

Distribución de plantas usando el método SLP: enseñada desde un juego serio

Plant distribution using the SLP method:
taught from a serious game



Distribución de plantas usando el método SLP: enseñada desde un juego serio¹

Plant distribution using the SLP method: taught from a serious game

Julián Andrés Gutiérrez Castaño², Ángela Fernanda Vallejo³, John Andrés Toro Correa⁴, Juan David Pareja Grajales⁵, Michael Steven Cardona Aguirre⁶, Sara Liliana Posso⁷, Vanessa Pulido Londoño⁸

Artículo recibido en abril 28 de 2020; artículo aceptado en septiembre 9 de 2020

Este artículo puede compartirse bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#) y se referencia usando el siguiente formato: Gutiérrez, J. A., Vallejo, A. F., Toro, J. A., Pareja, J. D., Cardona, M. S., Posso, S. L. y Pulido, V. (2021). Distribución de plantas usando el método SLP: enseñada desde un juego serio. *I+D Revista de Investigaciones*, 16(1), 165-179. <http://dx.doi.org/10.33304/revinv.v16n1-2021014>.

Resumen

La enseñanza de la distribución de plantas en las universidades suele ser teórica y con poco espacio para realizar prácticas; por esto, se reconoce la oportunidad de crear un "juego serio" o "lúdica" que, bajo el paradigma constructivista aplicado a la educación, permita a las personas apropiarse del conocimiento necesario para la aplicación del método *systematic layout planning* para el diseño de plantas de producción. Después de la investigación sobre el método y de cada etapa que lo compone, se llega a la construcción de una actividad que plantea un problema por resolver y con el cual se espera proveer a los participantes las herramientas que los guíen en cada paso de aplicación del *systematic layout planning*.

Palabras clave: Aprendizaje activo, educación alternativa, ingeniería industrial, producción.

¹ Artículo de Investigación, de enfoque cualitativo, resultado de un proyecto de investigación culminado, perteneciente al área de ciencias sociales e Ingeniería de Producción, subárea de Diseño de plantas, desarrollado en el grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos - Risaralda, PBX: +57 6 3137300. Fecha de inicio: junio de 2019. Fecha de terminación: marzo de 2020.

² Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0257-3606>. Correo electrónico institucional: julian.gutierrez@utp.edu.co.

³ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-5816>. Correo electrónico institucional: fernanda.vallejo@utp.edu.co.

⁴ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2802-1909>. Correo electrónico institucional: john.toro@utp.edu.co.

⁵ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0733-720X>. Correo electrónico institucional: j.pareja@utp.edu.co.

⁶ Estudiante de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2810-7195>. Correo electrónico institucional: michael.cardona@utp.edu.co.

⁷ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2339-9179>. Correo electrónico institucional: sara.posso@utp.edu.co.

⁸ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. Adscrito al grupo de investigación GEIO, Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Dirección: carrera 27 n.º 10-02 Barrio Álamos, PBX: +57 6 3137300. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6399-6448>. Correo electrónico institucional: vanessa.pulido@utp.edu.co.

Abstract

In the universities, the teaching around the distribution of plants is usually done in a theoretical way and with little space to carry out practices. For this, the opportunity to create a “serious game” or “playful activity” is recognized, which, under the constructivist paradigm applied to education, allows people to appropriate the knowledge necessary to apply the Systematic Layout Planning method for plant design of production. After an in-depth investigation of the method and each stage that it is composed of, the construction of an activity that effectively poses a problem to be solved is reached, with which is hoped to provide participants with the tools to guide them in each step of Systematic Layout Planning application.

Keywords: Active learning, alternative education, industrial engineering, production.

Introducción

En el grupo de investigación GEIO se han tratado diversos temas alrededor de la ingeniería industrial, tratando de cumplir con su objetivo de facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje en las ciencias empresariales. Los temas investigados se convierten en ejercicios denominados en la literatura como “juegos serios”, y tratados en el grupo de investigación como “lúdicas” que se construyen bajo el paradigma constructivista, para permitir que los participantes de estas actividades lleguen a la apropiación del conocimiento deseado. Varias de estas lúdicas tocan temas relacionados con el área de producción, que forma parte de la ingeniería industrial, pues presentan elementos adicionales de la distribución de planta para tener en cuenta a la hora de la optimización de sistemas productivos. Además, sugieren a los participantes que la distribución correcta de la planta productiva es un punto fundamental para la realización de dicha tarea; sin embargo, todos estos elementos no proporcionan una metodología específica o conceptos claros de la distribución y el diseño de planta.

