tanto lo que hace el actor como la respuesta que recibe, aunque el énfasis está puesto en la interacción. Es iniciado por un actor y, a partir de ese momento, se intercambian datos. En la Figura 2.3, se puede observar el diagrama de casos de uso del nuevo sistema.

El diagrama, en general, tiene como base el sistema SECPROIT, pero con algunas modificaciones incluidas. Los casos de uso que se encuentran de color verde, indican que, en principio, realizan las mismas operaciones, pero con cambios incorporados. El actor del mismo color se debe a que cambió de nombre, de especialista a jefe de área. El caso de uso de color amarillo, es completamente nuevo.



Figura 2.3: Diagrama de Casos de Uso del Nuevo Sistema.

## 2.4. Modelo de Datos

En el desarrollo de esta herramienta se utiliza: una bases de datos en PostgreSQL y un grupo de ficheros *anm* y *drl* que conforman los proceso de los entrenamientos. En la base de datos se almacena toda la información referente al sistema: los datos de los usuarios, los resultados de los entrenamientos, los procesos, la información de las áreas y una lista detallada de todas las operaciones realizadas en el sistema.

### 2.4.1. Diagrama de Entidades y Relaciones (DER)

Un Diagrama de Entidades y Relaciones (DER) representa las clases del sistema, con sus atributos, y las relaciones existentes entre ellas.

A lo largo de este capítulo se han comentado las principales modificaciones que se incorporarán en la solución propuesta. Sabiendo que toma como base el SECPROIT, y conociendo los cambios que se realizarán, la Figura 2.4 muestra el DER básico a partir del cual se desarrollan los nuevos cambios.

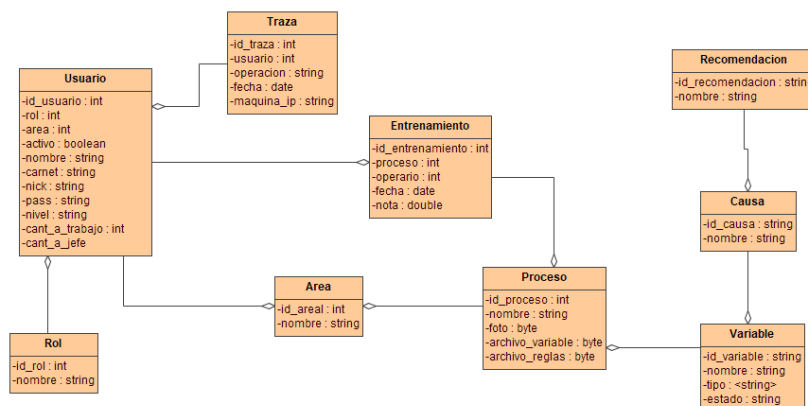


Figura 2.4: Diagrama de Entidades y Relaciones del Sistema.

## 2.4.2. Modelo Físico de la Base de Datos

El modelo físico de la base de datos (Figura 2.5) muestra la relación entre las entidades que conforman la base de datos estadística, con los atributos que poseen, sus relaciones y sus llaves primarias y secundarias.

