

Plantas industriales prototipo como nuevos ambientes de aprendizaje¹

Prototype industrial plants as new leaning environment

Gustavo Adolfo Narváz de la Rosa²

Jorge Ariel Aux Pantoja³

Gersson Eduardo Vallejo Lucero⁴

Resumen

Las plantas industriales prototipo como nuevos ambientes de aprendizaje son alternativas novedosas, donde los estudiantes ponen en práctica los conocimientos teóricos enseñados dentro de las aulas de clase, en un escenario de transformación de materias primas, donde se confrontan problemas reales de forma analítica para solucionarlos. Dicha confrontación genera pensamiento crítico y motiva para la formulación de preguntas de investigación, así como para nuevos escenarios de práctica y procesos industriales que sean implementados en la región o el país.

La investigación constituyó la base para el diseño y construcción de una planta industrial prototipo, procesadora de papa amarilla (*Solanum phureja*) como aperitivo, para ser distribuida en el mercado nacional e internacional.

Palabras clave: plantas industriales, ambientes de aprendizaje, aprendizaje significativo.

Introducción

Durante los dos últimos años el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia seccional Pasto ha realizado un seguimiento a sus estudiantes, así como una autoevaluación curricular, para medir su desempeño en los Exámenes de Calidad para la Educación Superior —ECAES—. En este proceso ha encontrado niveles bajos de asimilación de conocimientos relacionados con el área de las ciencias aplicadas.

Abstract

Prototype Industrial plants, as new learning environments, are new alternatives where students put into practice theoretical knowledge taught in classroom. In this place, there is transformation of raw materials, and real problems are planted to students, in order to find its solution. This confrontation leads critical thinking and encourages the formulation of research questions, new laboratory practices and industrial processes to be implemented in the region or country.

This research formed the basis for designing and construction of a prototype industrial plant, by processing yellow potato (*Solanum phureja*) in order to be distributed this product in regional and international markets.

Keywords: industrial plant, learning approaches, meaningful learning.



Figura 1. Planta Industrial prototipo procesadora de papa amarilla

¹ Investigación financiada por el Comité Nacional para el Desarrollo de la Investigación (Conadi).

² Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Pasto, Especialista en Diseño de Maquinaria y Equipo Agroindustrial de la Universidad del Valle, candidato a la Maestría en Docencia Universitaria de la Universidad de Nariño. Correo electrónico: tavonarvaezdelarosa@yahoo.com

³ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Pasto. Correo electrónico: jorgeaux@hotmail.com

⁴ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Pasto. Correo electrónico: gerssonvl@gmail.com

Recibido 30 de mayo de 2009 **Aceptado** 25 de agosto de 2009

Sondeos realizados a grupos de estudiantes que presentaron las pruebas arrojaron como uno de sus resultados la afirmación, por parte de éstos, de que muchas de las preguntas formuladas hacían parte de las temáticas impartidas en el aula de clase, que las recordaban, pero no estaban seguros de cuál respuesta era la correcta. Analizando con detenimiento este aspecto sobre claridad de conceptos, surgen preguntas cuya respuesta ayudaría en la comprensión del fenómeno.

Si se parte de la premisa de que el docente sí explica en su cátedra las temáticas pertinentes, entonces, ¿cuál fue la metodología con la que se impartieron esos conocimientos no asimilados en su totalidad por el estudiante? ¿La concentración del estudiante se dispersa por la inapropiada metodología utilizada por el docente? ¿La rutina y la poca creatividad del docente provocan esa falta de concentración? ¿El estudiante únicamente estudia por la calificación académica, y no con el fin de asimilar conocimientos para su vida laboral? ¿La teorización de conceptos, sin llevarlos a escenarios prácticos, promueve la dispersión de conocimientos? ¿La institución no cuenta con escenarios apropiados para estas asignaturas? ¿El aula de clases ya cumplió su vida útil, y son necesarios nuevos escenarios de enseñanza-aprendizaje?

Así, se podría seguir interrogando sobre las posibles causas de la no asimilación de conocimientos. En el sondeo realizado con estudiantes se encontraron aspectos importantes, relacionados con la poca práctica que se tiene en las asignaturas, cuyos porcentajes se acercaron a un 80% de trabajo teórico y un 20% de trabajo práctico. Esta situación inquietó al investigador y orientó el estudio hacia una de las posibles causas. "La falta de actividades prácticas en la enseñanza de asignaturas que conforman el área de las ciencias aplicadas, propicia una escasa asimilación de los conceptos por parte de los estudiantes". Esta afirmación orientó la mirada hacia los docentes y el bajo compromiso de algunos de ellos con la práctica. Con los estudiantes se realizó un sondeo, que arrojó resultados similares en sus respuestas: la mayoría

de ellas, referidas a la falta de escenarios de práctica adecuados.