Un estudio realizado en el programa de Ingeniería Industrial de una universidad de Pereira, Colombia, sostiene:

[...] cuando los docentes invierten esfuerzos en aplicar diversas estrategias de enseñanza y tipos de evaluación, junto con el uso adecuado de recursos didácticos, se verá reflejado en una mayor motivación en los estudiantes y mejor clima socioafectivo en el aula. (Ramos Lugo y Triana Gómez, 2011, p. 274)

Además, concluye que la mayor parte de los estudiantes de dicha carrera tienen un estilo de aprendizaje reflexivo o activo, por lo que, mientras el sistema educativo tradicional favorece a una minoría de estudiantes con estilo de aprendizaje pragmático, “los reflexivos encuentran a menudo que el ritmo impuesto no les deja tiempo para procesar las ideas como ellos necesitan, igual sucede con los alumnos que aprenden a partir de la experiencia (activos)” (Ramos Lugo y Triana Gómez, 2011, p. 274). En asignaturas como Diseño de Plantas, que se dictan en mayor parte de forma teórica, la predominancia

de esta estrategia de enseñanza puede representar un problema que afecta el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.

Considerando lo anterior, se propone una alternativa para adquirir y profundizar en aquellas metodologías por las cuales se puede distribuir una planta de producción de acuerdo con las necesidades y condiciones de la empresa. Se trata de un juego serio enfocado en el método *systematic layout planning* (SLP). El objetivo principal de la actividad es ubicar a los participantes en un entorno que represente un reto por solucionar, y que además contenga diferentes herramientas que puedan guiar a las personas a lo largo de todos los pasos que conlleva la aplicación del SLP, para así afianzar conocimientos relacionados con el método.

La lúdica diseñada podría terminar siendo un material de apoyo a la hora de dictar dicha asignatura en la carrera de Ingeniería Industrial en una universidad de la ciudad de Pereira, que es el contexto inmediato del grupo de investigación. También podría apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la distribución de plantas en otras instituciones, y puede ser punto de partida para desarrollar mejores metodologías sobre este tema.

En este sentido, el objetivo de este artículo es presentar el diseño de una lúdica que busca facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje del método SLP para la distribución de una planta y una ruta a seguir a través de objetivos específicos (Caicedo Mora *et al.*, 2020), entre ellos: aplicar el método constructivista enfocado a la solución de una situación problema que involucre conceptos de diseño de plantas y SLP, diseñar los materiales y herramientas necesarias para el desarrollo de la actividad y la solución del problema planteado, y aportar un material replicable como nueva alternativa de enseñanza y aprendizaje.

Marco referencial

Dentro de todo sistema productivo se evidencia la necesidad de planificar de manera adecuada el uso de los recursos y los factores que se involucran en la cadena de producción, con el objetivo de minimizar pérdidas. A partir de esto, nace el diseño de plantas o instalaciones;

ya que “las pérdidas pueden evitarse en gran manera si se dedica un poco de tiempo a preparar la instalación” (Muther, 1968, p. 17).

La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller (Muther, 1970, p. 13).

Así pues, “el objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios)” (Chase *et al.*, 2007, p. 221).

Para determinar la distribución, es preciso reconocer los distintos formatos (estructuras del flujo de trabajo), las técnicas o métodos para el diseño de la distribución. Según Salas Bacalla (1998), existen tres formatos básicos de la distribución para la producción y un híbrido:

- Distribución por producto: Llamada también distribución de Taller de Flujo. Es aquella donde se dispone el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. Si el equipo se dedica a la producción continua de una pequeña línea de productos, por lo general se le llama línea de producción o línea de montaje.
- Distribución de tecnología de grupos o celular: Agrupa máquinas diferentes en centros de trabajo (o celdas), para trabajar sobre productos que tienen formas y necesidades de procesamiento similares. Se parece a la distribución por proceso, ya que se diseñan las celdas para realizar un conjunto de procesos específicos. También es semejante a la distribución por producto, pues las celdas se dedican a una gama limitada de productos.
- Distribución por posición fija: El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura hacia donde está el producto.
- Distribución por proceso: Llamada también distribución de taller de trabajo o distribución por función. En esta se agrupan el equipo o las funciones similares, como sería un área para tomos, máquinas de estampado. Esto de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida; una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación.