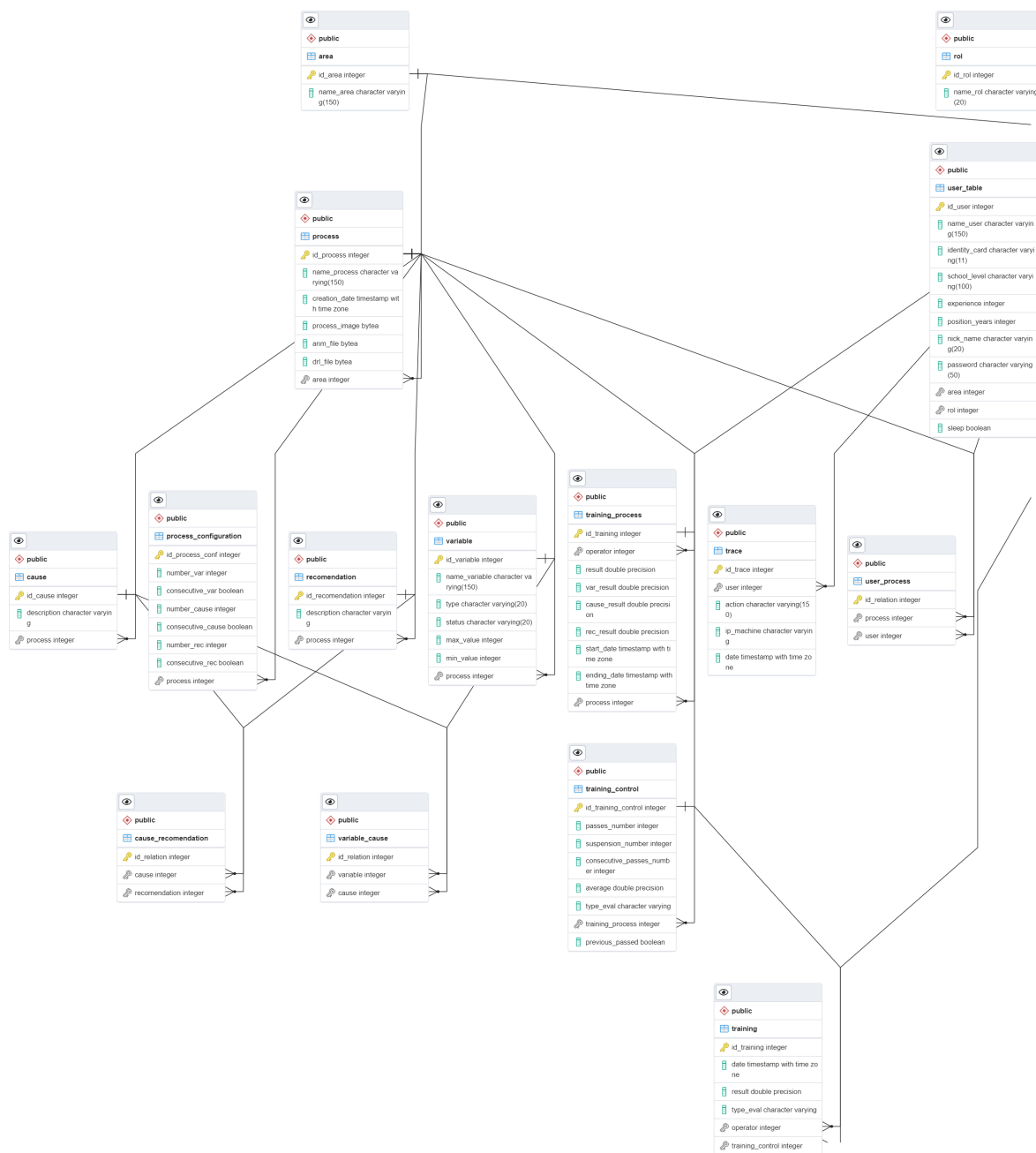


Figura 2.5: Modelo Físico de la Base de Datos del Nuevo Sistema.

## 2.5. Vista de la Arquitectura

El patrón arquitectónico de capas ayuda a estructurar las aplicaciones, que pueden ser descompuestas en grupos de subtarear, en las que cada grupo de subtarear se encuentra a un nivel particular de abstracción. Se basa en una distribución jerárquica de los roles y las responsabilidades para proporcionar una división efectiva de los problemas a resolver. Los roles indican el tipo y la forma de la interacción con otras capas, y las responsabilidades y la funcionalidad que implementan.

Debido a que este sistema es una actualización del SECPROIT, y que en un futuro se piensa utilizar, por lo que hay oportunidades futuras de despliegue, se decidió mantener una estructura en capas semejante a la que había.