Causó curiosidad saber que un grupo de docentes tenía algunas herramientas, pero no las utilizaba; en cambio, otros utilizaban las herramientas, pero no tenían estrategias didácticas apropiadas ni pertinentes; no se contaba con una planeación específica para el desarrollo de las prácticas o laboratorios; no se habían conformado guías de trabajo que potenciaran el perfil ocupacional y laboral de los estudiantes y, en definitiva, para muchas de las asignaturas no se contaba con herramientas para la realización de prácticas académicas.

Bajo este panorama, se tomó la decisión de intervenir de manera pronta, ya que el diagnóstico para el Programa de Ingeniería Industrial, en caso de seguir en la situación actual, era bastante desfavorable. Se podría comenzar con la decepción que causa en estudiantes, docentes e institución la no presencia del programa en puestos privilegiados de las pruebas ECAES: esto implica, a largo plazo, descontento en la sociedad, la cual desaprobaba el programa y causaría, en última instancia, su cierre.

A largo plazo se tendrá también a egresados sin visión de transformación, sin el impulso de construir, sin el desarrollo de competencias propositivas que impacten y transformen su entorno familiar, laboral y regional. Cabe resaltar que las ciencias aplicadas son la base fundamental del ingeniero industrial.

La no asimilación de conceptos fundamentales de las ciencias aplicadas dejará a los estudiantes en desventaja frente al mundo laboral; este tipo de estudiante casi siempre termina vinculándose en un trabajo para el cual no fue formado, y esto implica una sensación de desarraigo frente al perfil profesional y ocupacional, que el programa de Ingeniería Industrial busca inculcar en sus egresados, lo cual repercutirá negativamente en la sociedad y la misión de la institución.

Identificada la problemática relacionada con la falta de prácticas académicas, a continuación se puntualizaron posibles alternativas para superar la situación. Una de ellas es la construcción de un escenario para la práctica

de las ciencias aplicadas, donde se disponga de tecnologías duras, dispuestas en un proceso industrial de transformación de materias primas, el cual permita modificar o variar sus estructuras, de tal manera que los estudiantes puedan confrontar los conceptos o conocimientos teóricos impartidos en las aulas de clase, al visualizarlos en un escenario de práctica real, con situaciones problémicas, estudios de caso y simulaciones, que permitan retroalimentar la información en busca de asimilación eficaz de conocimientos.

En la investigación se plantearon seis objetivos específicos, fundamentales para el cumplimiento de las expectativas de estudio; la realización de cada uno de ellos implicará una actualización en los microcurrículos de las asignaturas que hacen parte de las ciencias aplicadas, por cuanto el hecho de tener una planta de producción en la que se está transformando una materia prima implica la comprobación, de manera real, de principios y conceptos —y que antes se realizaba de forma teórica en un salón de clase—, lo que convierte al estudiante en un sujeto activo, que vive el conocimiento y confronta todos sus pensamientos y cálculos para la solución de problemas en tiempo real.

El diseño y la construcción de la planta industrial prototipo busca una transformación en el paradigma de enseñanza-aprendizaje, que hasta el momento ha sido utilizado en el programa de Ingeniería Industrial; este viraje impulsa transformaciones en el pensamiento de los docentes y estudiantes,

Algo importante es inculcar en los estudiantes la creación de empresas, factor primordial para la industrialización de Nariño. Con el desarrollo de este estudio, el estudiante aprende que se puede dar valor agregado a un producto de manera óptima, sin necesidad de invertir grandes cantidades de dinero y con la certeza de que el proceso funcione; esto anteriormente era un sueño, una ilusión en sus mentes, pero ahora, como han participado de manera activa, saben que se puede lograr.

La realización del proyecto ha dejado enseñanzas importantes para docentes y estudiantes, en

cuanto a la asimilación de conocimientos en diferentes áreas de la Ingeniería, por lo cual se ha constituido en un aporte fundamental para la vida laboral; por otra parte, la operacionalización de las máquinas, el diseño del proceso productivo y la relación con la enseñanza han enriquecido la didáctica y la pedagogía de las ciencias aplicadas del programa de Ingeniería Industrial.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un paradigma cuantitativo, con un método de investigación aplicada, y técnicas de recolección de información como la observación, el análisis, el cálculo y la entrevista directa con personas idóneas para el desarrollo de la investigación.

El enfoque corresponde al tipo empírico-analítico, porque parte del análisis de fenómenos que se pueden constatar desde la experiencia. Además, se visualiza todo el contenido del problema planteado, hasta llegar a proponer una solución.