Considerando lo anterior, para efectos de esta investigación se utilizará el formato de distribución híbrido, también conocido como distribución por funciones. Esta elección se debe a que sus características de agrupación de procesos similares permiten a la organización optimizar los procesos de control y brinda gran flexibilidad a la hora de asignar tareas, y, por tanto, cumple con los propósitos de la investigación.

El método SLP se basa en un código de cercanías entre las áreas que conforman la empresa, y se utiliza cuando el flujo de materiales no es intenso ni costoso. Conforme se avanza en la aplicación del método, cuyos pasos se muestran en la Figura 1, se van usando todos o casi todos los principios básicos de la distribución de planta (Baca Urbina, 2013, p. 121).

Tradicionalmente, la enseñanza sobre la distribución eficiente de una planta eficiente y la manera en que beneficia a cada sistema y/o proceso productivo se realizan de forma teórica. Este es el caso de una universidad de la ciudad de Pereira, durante el tiempo en el cual se ha ofrecido el pregrado de Ingeniería Industrial. Para esto, se dicta la asignatura Distribución de Planta, donde se abarcan todos los métodos de distribución para una planta, incluyendo SLP. Se maneja una enseñanza teórica, en donde al estudiante se le muestran todos estos métodos para que él los analice y los interiorice, pero sin que él ponga en práctica aquellos conocimientos ya asimilados o, en caso contrario, para que descubra cuáles fueron esos que no interiorizó de la mejor manera.

Es necesario resaltar que para enseñar este tema se han desarrollado diferentes alternativas que le proporcionan al estudiante la oportunidad de interactuar y/o simular un espacio real. Entre ellas se tiene el desarrollo y la implementación del *software* tridimensional SketchUp en la Universidad de Cartagena, como lo expresan Acosta y Reina (2011), por mencionar un ejemplo. Es el caso del diseño de un manual para la implementación del *software* SketchUp en la asignatura de Distribución de Planta del programa de Administración Industrial. Con la ayuda del *software* SketchUp se desarrolla el modelado tridimensional de una máquina, con el objetivo de documentar paso a paso las actividades a ejecutar, después se realiza el levantamiento del edificio que contendría los elementos modelados y, finalmente, con ayuda del *software* WinQSB, se evaluó por medio de un análisis de métodos cuantitativos la mejor distribución para realizar el rediseño de la distribución en planta (Acosta y Reina, 2011, p. 18).