### 2.5.1. Descripción de los Paquetes

En la Figura 2.6 se muestra la arquitectura de paquetes utilizada en esta solución, y siguiente a esta, en la Tabla 2.2, se describe el uso de cada uno.

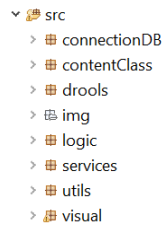


Figura 2.6: Paquetes del Sistema en Eclipse.

## 2.6. Patrones y Principios de Diseño

Los patrones de diseño son descripciones de objetos y clases comunicantes, que son ajustadas a resolver un problema general de diseño. Definen micro arquitecturas de subsistemas de componentes. Resuelven problemas de diseño que permiten darle claridad al sistema, multiplicación de clases y adaptabilidad a requerimientos cambiantes.

### 2.6.1. Patrón Singleton

El propósito del patrón Singleton es asegurarse que solo existe una instancia de una clase y que existe un único punto de acceso a este objeto. Para esto en lugar de tener una variable global, la instancia se almacena en un atributo estático de la clase y se accede a ella a través del método *getInstance()*. Se utiliza en el sistema para generar una única instancia de la clase principal.



Paquete	Descripción
connectionDB	Contiene las clases que permiten la conexión con la base de datos.
contentClass	Contiene todas las clases del sistema.
drools	Contiene los métodos y clases necesarios para utilizar el sistema experto en el entrenador.
img	Contiene todas las imágenes e iconos que se usan en el sistema.
logic	Contiene un grupo de clases extras que ayudan en la lógica del sistema.
services	Contiene los servicios, es decir, la conexión entre las clases del sistema y la base de datos.
utils	Contiene varios <i>enum</i> que ayudan en las visuales.
visual	Contiene toda la vista de cara al usuario (visuales).

Tabla 2.2: Descripción de la arquitectura de paquetes utilizada.

## 2.7. Interfaz de Usuario

Para la interfaz de usuario se tuvieron en cuenta varias metas de diseño que, en su mayoría, están orientadas a la usabilidad, y en una menor parte, a la experiencia del usuario. Las metas de usabilidad tienen como objetivo diseñar un sistema eficaz que permita que los usuarios sean productivos en el entrenamiento. Siguen normas orientadas a cuestiones éticas como, uso de lenguaje técnico y profesional, ausencia de palabras vulgares y omisión de insultos.

La mayoría de estas pantallas siguen el mismo principio:

- Los colores utilizados son cálidos para generar un estado de tranquilidad en el usuario (Figura A.1).
- El color que predomina en el sistema es el naranja, debido a que es el color asociado al aprendizaje.
- Los textos son cortos pero se entienden.
- Las pantallas pertenecientes a las mismas familias poseen los mismos tamaños y la pantalla más grande es de 860x440 (Figura A.3).
- El sistema está reforzado con mensajes de alertas y preguntas para ayudar al usuario (Figura A.2).
- El sistema está completamente en español.

- Las visuales vienen acompañadas de imágenes sugerentes para ayudar en la tranquilidad del usuario (Figura A.4).
- Todas las vistas de gestión se distribuyen de la misma manera (Figura A.4).

## 2.8. Conclusiones Parciales

Concluido el capítulo de la propuesta de solución, se arriban a las conclusiones siguientes:

- Se identificaron los principales elementos de análisis de la solución.
- Se obtuvo una solución que debe ser escalable y reutilizable que puede ser fácilmente adaptada y extendida a nuevas funcionalidades.
- Se utiliza una base de datos del sistema muy eficaz que brinda facilidades al mismo.
- Se diseñó en base a solucionar las limitaciones que posee el SECPROIT y se logró un diseño que lo resuelve.
- Al aplicar principios en el diseño de las pantallas, la interacción humano-computadora es eficaz.