La investigación corresponde a un tipo de estudio aplicado, donde se realiza la interacción del proceso productivo con el desarrollo de competencias específicas, apropiadas para el buen desempeño del futuro profesional. La investigación se desarrolló en la línea de investigación del programa de Ingeniería Industrial, denominada tecnología de la producción.

A partir de la tabulación de la información, se realizó el diseño del laboratorio de procesos industriales; es decir, su concepción correspondió a las necesidades establecidas por el currículo académico, para la aplicación práctica del conocimiento.

Cabe resaltar que el diseño y la construcción de las máquinas fueron realizados por estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, apoyados por docentes de diferentes disciplinas. El diseño global de la investigación se definió de la siguiente manera:

- Adquisición de información
- Elección del proceso por diseñar y construir

- Diseño en planta de la ubicación del proceso
- Acondicionamiento de servicios públicos
- Diseño y construcción de maquinaria
- Diseño y construcción de accesorios
- Diseño y construcción de estructuras; acople de maquinaria
- Primera producción de prueba, calibración y supervisión
- Segunda producción de prueba, calibración y supervisión
- Tercera producción de prueba, calibración y supervisión
- Cuarta producción de prueba, calibración y supervisión
- Quinta producción de prueba, calibración y supervisión
- Sexta producción de prueba, calibración y supervisión, y puesta en marcha de la planta piloto prototipo a pequeña escala

Fundamentación teórica

De acuerdo con la Enciclopedia Larousse (2005) la práctica es la destreza o habilidad que se adquiere con la repetición o continuidad del ejercicio; es la aplicación de conocimientos adquiridos, especialmente, los que hacen los estudiantes, bajo la dirección de un profesor, en un ejercicio o clase. Según la filosofía de Kant (1998), la práctica es el aspecto de la conducta moral concebido como manifestación necesaria del imperativo moral. Según la filosofía de Marx (1981), la práctica o praxis es el conjunto de actividades tendientes a transformar el mundo.

Hoy un laboratorio, de forma similar, está concebido como aquel dispositivo donde se hallan dispuestos los aparatos y los materiales destinados a investigaciones científicas, ensayos industriales o trabajos específicos dentro de una fábrica; el laboratorio está al servicio del análisis y ensayo de los metales, o del control de los tratamientos de las piezas fabricadas de las materias primas empleadas.

A partir de este concepto se han creado en todo el mundo diferentes tipos de laboratorios,

cuyos objetivos han sido suplir las necesidades de sectores industriales y productivos, incluido el sector educativo. En Colombia y otros países latinoamericanos las instituciones de educación superior han dispuesto un sinnúmero de laboratorios o centros de experimentación, que les permiten mejorar el entendimiento y apropiación del conocimiento adquirido durante la formación en la universidad.

Algunos de los laboratorios en los cuales se da una aplicación para las ramas de las ingenierías son: de metalmecánica, de operaciones unitarias, de tecnología de alimentos, de resistencia de materiales, de termodinámica, de calidad metalúrgica y de materiales, de manufactura flexible (FMS), de robotización de equipos mineros y de manufactura, de diseño y manufactura asistida por computador, de informática industrial y gestión, y de instrucción asistida por computador.

El Programa de Ingeniería Industrial se ha propuesto enfrentar a sus estudiantes con procesos reales de transformación de materias primas, ya que el Departamento de Nariño lo amerita con urgencia, razón por la cual se incursionó en las plantas piloto prototipo a escala pequeña, ya que en un proceso completo de transformación de materias primas se podrían aplicar mejor los conocimientos adquiridos, desde la ubicación y selección de las materias primas hasta el empaque, almacenamiento, comercialización y distribución del producto terminado.

Si se pretende que el estudiante alcance una perdurabilidad del aprendizaje es necesario que lo enseñando sea significativo para él, entendido lo significativo como la posibilidad de causar asombro, inquietud, ganas de conocer más, posibilidad de llamar la atención sobre lo que escucha y mira; en síntesis, que sean tan atractivos la investigación y la búsqueda de información que sean también una necesidad de respuesta a sus propios interrogantes e hipótesis.

De acuerdo con los postulados del aprendizaje significativo, para que lo anterior se presente el estudiante debe tener conocimientos previos

(estructuras cognoscitivas previas), que lo conecten con los nuevos conocimientos, que se entrecrucen y generen aprendizajes significativos; estos aprendizajes deben tocar las fibras sentimentales del estudiante, su cultura y contexto. Si un estudiante, al solucionar un problema de su familia, de su barrio, su región, aprende nuevos conocimientos, éstos cobrarán un significado para él, uno donde sus estructuras cognoscitivas previas serán impactadas y modificadas, y así generarán la perdurabilidad de lo aprendido.