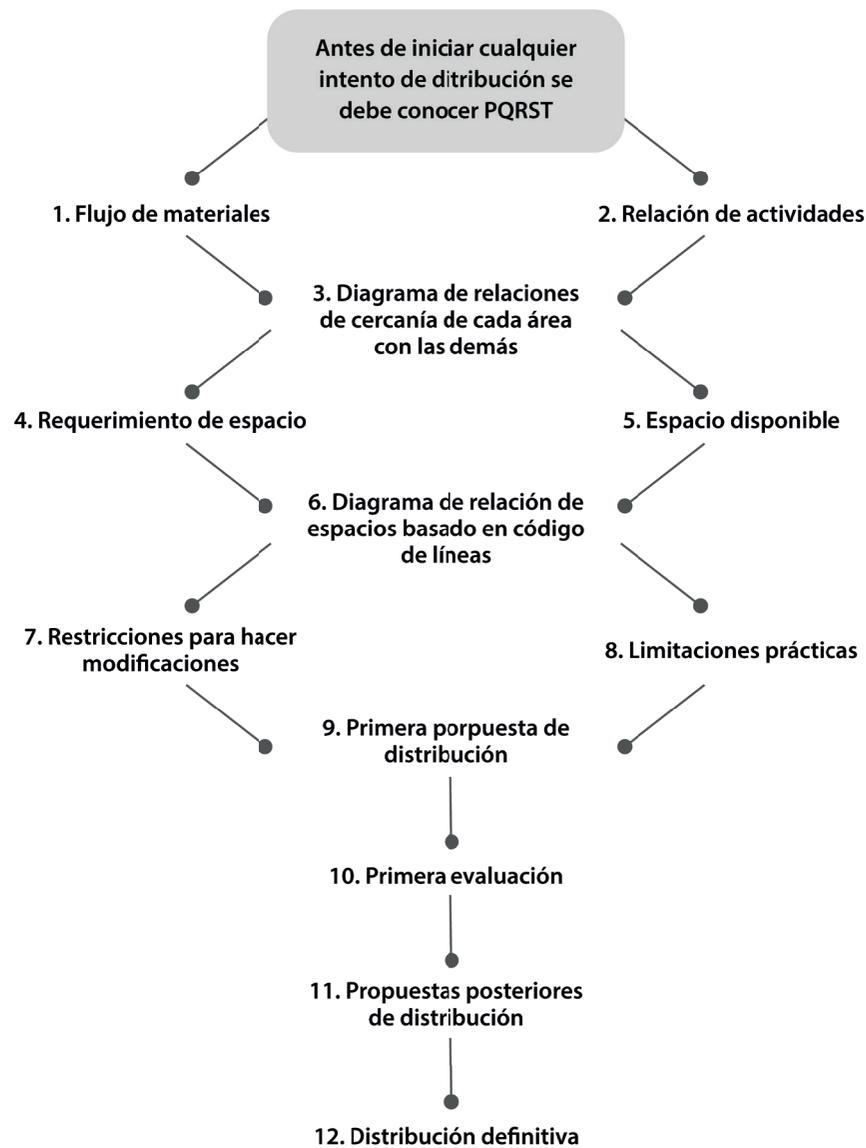


Figura 1. Planeación sistemática de la distribución de instalaciones. Fuente: Baca Urbina (2013).

Otra alternativa para la enseñanza de la distribución de plantas surgió en la Universidad Industrial de Santander, donde se implementó un *software* educativo llamado Sheplan, que es una contracción de Sistema Hipermedia Educativo para la Enseñanza de Distribución de Plantas. El *software* fue

Se observa en la literatura un vasto contenido con respecto al uso de alternativas para transmitir conceptos de la distribución de plantas, pero no se acude necesariamente a otras estrategias de enseñanza, solo a *software* que podrían facilitar la apropiación de conceptos y la simulación de dichos en ambientes virtuales.

[...] creado utilizando tecnologías libres de desarrollo web, ofrece funcionalidades para la consulta en línea de una aproximación actualizada sobre el estado del arte acerca del tema de distribución de plantas y apoyo en la gestión y generación de planos para instalaciones. (Garavito Hernández *et al.*, 2005)

También existen trabajos volcados a implementar un modelo lúdico de aprendizaje basado en problemas, como sucede en la Universidad de Antioquia, en donde su grupo de investigación Gestión de la Calidad diseñó un ejercicio denominado “El avión de la muda”, que tiene por objetivo estudiar la manufactura esbelta. Según su autor:

[...] desde el punto de vista académico se llena un vacío en el ámbito específico para el que fue desarrollada, y, además, a nivel general se proporciona información útil para docentes, estudiantes, investigadores y consultores, que dada su esencia, es viable también utilizarla para otros temas de la misma área, como: balanceo de línea, kanban, justo a tiempo, distribución en planta y control de calidad. Igualmente, sirve como base para que, por medio de su adaptación, pueda utilizarse en otros saberes. (Pérez Rave, 2011, p. 173)

En esa lúdica se hace presente el diseño de plantas cuando se requieren las condiciones iniciales de juego, donde es necesario tener una distribución predeterminada y evaluar si es necesario el cambio para mejorar la producción, que, según Pérez Rave, 2011)

[...] obligan al colaborador a efectuar movimientos que fuerzan los desplazamientos normales de las extremidades, llevándolo a agacharse para recoger un insumo o herramienta, inclinarse, estirarse fuertemente, o realizar varias manipulaciones, entre otras, colocando en riesgo su salud y generando un entorno poco productivo. (p. 176)

Allí se ha visto que también existen alternativas lúdicas un poco más palpables que la mera implementación de un *software* de simulación. Vale la pena mencionar que las tres estrategias para la enseñanza de temas de Layout fueron impulsadas por universidades colombianas y que además una de ellas está muy familiarizada con el trabajo en la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Tecnológica de Pereira, específicamente en el grupo de investigación GEIO.

La aparición de estas estrategias de enseñanza en diferentes campos de la ingeniería, en este caso de la ingeniería industrial, corresponden a la atención de los retos de los ingenieros del siglo XXI. Existen cambios necesarios por implementar en la educación en ingeniería, a fin de que los futuros ingenieros puedan afrontar lo que la sociedad demanda de ellos. A continuación, algunas modificaciones pertinentes mencionadas por diferentes autores:

- Cambiar el modelo educativo hacia una educación más centrada en el estudiante a partir de las necesidades sociales (Rodríguez y José, 2016).
- Pasar de la presentación descontextualizada de contenido técnico a la integración holística de contenido y práctica (Sheppard *et al.*, 2009).
- Crear metodologías que permitan un aprendizaje más efectivo, más duradero y más adaptable, que forme un pensamiento más crítico y, por ende, más activo por parte de los estudiantes, metodologías más centradas en el estudiante; es decir, aquellas en las que el profesor ceda su papel central al alumno,

para que el aprendizaje sea un proceso constructivo y no receptivo, en las que el estudiante desarrolle habilidades, forme criterios propios y sea más consciente de su aprendizaje (Rodríguez Serrano *et al.*, 2012).