# Capítulo 3

## Validación de la Solución Propuesta

En el presente capítulo se presenta la validación de la herramienta desarrollada. Para ello se realizan un conjunto de pruebas funcionales, además se establece una comparación entre los resultados estadísticos obtenidos para diferentes juegos de datos. Dicho proceso parte de cómo la fase de análisis y diseño se unen para llevar a cabo el sistema propuesto.

### 3.1. Pruebas Funcionales

Las pruebas de software, o pruebas funcionales, son el proceso de ejecutar un sistema o componente para medir su calidad, con la intención de encontrar errores que aún no se descubren y el proceso orientado a demostrar que un programa realiza las funciones para las cuales fue construido.

El nivel de prueba que se utiliza es pruebas de sistema, donde se ejecutan en el sistema completo, buscando defectos tanto en aspectos generales como particulares del comportamiento del sistema, se prueban sus funcionalidades y las respuestas del sistema como un todo. Los tipos de pruebas que se realizan son funcionales, donde se prueba la ejecución correcta de las funcionalidades del sistema. El método que se utiliza es las pruebas de caja negra, que se llevan a cabo sobre la interfaz del software, los casos de prueba pretenden demostrar que las funciones son operativas, que la entrada se acepta de forma adecuada y que se produce un resultado correcto, así como que la integridad de la información externa.

#### 3.1.1. Caso de Prueba: Gestionar Usuario

En el caso de prueba de dormir a un usuario, la función recibe un identificador del usuario que debe dormir. No hay márgenes de error porque estos identificadores se obtienen a través de una tabla (Figura A.4), por lo que las pruebas con datos no fueron necesarias en este caso.

Intento	Nombre	Descripción	Datos	Resultados Esperados	Resultados Obtenidos
1	Introducir nuevo usuario (todos los datos correctos)	Se introducen todos los campos y se trata de crear un nuevo usuario	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 00120968253	Se introdujo correctamente el usuario	Se introdujo correctamente el usuario
2	Introducir nuevo usuario (todos los datos vacíos)	No se rellena ningún textfile y se pide crear un nuevo usuario	se deja en blanco	Error, no puede dejar campos vacíos	Error, no puede dejar campos vacíos
3	Introducir nuevo usuario (carnet en rojo)	Se introducen algunos datos pero se deja el carnet de identidad con menos de 11 dígitos (en rojo)	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 0012	Error en el carnet de identidad	Error en el carnet de identidad
4	Introducir nuevo usuario (repetir nick de usuario)	Se introducen todos los datos pero repetimos el nick	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 00120969345	Error, ese nick ya está en uso	Error, ese nick ya está en uso
5	Introducir nuevo usuario (repetir carnet de usuario)	Se introducen todos los datos pero repetimos el carnet de identidad	nombre: Monica, nick: mnk44, carnet: 00120968253	Error, ese carnet de identidad ya existe	Error, ese carnet de identidad ya existe
6	Introducir nuevo usuario (cantidad de años dispareja)	Se introducen todos los datos de un jefe de área pero se indica que la cantidad de años de experiencia es menor que la cantidad de años como jefe	nombre: Monica, nick: mnk44, carnet: 0012096709, experiencia: 5, jefe: 10	Error, no puede tener más años como jefe que como trabajador	Error, no puede tener más años como jefe que como trabajador

Figura 3.1: Caso de Prueba para Introducir Usuario.