El más representativo investigador del aprendizaje perdurable es el maestro David P. Ausubel. Martínez (2005) retoma los postulados de Ausubel (2002) al afirmar que para un estudiante a quien se pretende enseñar conceptos científicos sin tener en cuenta su estructura preconceptual, cualquiera de aquellos que no encaje en sus esquemas mentales –ideas pertinentes–, carecerá de significado para él; no será potencialmente significativo, y las oraciones que lo contengan le resultarán absurdas o incomprensibles. Por lo tanto, no serán incorporados intencionalmente en su estructura cognoscitiva como proposiciones disciplinares, y el alumno no podrá establecer relaciones derivativas, correlativas, modificadoras, matizadoras, argumentativas, supraordinadas, ni de ninguna otra clase, y no las podrá retener a largo plazo.

En el aprendizaje significativo el docente cobra un valor preponderante, ya que es él quien despierta la curiosidad intelectual del estudiante, propicia los razonamientos objetivos y críticos de sus estudiantes y, finalmente, logra que realicen la transformación de su estructura cognoscitiva. Martínez (2005) propone que el profesor del aprendizaje significativo debe elaborar su propio mapa mental para recorrer el camino de su disciplina antes de enseñarlo a sus estudiantes; debe indagar cómo está conformada la estructura cognoscitiva del grupo, para encontrar los conceptos naturales o primarios, adquiridos en la experiencia empírico-concreta (conducta de entrada); se debe basar en la enseñanza de los sabios, quienes construyeron los conceptos aceptados académica y culturalmente, que deben servir de base para alcanzar el conocimiento. Definitivamente, la exposición

verbal es crítica en el aprendizaje significativo; especialmente, en el ámbito de la ciencia, lo cual implica un dominio del lenguaje y del pensamiento lógico.

El docente del aprendizaje significativo, según Martínez (2005), cuenta con dos herramientas para que logre impactar las estructuras cognitivas previas de los estudiantes: la subordinación y la supraordinación. La primera hace alusión a cómo los conceptos específicos son incorporados en otros de mayor generalidad; el segundo alude a los conceptos generales que se pueden incluir en otros más específicos adquiridos en la clase. Entonces, el docente indaga los conocimientos previos de sus estudiantes, selecciona los conceptos y las proposiciones, las organiza, las sistematiza en redes de conocimientos, las expone ampliamente, desde los conceptos más generales hasta los más específicos, destaca las similitudes y las diferencias entre conceptos relacionados y, por último, interroga, problematiza y dirige su reelaboración, y exige que el estudiante lo haga con sus propias proposiciones coherentes y no literales.

Por otro lado, el estudiante del aprendizaje significativo, según Martínez (2005), debe diferenciar y organizar conceptos y proposiciones, incorporar a su estructura cognoscitiva los conceptos científicos enseñados por el profesor, investigar para enriquecer la red de conceptos adquiridos, comprobar que su estructura ha sido impactada, intencionada y sustancialmente, al participar activamente en clase o mediante trabajos presentados con lenguaje propio y explicar los principios, leyes y contenidos conceptuales de la disciplina en estudio.

Si se ubica a los docentes y estudiantes en ambientes de aprendizaje que motiven la realización de preguntas e hipótesis de investigación, con enfoques pedagógicos como el aprendizaje significativo y didácticas contemporáneas con repercusión social, es de esperar que se impacten las estructuras mentales del estudiantado y se generen aprendizajes significativos.

En el libro *Enfoques Pedagógicos y Didácticas Contemporáneas*, Martínez (2005) propone la

planeación de una clase utilizando el aprendizaje significativo de una manera especial. El profesor realiza una verificación de los conocimientos previos que los estudiantes tienen en relación con la temática estudiada; mediante un conjunto de preguntas, indaga las estructuras cognoscitivas de éstos, en busca de conceptos adquiridos en clases anteriores o de sus experiencias cotidianas.

Después de esto, el docente estructura una serie de conceptos, necesarios todos ellos para aclarar aspectos fundamentales de la temática; si es posible, debe contextualizarlos con el desarrollo intelectual, el entorno cultural e, incluso, con su aspecto afectivo. Estos conceptos se deben relacionar entre sí, con el fin de estructurar un mapa mental en los estudiantes (red de conceptos y proposiciones).