- Ofrecer una educación balanceada entre atributos técnicos y no técnicos que provean escenarios para el desarrollo de habilidades socioemocionales, como habilidades de comunicación, trabajo en equipo, negociación, relaciones interpersonales, inteligencia emocional, toma de iniciativa, liderazgo y creatividad (Bughin *et al.*, 2018; Letelier S. *et al.*, 2005; Meza, 2017).

Para responder a estos retos, se propone entonces el paradigma constructivista aplicado a la educación, explicado de manera general por Prince y Felder (2006):

Según el modelo que ha dominado la educación superior durante siglos (positivismo), el conocimiento absoluto (realidad objetiva) existe independientemente de la percepción humana. El trabajo del maestro es transmitir este conocimiento a los estudiantes, la lectura es el método natural para hacerlo, y el trabajo de los estudiantes es absorberlo. El modelo constructivista sostiene que haya o no una realidad objetiva (las diferentes teorías constructivistas adoptan puntos de vista opuestos sobre ese tema), los individuos construyen y reconstruyen activamente su propia realidad en un esfuerzo por dar sentido a su experiencia.

La nueva información se filtra a través de estructuras mentales (esquemas) que incorporan los conocimientos previos, creencias, preconcepciones y conceptos erróneos, prejuicios y miedos del alumno. Si la nueva información es coherente con esas estructuras, puede integrarse en ellas, pero si es contradictoria, puede memorizarse para el examen, pero es poco probable que se incorpore verdaderamente al sistema de creencias del individuo, es decir, no será aprendido. (Prince y Felder, 2006, p. 124)

Dado lo anterior, es clara la relación entre los retos de los ingenieros del siglo XXI y las metodologías constructivistas. Por su parte, el grupo de investigación aplica el constructivismo a través del juego serio o juego formativo, denominado en GEIO como "lúdica". Ariffin *et al.* (2014) afirman que el propósito de un juego serio es facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje en las organizaciones y cumple sus objetivos mediante la inclusión de reglas, restricciones y actividades que replican de cerca las limitaciones de las tareas del mundo real. Este, además, tiene elementos constructivistas claros, como la participación activa y central del estudiante, la interacción y el trabajo grupal, tanto entre pares como con los docentes y con el contexto estructurado, experiencial y auténtico que simula situaciones reales, lo

que permite la integración de conocimientos de diversas áreas y la experimentación de múltiples alternativas dentro del juego.

Los juegos como método didáctico proporcionan una plataforma adecuada para la comprensión de cómo las diferentes acciones se afectan entre sí, en relación con un determinado contexto y cómo las estrategias de resolución de problemas se pueden aplicar en forma colaborativa (Klabbers, 2008).

En este sentido, se pretende entonces crear un juego serio o lúdica bajo el paradigma del constructivismo, con la intención de explicar los temas de diseño de plantas y, específicamente, el SLP.

Metodología

Escoger como tema el método SLP para diseñar una planta fue resultado de varias sesiones de discusión en la Línea de Producción del grupo GEIO. La meta por alcanzar fue llegar a un consenso sobre qué tema sería de interés para todos y cada uno de los integrantes de la línea en cuestión. Por esto, en cada sesión se revisó una asignatura de la rama de producción de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, y fueron en total 5 reuniones para las asignaturas Ingeniería de Métodos, Diseño de Plantas y Producción I, II y III. En el último de estos encuentros, a través de votación entre todos los temas discutidos, el tema ganador fue el método SLP para el diseño de plantas, dada la importancia que tienen los espacios alternativos de aprendizaje para los estudiantes en el contexto inmediato del grupo de investigación y la intención de crear una actividad que involucrara la transformación del espacio físico en el que están envueltos los participantes.