Intento	Nombre	Descripción	Datos	Resultados Esperados	Resultados Obtenidos
1	Modificar usuario (todos los datos correctos)	Se introducen todos los campos y se trata de crear un nuevo usuario	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 00120968253	Se introdujo correctamente el usuario	Se introdujo correctamente el usuario
2	Modificar usuario (todos los datos vacíos)	No se rellena ningún textfile y se pide crear un nuevo usuario	se deja en blanco	Error, no puede dejar campos vacíos	Error, no puede dejar campos vacíos
3	Modificar usuario (carnet en rojo)	Se introducen algunos datos pero se deja el carnet de identidad con menos de 11 dígitos (en rojo)	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 0012	Error en el carnet de identidad	Error en el carnet de identidad
4	Modificar usuario (repetir nick de usuario)	Se introducen todos los datos pero repetimos el nick	nombre: Monica, nick: mnk, carnet: 00120969345	Error, ese nick ya está en uso	Error, ese nick ya está en uso
5	Modificar usuario (repetir carnet de usuario)	Se introducen todos los datos pero repetimos el carnet de identidad	nombre: Monica, nick: mnk44, carnet: 00120968253	Error, ese carnet de identidad ya existe	Error, ese carnet de identidad ya existe
6	Modificar usuario (cantidad de años dispareja)	Se introducen todos los datos de un jefe de área pero se indica que la cantidad de años de experiencia es menor que la cantidad de años como jefe	nombre: Monica, nick: mnk44, carnet: 0012096709, experiencia: 5, jefe: 10	Error, no puede tener más años como jefe que como trabajador	Error, no puede tener más años como jefe que como trabajador

Figura 3.2: Caso de Prueba para Modificar Usuario.

### 3.1.2. Caso de Prueba: Gestionar Área

Intentos	Prueba	Descripción	Valores	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	Introducir nueva área (datos correctos)	Probar introducir nueva área cuando el nombre de esta es totalmente nuevo	nombre: Manufacturado	Área creada satisfactoriamente	Área creada satisfactoriamente
2	Introducir nueva área (datos vacíos)	Probar introducir nueva área cuando el nombre de esta vacío	no se introducen	El nombre del Área no puede ser vacío	El nombre del Área no puede ser vacío
3	Introducir nueva área (espacios en blanco)	Probar introducir nueva área cuando el nombre son espacios en blanco	" "	El nombre del Área no puede ser vacío	El nombre del Área no puede ser vacío
4	Introducir nueva área (nombre repetido)	Probar introducir nueva área cuando el nombre ya existe	nombre: Manufacturado	El Área introducida ya existe	El Área introducida ya existe

Figura 3.3: Caso de Prueba para Introducir Área.

En el caso de prueba de eliminar un área, la función recibe un identificador del área que debe eliminar. No hay márgenes de error porque estos identificadores se obtienen a través de una tabla (Figura A.4), por lo que las pruebas con datos no fueron necesarias en este caso. Solo se activa el botón si el área puede ser eliminada.

## 3.2. Análisis del Resultado de las Pruebas

Con las pruebas realizadas se pudo comprobar el correcto funcionamiento del sistema, lo cuál resulta un logro para la investigación. También se pudo comprobar el

Intentos	Prueba	Descripción	Valores	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	Modificar área (datos correctos)	Selecciono un área de la tabla e introduzco un nuevo nombre para ella	nombre anterior: Azucar id: 15 nombre: Sal	Área modificada satisfactoriamente	Área modificada satisfactoriamente
2	Modificar área (datos vacíos)	Selecciono un área de la tabla y no introduzco un nuevo nombre para ella	nombre anterior: Sal id: 15 nombre: no se introduce	El nombre del Área no puede ser vacío	El nombre del Área no puede ser vacío
3	Modificar área (espacios en blanco)	Selecciono un área de la tabla e introduzco un nombre de espacios en blanco	nombre anterior: Sal id: 15 nombre: " "	El nombre del Área no puede ser vacío	El nombre del Área no puede ser vacío
4	Modificar área (nombre repetido)	Selecciono un área de la tabla e introduzco un nombre que ya existe	nombre anterior: Sal id: 15 nombre: Manufacturado	El Área introducida ya existe	El Área introducida ya existe

Figura 3.4: Caso de Prueba para Modificar Área.

Intentos	Prueba	Descripción	Valores	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	Eliminar Área seleccionada	Se selecciona un área de la tabla y se intenta eliminar llamando al método	id: 15	Área eliminada satisfactoriamente	Área eliminada satisfactoriamente

Figura 3.5: Caso de Prueba para Eliminar Área.

correcto funcionamiento de las operaciones que eran necesarias modificar, tal como se propuso en un inicio.