Posteriormente, se exponen las teorías, leyes, fundamentos o proposiciones referentes al tema de estudio; éstas hay que reforzarlas con preguntas clave, que motiven la curiosidad del estudiante por saber más. Es necesario recalcar en los estudiantes que cada nuevo concepto encontrado se debe definir claramente y comprenderlo, pues si no es así, no se podrá continuar con la temática. Cuando se tienen claros los conceptos, las leyes y teorías, y han sido aclaradas las preguntas propuestas, el docente tiene que contextualizar los conocimientos, tocar la fibra interior del estudiante, proponer alternativas de solución a problemas reales del entorno de sus estudiantes. Para reforzar el aprendizaje es necesario hacer lecturas especializadas en relación con el tema de estudio, así como recordarle al estudiante que cada nuevo concepto debe ser definido y comprendido a cabalidad.

Cuando el estudiante ha interiorizado y sido impactado su estructura cognoscitiva, debe realizar exposiciones, donde explique con su propio lenguaje lo fundamental de lo enseñado; el estudiante estará en capacidad de realizar mapas conceptuales en los cuales se relacionen los diferentes conceptos, tanto los supraordinados como los subordinados. El estudiante reforzará el aprendizaje desarrollando proposiciones con los conceptos, relacionándolas con otras ya validadas por la ciencia. Por último, el

estudiante expresará con sus propios términos en qué forma le afectó el conocimiento, cómo explica los conceptos científicos encontrados, cómo se relacionan entre sí y cuál será su propuesta para solucionar la problemática vivencial de su entorno.

Papert (1991) afirma que el aprendizaje del constructivista ocurre especialmente bien si se le pide a alguien construir un producto, algo externo a sí mismo, tal como un castillo de arena, una máquina, un programa de computador o un libro. En la investigación se propone ir un poco más allá: construir instrumentos didácticos y herramientas para aprender, de modo que estas herramientas sean el impulso o punto de partida para que el estudiante intervenga el contexto y desarrolle nuevas plantas industriales prototipo, como alternativas de desarrollo y fuentes de empleo regional.

De acuerdo con Díaz Barriga (2002), retomando los postulados de Coll, Pozo, Sarabia y Valls (1992), donde se estipulan tres áreas básicas para formular los contenidos que se enseñan en los currículos, se definen así: declarativo (saber qué), procedimental (saber hacer) y actitudinal-valoral (saber ser); la investigación enfatiza ubicando al docente y al estudiante en la fase declarativa enseñando y asimilando hechos, conceptos, principios, leyes y postulados como estructuras fundamentales del aprendizaje significativo. En la fase procedimental el docente y el estudiante deben desarrollar procedimientos, estrategias, técnicas, destrezas, métodos, algoritmos, operaciones matemáticas, mapas conceptuales, utilización de instrumentos y máquinas todo ello, enmarcado en la apropiación de datos relevantes respecto a la tarea puntual por desarrollar sus propiedades, condiciones y reglas generales de aplicación.

En la fase procedimental también interviene la actuación o ejecución del procedimiento, donde el aprendiz procede por tanteo y error, mientras el docente lo va corrigiendo mediante episodios de práctica con retroalimentación. En la misma fase se debe alcanzar la automatización del procedimiento, y esto se logra con la ejecución continua y repetitiva de la tarea, hasta cuando queden demostrados la facilidad,

el ajuste, la unidad y el ritmo continuo cuando se ejecuta la tarea. Por último, se debe llegar al perfeccionamiento indefinido del procedimiento, para el que, en realidad, no hay final: se vislumbra cuando el aprendiz supera al maestro.

En la fase actitudinal-valoral, en el saber ser, están implícitas las actitudes, los valores, la ética personal y profesional, entre otras. Sarabia (1992) define los valores morales como principios éticos interiorizados respecto a los cuales las personas sienten un compromiso de conciencia, que permite juzgar lo adecuado de las conductas propias y ajenas. Estos valores por enseñar se orientan al bien común, al desarrollo armónico y pleno de la persona y a la convivencia solidaria en sociedades caracterizadas por la justicia y la democracia. Según Díaz Barriga (2002), la base de los programas educativos se sustenta en la promoción de los derechos humanos universales (libertad, justicia, equidad, respeto a la vida, y otros), así como en la erradicación de los llamados antivaleores (discriminación, autoritarismo, segregación, maltrato, explotación).

En el aprendizaje de valores se deben desarrollar y fortalecer el respeto al punto de vista del otro, la solidaridad y la cooperatividad, y procurar la supresión del individualismo egoísta o la intolerancia al trabajo colectivo. Algunas estrategias para trabajar procesos actitudinales son: los juegos de roles, los sociodramas, las discusiones, las exposiciones y las explicaciones de conferencistas prestigiosos.