Para determinar sobre cuál proceso productivo diseñar la actividad, se tuvieron en cuenta las lúdicas existentes en el grupo GEIO, tratando de ahorrar en la utilización de materiales, impresoras y papel. Por su tipo de proceso de fabricación, complejo de por sí, denominado Job Shop, se escogió el producto de la lúdica Fábrica de Camisas (Ramírez Cardona, 2007), agregando variaciones a las camisas, como teñido y estampado, para incluir nuevos departamentos y dar paso a más opciones para su ubicación en una planta. El entorno modificado de fábrica de camisas, descrito en los resultados de la investigación, se diseñó para presentar un problema apegado a la realidad que permita a los participantes experimentar en él. En este sentido, se espera que permita que las personas construyan y reconstruyan sus esquemas mentales dentro de la actividad. Esto da sentido a la situación, y enfrenta la nueva información suministrada sobre el método SLP con sus propias estructuras mentales, de acuerdo con la teoría sobre el paradigma constructivista propuesto por Prince y Felder (2006).

Por último, para definir qué herramienta se usaría en cada una de las etapas de aplicación del método SLP, se usó la técnica de la lluvia de ideas, ya que es una técnica que tiene como objetivo generar la mayor cantidad de ideas posibles en un periodo de tiempo determinado, invitando a los participantes a pensar alrededor de una pregunta o un problema. Sobre por qué es una técnica altamente productiva, Osborn (1953), su creador, afirma que

[...] el poder de la asociación es una corriente en dos sentidos. Cuando un miembro del panel lanza una idea, casi automáticamente revuelve su propia imaginación hacia otra idea. Al mismo tiempo, sus ideas estimulan el poder asociativo de los demás.

La Línea de Producción del grupo GEIO está compuesta por estudiantes entre segundo y octavo semestre de Ingeniería Industrial; además, tiene tanto nuevos integrantes como integrantes con dos años de antigüedad. Por esta mezcla variada de nivel de conocimiento y acercamiento a la creación de lúdicas, el componente asociativo de la lluvia de ideas es de vital importancia, a la hora de no dejar a nadie por fuera de la discusión, pues se estimulan las ideas de los miembros menos participativos o con menos experiencia en un inicio, a través de las ideas de miembros más experimentados o extrovertidos. Entonces, se decide realizar una lluvia de ideas por cada etapa del SLP, teniendo siempre en mente el siguiente enunciado: cómo debe ser la herramienta que permita realizar de forma fácil y divertida este paso del método SLP. La intención de crear una herramienta que guíe a los participantes en cada etapa de la aplicación de este método para el diseño de plantas logra crear reglas y metas cortas para alcanzar en el contexto de la lúdica. Estos elementos son claves en el diseño de un juego serio; aportan al cumplimiento de sus objetivos de enseñanza, como lo indican Ariffin *et al.* (2014).

El objetivo principal de esta lúdica es que los participantes puedan aplicar los pasos del SLP en un entorno propuesto, facilitando el aprendizaje y la apropiación de conocimiento. Mediante una situación problema, se pretende cotejar los resultados que presenten los jugadores al realizar un proceso productivo con una distribución de planta, dados en el momento previo y posterior a la metodología.

Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo explicativo, enfoque no experimental, dado que se presenta una forma didáctica de abordar el método administrativo *systematic layout planning* (SLP) para la distribución de plantas, el cual propone a los ingenieros industriales y demás profesionales de la rama una opción agradable y ordenada de distribución de plantas que, a través de la aplicación de diversos conceptos teóricos, busca

incrementar la productividad y reducir los tiempos dentro de la organización.

Para la correcta realización de toda investigación, se debe de tener en cuenta un determinado estudio de las variables que ayuden a interpretar y dar forma a los resultados obtenidos. En este caso, se pretende aumentar la comprensión sobre el método SLP a los estudiantes de la asignatura Diseño de Plantas, al brindar una explicación a partir de los hechos observados en la realización de la lúdica y, asimismo, ahondar en la relación de dos o más variables por medio de la simulación de un ambiente real de una planta de producción. El estudio de variables que se realiza en esta investigación es el siguiente.

En todo proyecto de distribución de una planta se requieren tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Relaciones: Indican el grado relativo de proximidad deseado o requerido entre máquinas, departamentos o áreas en cuestión.
- Espacio: Indicado por la cantidad, clase y forma o configuración de los equipos a distribuir.
- Ajuste: Se refiere al arreglo físico de los equipos, maquinaria, servicios, en condiciones reales.

A su vez, también existen algunos factores que afectan la distribución y que son importantes en el momento de ejecutar cualquier modelo:

- Materia prima: Es el factor más importante para la distribución, y se debe tener en cuenta el diseño, sus características, la cantidad y la secuencia operacional.
- Maquinaria: Siempre en orden de importancia.
- Personal: Considerar la adaptabilidad de los empleados y las condiciones de trabajo presentes en la distribución de la planta.
- Transporte: Traslado de materiales, producto en proceso y producto terminado de una estación a otra.
- Servicios: Las actividades que ayudan a mantener la planta en condiciones óptimas para el proceso.
- Caracterización del lugar del trabajo: Debe estar diseñado conforme a las actividades relacionadas con los procesos productivos e industriales de la planta.