### 3.3. Conclusiones Parciales

Durante este capítulo se realizaron numerosas pruebas al sistema para comprobar que los cambios realizados no afectaran sus funcionalidades. Como se pudo apreciar en los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, los cambios no afectaron las funcionalidades, por lo que podemos afirmar que se cumplieron los objetivos de manera satisfactoria

# Conclusiones

Al comenzar este trabajo se propuso una serie de objetivos específicos que ayudarían a completar el objetivo general del mismo. A lo largo, se ha ido completando cada uno de esos objetivos. Tras cumplir satisfactoriamente con los objetivos específicos, se puede llegar a la conclusión de que se cumplió con el objetivo principal de la investigación.

# Recomendaciones

Con vistas a darle continuidad a este trabajo se recomienda:

1. Aquí se deben reflejar los aspectos que no dio tiempo incorporar en la solución propuesta u otros que brindan al lector la posibilidad de continuar el trabajo.

# Referencias bibliográficas

- [1] Ángel Alegre Burcio, *Implementación de estrategias de Computation Offloading en redes de sensores inalámbricas de bajo consumo para Internet de las Cosas*. resreport, E.T.S.I. Industriales (UPM), Biblioteca ETSI Industriales, Feb. 2022.
- [2] I. D. Mateo and A. P. Salgueiro, “Vinculación de la formación doctoral con los programas nacionales de investigación en cuba. la experiencia del doctorado en cibernética aplicada del instituto de cibernética, matemática y física (icimaf),” *Revista Control, Cibernética y Automatización*, vol. 9, p. 61, Jan. 2021.
- [3] A. S. García, “Trabajo en la agroindustria cañera cubana, 1898-1914: estrategias para aumentar la producción con escasez de mano de obra,” *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España)*, pp. 171–206, Apr. 2022.
- [4] F. S. Concepción, R. P. Aguilar, A. P. Moreno, A. A. Cordoví, J. C. Castro, and O. L. Santiago, “Metodología para la automatización de procesos tecnológicos en la industria farmacéutica cubana,” *Ingeniería Industrial*, vol. 43, Feb. 2022.
- [5] T. de las Mercedes Escoriza Martínez, “Aplicación de un procedimiento para la gestión de riesgos en procesos de la industria cárnica cubana,” *I CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CINDUS 2019)*, vol. II, p. 13, June 2019.
- [6] G. C. Lemus, R. S. Llanes, and A. M. R. Riverón, “Sistema para gestionar bases de conocimiento en la industria alimentaria,” *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. IX, pp. 60 – 68, May 2018.
- [7] G. C. L. Ana Mailen Rodríguez Riverón, Raisa Socorro Llanes, *SISTEMA PARA GESTIONAR BASES DE CONOCIMIENTO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*. software, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, Oct. 2017.
- [8] R. S. L. Elena Acosta Gil, *SISTEMA PARA EL ENTRENAMIENTO DE OPERARIOS EN PROCESOS TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*.