De acuerdo con Díaz :

Se requiere experiencias de aprendizaje significativas, que permitan no sólo adquirir información valiosa, sino que incidan realmente en el comportamiento de los alumnos, en la manifestación del afecto o emoción moral, en su capacidad de comprensión crítica de la realidad que los circunda, en el desarrollo de habilidades específicas para el diálogo, la autodirección, la participación activa, la cooperación o la tolerancia (Díaz Barriga, 2002).

Resultados

La preocupación por la calidad y el mejoramiento continuo de los programas de educación superior, entre ellos los dedicados a la formación

de ingenieros, han impulsado en la Universidad Cooperativa de Colombia seccional Pasto cambios en los procesos de formación de sus estudiantes, e implicado así reformas curriculares apropiadas para el desarrollo de competencias que garanticen un desempeño eficiente y eficaz en la vida profesional del futuro ingeniero industrial.

Se identificó en el Programa de Ingeniería Industrial la necesidad de un componente de práctica real, donde el estudiante aplique los conocimientos teóricos que se imparten en las aulas de clase, y los confronte en escenarios de transformación de materias primas analizando las variaciones de éstas a lo largo del tiempo y el comportamiento de los elementos que conforman el sistema.

Por tal motivo, la investigación planteó el desarrollo de una planta piloto prototipo a escala pequeña, la cual implicó el diseño y construcción de todos los elementos que conforman el sistema y la selección de la materia prima por transformar, mediante un estudio que arrojó como resultado el proceso de transformación de la papa amarilla yema de huevo (*Solanum phureja*). Este tubérculo se caracteriza por tener forma ovalada, piel amarilla, ojos profundos y abundantes y carne amarilla intensa. Entre las variedades de consumo masivo es una de las más apreciadas. Se cultiva en los Andes y su calidad depende del microclima, la altura, la radicación solar y la luminosidad de los ecosistemas donde se produce. Sus diámetros oscilan entre los 2 y los 4 cm.

El proceso de transformación de la papa amarilla yema de huevo en la planta piloto prototipo se fundamenta en lo siguiente: recepción y pesado, selección, lavado, selección por sanidad, precocido, enfriado, escurrido, empaquetado-etiquetado-pesado, congelación o empaque al vacío y almacenamiento.

Cada una de las actividades mencionadas representó la construcción de las siguientes máquinas: una seleccionadora, una lavadora, una marmita, un túnel de enfriamiento y escurrido, dos bandas transportadoras, un stand de almacenamiento, mesas de inspección y estructuras de soporte.

El proceso que se desarrolló surge de la experiencia del investigador y las visitas a plantas de procesamiento de frituras, como Papas Margarita y Papas Jenny. Algunas de las máquinas que se construyeron hacen parte de la mayoría de procesos industriales que se vislumbran durante las visitas que cada semestre hacen los estudiantes y docentes a las diferentes empresas regionales o nacionales. En la literatura consultada no se encontró un diseño específico de la planta de producción ni, mucho menos, el proceso para la industrialización de la papa amarilla. Algunos medios informan sobre la existencia en Miami de una planta procesadora de papa amarilla; se investigó y, efectivamente, se encontró el producto empacado en un frasco de vidrio con salmuera; la empresa tiene todo el proceso oculto mediante la modalidad de secreto industrial. Haciendo analogías con los procesos antes mencionados, se determinó el acondicionamiento del proceso a la didáctica de una clase, y que cumpliera las normas mínimas de seguridad y sanidad.

Los requerimientos de capacidad de la planta y tamaño de la maquinaria se acondicionaron a la infraestructura que se tiene en la institución: se asignó un espacio físico de 42 m², representados en 7 m de largo por 6 m de ancho. Con este espacio la capacidad de la planta debía ser pequeña, y más aun, con el tiempo que el docente tendría para utilizarla en el desarrollo de su cátedra. Se determinó que la planta procesaría seis bultos de papa por día: aproximadamente, 300 kg por día. De acuerdo con esta estimación, se determinaron el tamaño y especificaciones de cada una de las máquinas.

La disposición de la maquinaria se realizó bajo el diseño propuesto por el investigador, el cual se puede observar en la figura 2. En la parte superior derecha y en el piso se dispuso una estiba, donde se almacenan los bultos de papa que serán procesados en la planta. Ahora bien, para esta capacidad de procesamiento se realizaron cálculos para el tamaño de almacenamiento, que dieron como resultado 33 m³ como los necesarios para almacenar la producción de un mes; expresado ello en unidades métricas, sería: 2,5 m x 4,4 m x 3 m = 33 m³.

Como la planta no procesará las 8 horas diarias de un turno de trabajo normal, sino que la producción será esporádica, según la necesidad de los docentes y los laboratorios que ellos realicen, se ha estimado el almacenamiento de dos bultos de materia prima más el espacio de corredores en 0,6 m³ distribuidos así: 80 cm x 150 cm x 50 cm = 0,6 m³ realizando la conversión de centímetros a metros.