Resultados del diseño de la lúdica

Se les presentará a los jugadores la situación inicial de un proceso de confección, tomando el tiempo que se demoran en fabricar cada producto. Luego de esto, se les presentará una serie de herramientas que permitan aplicar paso por paso el método SLP, con una herramienta final que será de evaluación, que permita seleccionar la propuesta de diseño de planta mejor calificada de las creadas por los participantes. Por último, se modificará el aula de acuerdo con el diseño de plantas ganador y se volverá a realizar el proceso productivo y toma de tiempos, con el fin de que se pueda evidenciar de qué

forma fue mejor la fabricación de los productos y realizar una discusión final.

Proceso productivo inicial

Para la primera parte de la lúdica es necesario un mínimo de 10 participantes y un máximo de 19, distribuidos en cargos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
 Descripción de cargos

Cargo	Funciones	Mínimo de personas	Máximo de personas
Corte (A)	Recorta torso, cuello y mangas del formato facilitado por los presentadores.	1	2
Ensamble (B)	Une con pegamento las partes cortadas por el área anterior (torso, cuello y mangas).	1	2
Teñido (C)	Pinta la camisa con acuarelas	1	2
Diseño (D)	Se encarga de hacer un diseño sobre la camisa.	1	2
Calidad (E)	Se encarga de revisar que la camisa esté bien recortada y pegada.	1	2
Doblado (F)	Dobla las camisas de una forma específica	1	2
Empaque (G)	Empaca las camisas teniendo en cuenta hacerlo igual en cada caso.	1	2
Administración	Se encarga de dictar los pedidos.	1	1
Patinadores	Deben llevar los productos de un área a otra.	2	4
Total		10	19

Fuente: Autores.

Los cargos anteriormente descritos deberán distribuirse en el aula, como se muestra en la Figura 2.

Cuando ya se tengan elegidos los roles y se hayan distribuido las áreas de la manera mostrada, la persona que tenga el rol de administrador (en caso de que no haya suficientes personas, este rol lo podrá asumir el presentador) deberá tomar el pedido (aún no está definido cómo se elegirá el número de productos y el tipo de camisa) y comunicarlo a toda la planta de producción. Después de 3 minutos, deberá tomar otro orden y comunicar de nuevo; si el pedido anterior no se ha terminado, deberán seguir trabajando en él hasta completarlo e ir acumulando los pedidos entrantes.

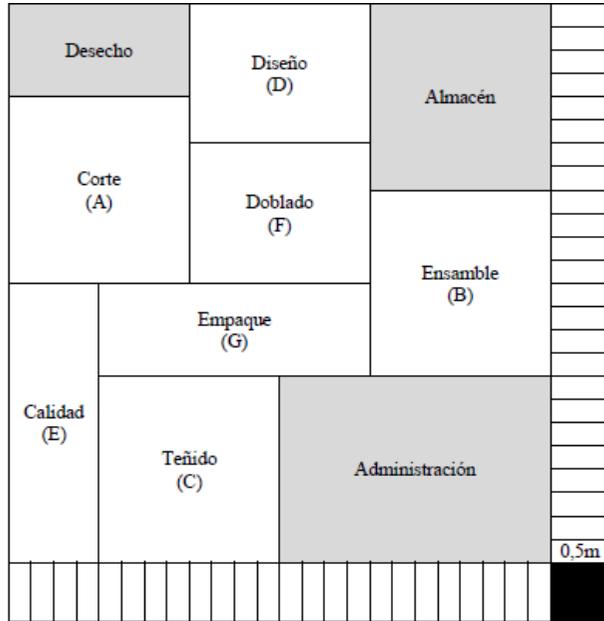


Figura 2. Distribución inicial. Fuente: Autores.

Para la orden se debe tener en cuenta que la empresa fabrica estos cinco tipos de producto, con el siguiente recorrido para la producción:

- Camisa sencilla (CA) = A → B → E → F
- Camisa teñida (CT) = A → B → C → E → F
- Camisa estampada (CE) = A → B → D → E → F
- Camisa teñida y estampada (CTE) = A → B → C → D → E → F
- Caja con 10 camisas sencillas (CAA) = A → B → E → F → G

El administrador deberá ir llenando el formato que se muestra en la Tabla 2, a medida que dicta los pedidos.