- software, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, June 2018.
- [9] P. Plecka, “Selected methods of cost estimation of erp systems. modifications,” *Zarzadzanie Przedsiębiorstwem*, vol. 16, no. 4, 2013.
  - [10] “Cómo crear un buen plan de capacitación laboral,” *Bizneo Blog*, vol. 1, p. 5, June 2022.
  - [11] I. de Seguridad Minera ISEM, “Entrenamiento basado en computador para operadores y mantenedores de planta,” *Seguridad Minera*, June 2022.
  - [12] E. Salado, “Los 6 mejores software de capacitación de personal y formación para empleados,” *SoftDoit*, June 2022.
  - [13] K. H. C. Rogelio E. Martínez R., Guillermo Romero J., *Sistema de capacitación asistido por computadora, accesible vía Internet*. Aplicaciones tecnológicas, June 2002.
  - [14] G. Aretio, “Etapas de la evaluación de calidad de los aprendizajes,” *Contextos universitarios mediados*, p. 3, May 2020. García es un Catedrático Emérito de la UNED. Director/Editor de la RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia. Presidente de Honor - Cátedra UNESCO de Educación a Distancia (CUED).
  - [15] E. V. Laguna, “Metodología estándar para el entrenamiento básico de un panel de catadores,” *candthesis*, Universidad: Rey Juan Carlos, July 2016.
  - [16] G. W. Philipp Christmann, Rishiraj Saha Roy, “Beyond ned: Fast and effective search space reduction for complex question answering over knowledge bases,” *Proceedings of the Fifteenth ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, pp. 172–180, Feb. 2022.
  - [17] C. M. J. Alty J L, *Expert systems: concepts and examples*. John Wiley and Sons Inc., New York, NY, Jan. 1984. 99 GENERAL AND MISCELLANEOUS//MATHEMATICS, COMPUTING, AND INFORMATION SCIENCE; EXPERT SYSTEMS; REVIEWS; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; C CODES; COMPUTER CALCULATIONS; COMPUTER CODES; DATA PROCESSING; I CODES; M CODES; P CODES; R CODES; DOCUMENT TYPES; PROCESSING; 990200.
  - [18] M. J. B. Ronald L. Jacobs, “Developing employee expertise through structured onthejob training (sojt): an introduction to this training approach and the knpc experience,” *Industrial and Commercial Training*, vol. 44, pp. 75–84, Mar. 2012.

- [19] F. Rasheed and A. Wahid, “Learning style detection in e-learning systems using machine learning techniques,” *Expert Systems with Applications*, vol. 174, p. 114774, 2021.
- [20] E. Odhiambo Omuya, G. Onyango Okeyo, and M. Waema Kimwele, “Feature selection for classification using principal component analysis and information gain,” *Expert Systems with Applications*, vol. 174, p. 114765, 2021.
- [21] A. V. Potapova, G. S. Tibilova, A. V. Ovcharenko, and N. V. Diachenko, “Designing a network of expert systems for identifying recipients of public services,” in *Knowledge in the Information Society* (D. Bylieva, A. Nordmann, O. Shipunova, and V. Volkova, eds.), (Cham), pp. 136–148, Springer International Publishing, 2021.
- [22] S. J. S. Kandula Neha, “Analysis of student academic performance through expert systems,” *International Research Journal on Advanced Science Hub*, vol. 2, no. Special Issue ICIES 9S, pp. 48–54, 2020.

## Anexo A

# Interfaz de Usuario del Nuevo Sistema



Figura A.1: Colores cálidos en el Sistema.

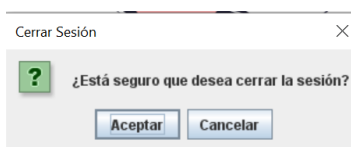


Figura A.2: Sistema reforzado con mensajes de ayuda.