El segundo dispositivo que se observa en la figura 2 es una mesa de inspección de materia prima sucia, donde el operario retira la tierra y residuos de cosecha que se encuentren en los bultos; posteriormente a la inspección, el operario deposita el tubérculo en la tolva de la banda transportadora accionando un pedal que abre una compuerta; en la tolva los tubérculos son transportados y, a la vez, inspeccionados, y se retiran los defectuosos. Al final de la banda se encuentra la máquina seleccionadora por tamaño, la cual está provista de un conjunto de rodillos giratorios que impulsan la materia prima a través de rejillas de diferentes separaciones, las cuales realizan el proceso de selección y entregan tres tamaños de papas: pequeño, mediano y grande, cada uno de los cuales es almacenado en cubículos con dispositivo de cierre y apertura, por donde sale la materia prima, que se deposita en un carro de transporte.

Enseguida se encuentra la máquina lavadora, la cual está diseñada en acero inoxidable y consta de un cilindro giratorio provisto de perforaciones, las cuales permiten la evacuación del agua que limpia las papas, agua que entra en contraflujo para generar mayor eficiencia en el lavado. En la parte inferior se encuentran dos tanques contenedores del agua residual del proceso.

Después de realizar la selección por tamaño, el operario deposita las papas en el cilindro giratorio de la máquina para su lavado, durante un periodo de 3 a 8 minutos de limpieza. Se abre la compuerta de salida de las papas, que caen en un carro transporte, el cual se utiliza para dos propósitos: el primero es la inspección de la materia prima limpia que pasó la primera inspección, debido a que a simple vista no se observaba la anomalía por la suciedad adherida al tubérculo; esta materia prima defectuosa es

retirada del proceso. El segundo es esperar un tiempo para que el exceso de agua impregnado en el tubérculo sea escurrido hacia el canal de desagüe.

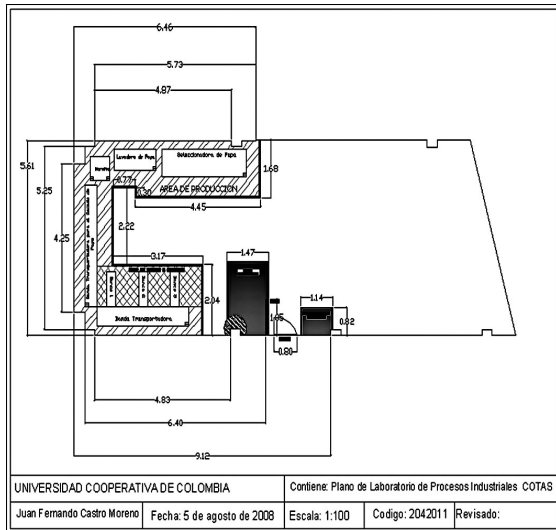


Figura 2. Plano de la planta piloto prototipo

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa el proceso de producción se puede dividir en dos presentaciones: la primera, donde la materia prima que sale del carro de escurrido pasa directamente al túnel de enfriado y escurrido, proceso que entrega un producto seleccionado, lavado, escurrido, seco y empacado. La segunda, donde la materia prima sale del carro de escurrido y pasa a la marmita de cocción, que entrega un producto seleccionado, lavado, precocido, escurrido, seco y empacado.

La marmita está elaborada en acero inoxidable; el dispositivo consta de un quemador ubicado en la parte inferior, el cual calienta un recipiente con agua donde se depositan las papas para una precocción; este dispositivo es basculante, para permitir la salida del material. La precocción se realiza durante 10 ó 15 minutos; cumplido el tiempo estipulado, se depositan los tubérculos en el túnel de enfriamiento y escurrido, el cual ocupa casi todo el lado izquierdo de la planta.

El túnel de enfriado y escurrido está provisto de un sistema de ventiladores y de una banda transportadora, donde los primeros expulsan el

exceso de agua de los tubérculos y la segunda transporta los tubérculos por un entramado de platinas, las cuales retardan la salida del tubérculo; se entrega así un producto seco en la salida de la banda. Los tubérculos que salen del túnel de enfriado y escurrido son depositados en una banda transportadora, para ser tomados por los operarios en el proceso de pesado y sellado, que se realiza en mesas dispuestas para tal fin. Los tubérculos que no son recogidos por los operarios se depositan en un amortiguador, elaborado en acero inoxidable, y consistente en una mesa redonda giratoria, donde se ubica un operario para realizar el proceso de empaque y sellado.