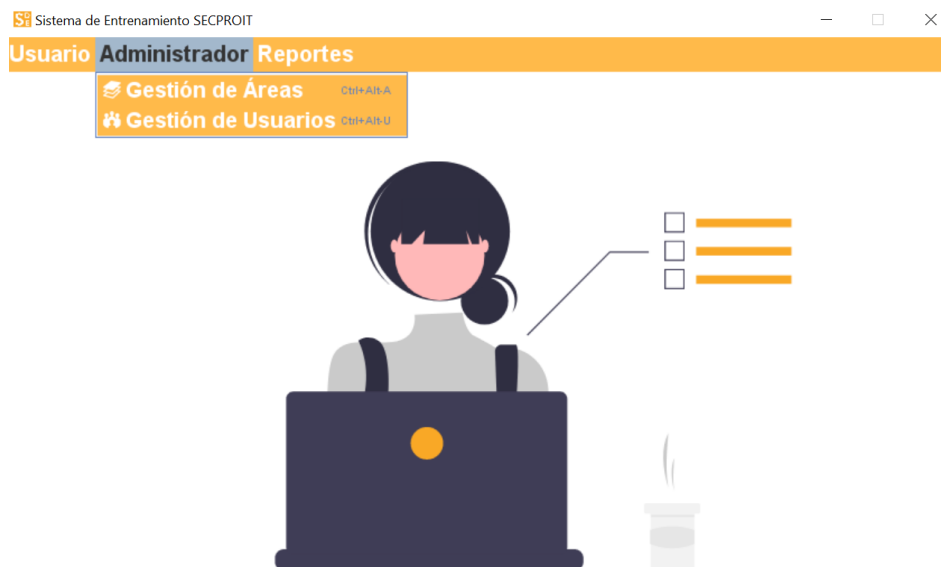


Figura A.3: Pantalla más grande de 860x440.

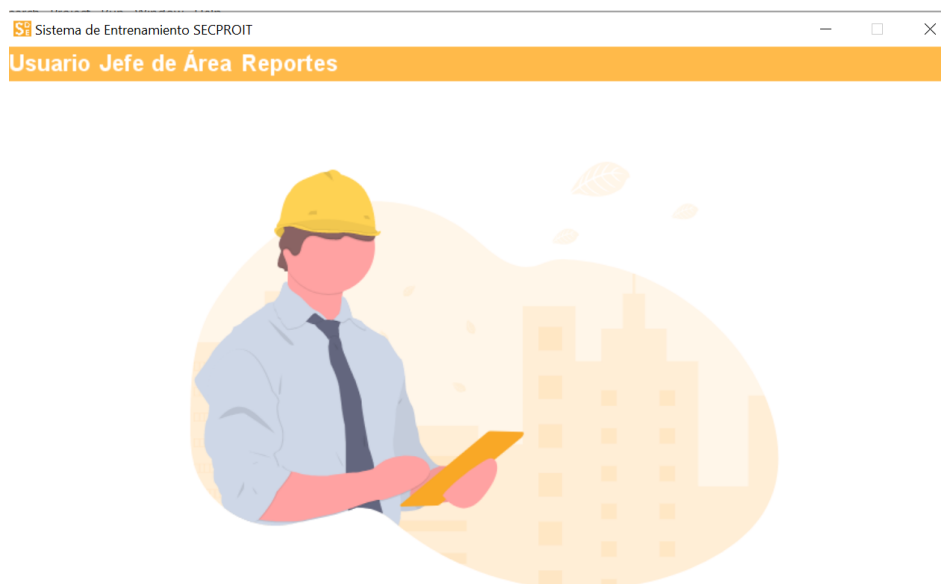


Figura A.4: Pantalla acompañadas de imágenes.

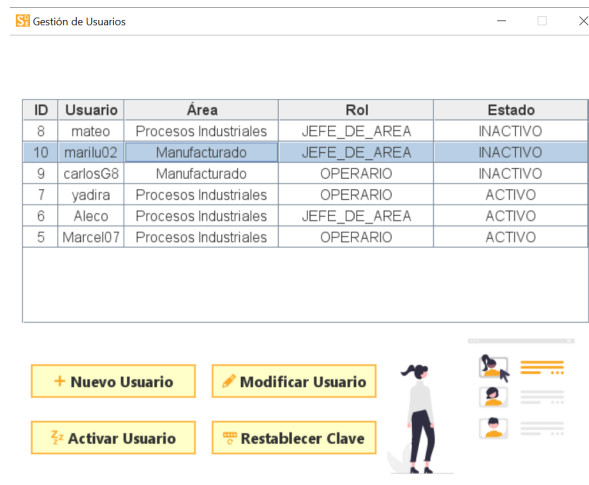


Figura A.5: Ejemplo de distribución de una vista de gestión.