Por último, el operario recoge en un carro transportador el producto empacado para depositarlo en un anaquel de almacenamiento, dispositivo rectangular en ángulo, de acero estructural con separaciones, para soportar el peso del producto terminado.

En la figura 2 se observa el espacio físico asignado para el emplazamiento del proyecto de investigación y la distribución en planta de los diferentes elementos que conforman el proceso industrial para la transformación de la papa amarilla; de la misma manera, se observan las máquinas, sus posiciones, las cotas que demarcan el espacio físico de la planta y los espacios asignados para los operarios de la maquinaria; la escala es de 1:100 y las medidas de las cotas están expresadas en metros.



Figura 3. Fotografía ala izquierda de la planta piloto prototipo

Fuente: Elaboración propia

La satisfacción del estudiantado y la alegría en el rostro cuando se comprende un concepto o teoría de manera práctica es otro resultado de la investigación. La planta industrial, efectivamente, genera aprendizajes significativos y ayuda a disipar dudas sobre lo no aprendido en los salones de clase.



Figura 4. Fotografía lado derecho planta piloto prototipo

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

El diseño y construcción de una planta piloto como herramienta didáctica para la enseñanza es un reto que implica un trabajo arduo y juicioso de docentes, estudiantes y administrativos; esto, sumado a una eficiente administración de recursos, hizo posible que en la actualidad el Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Pasto cuente con un escenario de calidad, donde la didáctica y la pedagogía serán protagonistas de aprendizajes significativos, los cuales se reflejarán en la formación de profesionales de alta calidad y transformadores solidarios de su contexto.

Definitivamente, en la enseñanza y aprendizaje es fundamental recurrir a didácticas novedosas, que generen en el estudiante posiciones propositivas. El poseer un escenario de prácticas académicas en conjunción con una buena didáctica, estrategias metodológicas e instrumentos de aplicación de estas obliga al estudiante a enfrentarse con situaciones

reales, que difícilmente se podrían comprender y solucionar solamente con los conocimientos teóricos.

La actuación en contextos reales genera la transformación de actitudes y la creatividad, necesarias para mitigar, en gran medida, dificultades que se observan en diferentes regiones del país. Los estudiantes, entonces, se enfrentarían a nuevos retos en condiciones más reales, y así se lograría transformar la realidad de la región y del país.

Se debe realizar una transformación en la educación superior, donde primen las experiencias de aprendizaje significativo, que permitan no sólo adquirir información valiosa, sino que incidan realmente en el comportamiento de los alumnos fomentando valores y actitudes que se traduzcan en manifestaciones de afecto y emoción moral, en su capacidad de comprensión crítica de la realidad que los circunda, en el desarrollo de habilidades específicas para el trabajo, el diálogo, la autodirección, la participación activa, la cooperación y la tolerancia.

Se recomienda a quienes deseen replicar la experiencia que se aventuren a desarrollar proyectos de ingeniería aplicada, ya que es una manera novedosa de afianzar plenamente los conocimientos y una experiencia inigualable cuando las máquinas y los estudiantes se enorgullecen de su funcionamiento.

En todo este proceso se aprendió algo nuevo: ceñirse rigurosamente a los cálculos y al diseño en ocasiones genera poca creatividad, fundamental a la hora de innovar; es necesario que se deje divagar la imaginación para llegar a alternativas que nunca se habían pensado.

En este tipo de experiencias el estudiante se puede equivocar, ya que en esta ocasión no perderá la materia, pero sí aprenderá mucho, e incluso, de los errores se ha llegado a la solución.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*, Barcelona, Paidós.
- Coll, C.; Pozo, I.; Sarabia, B. y Valls, E. (1992). *Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de*

- conceptos, procedimientos y actitudes, Madrid, Santillana.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, México, McGraw-Hill.
- Kant, E. (1988). *Crítica de la razón práctica*, 6ª ed., Madrid, Sígueme.
- Larousse (2005). *Gran Enciclopedia Larousse*, 3ª ed., vol. 18, México, Planeta.
- Martínez (2005). "Aprendizaje significativo: la psicología educativa aplicada en el salón de clases", en De Zubiría, M. (comp.), *Enfoques pedagógicos y didácticas contemporáneas*. (pp. 141–180), Bogotá, Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual Alberto Merani.
- Marx, C. (1981). *Tesis sobre Feuerbach*, Moscú, Editorial Progreso.
- Papert, S. (1991). *Desafío a la mente. Computadoras y educación*, Buenos Aires, Galápagos.
- Sarabia, B. (1992). "El aprendizaje y la enseñanza de las actitudes", en Coll, C.; Pozo, J.; Sarabia, B. y Valls, E. (1992). *Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*, Madrid, Santillana.