Tabla 2
Formato de administrador

Orden	Tiempo	Cantidad	Tipo de producto	Lead time

Fuente: Autores.

Donde:

- Orden: será el número del pedido (Orden 1, Orden 2, ...).
- Tiempo: será el tiempo en el que fue pedida esa orden, es decir cada 3 minutos (0',3',6', ...).
- Cantidad: será el número de camisas solicitadas en esa orden.
- Tipo de producto: será el tipo de camisa que se solicita (CA, CT, CE, CTE, CAA).
- Lead time: será el tiempo de entrega de esa orden.

Socializar restricciones

Después de correr esta situación inicial, se hace una corta realimentación sobre qué creen que falló en el proceso.

Se socializan las siguientes condiciones e información de la empresa para comenzar a crear una nueva distribución de planta. Para esto se forman nuevos grupos de trabajo (máximo 5 grupos); el número de integrantes de cada grupo dependerá de la cantidad de personas que estén participando.

La cantidad producida por semana y transporte de unidades entre departamentos se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Producción semanal

Producto	Unidades / Semana	Unidades / Viaje
CA	75	5
CT	95	5
CE	85	5
CTE	40	5
CAA	140	5

Fuente: Autores.

El área en metros cuadrados de cada departamento se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Área de cada departamento

Departamento	Área (m ²)
Administración	24
Almacén	16
Desecho	8
Corte (A)	16
Ensamble (B)	16
Teñido (C)	16
Diseño (D)	12
Calidad (E)	12
Doblado (F)	12
Empaque (G)	12

Fuente: Autores.

Las restricciones planteadas desde la administración para tener en cuenta a la hora de desarrollar la nueva propuesta de distribución son:

- Administración, Almacén y Desecho no pueden ser reubicados.
- Teñido y Diseño deben estar lejos de Doblado y Administración.
- Calidad debe estar cerca de Administración.

Matriz de flujos

Para establecer la importancia entre la cercanía de los departamentos, se calculará el flujo entre ellos, ya que el objetivo de la distribución de plantas es disminuir costos. Se tendrá en cuenta el número de viajes que se deben realizar entre departamentos, más allá de la cantidad de materiales que son transportados. Con este fin, se calculan los viajes a realizar por semana, una matriz con el flujo de un departamento a otro y una matriz con el flujo entre departamentos, sin importar la dirección de este.

El objetivo principal de las matrices de flujos es relacionar entre los departamentos de la empresa la cantidad de viajes que se hacen entre ellos.

En la Tabla 5 se encuentra la respuesta a la cantidad de viajes realizados con una sola dirección.

Tabla 5
 Matriz bidireccional

De	A								
	Almacén	A	B	C	D	E	F	G	Desecho
Almacén	-	14	0	7	7	0	0	14	0
A	0	-	129	0	0	0	0	0	14
B	0	0	-	27	17	85	0	0	0
C	0	0	0	-	8	19	0	0	7
D	0	0	0	0	-	25	0	0	7
E	0	0	0	0	0	-	129	0	0
F	59	0	0	0	0	0	-	70	0
G	70	0	0	0	0	0	0	-	0
Desecho	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fuente: Autores.

Los participantes deberán calcular estos viajes y construir la matriz mostrada. Para esto es necesario tener en cuenta los procesos de fabricación de cada producto y los viajes realizados entre semana.

Para esto necesitamos el recorrido de los productos anteriormente expuestos:

- Camisa sencilla = A → B → E → F
- Camisa teñida = A → B → C → E → F
- Camisa estampada = A → B → D → E → F
- Camisa teñida y estampada = A → B → C → D → E → F
- Caja con 10 camisas sencillas = A → B → E → F → G

También se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

En cuanto a la distribución de la materia prima por la empresa:

- Hacia corte y empaque salen materias primas dos veces por día.
- Hacia diseño y teñido salen materias primas una vez por día.

En cuanto a los desechos de la empresa:

- Desde corte se realizan dos viajes por día al departamento de desecho.
- Desde diseño y teñido se realiza un solo viaje por día.

Por ejemplo, para los viajes de Almacén hacia A, según la información anterior, son dos diarios; por lo tanto, $2 \times 7 = 14$.

Como segundo ejemplo tomamos el producto CT y CTE; estos realizan un desplazamiento del departamento B al departamento C.

La Tabla 6 proporciona el total de viajes por semana de cada producto, mostrando la información de desplazamientos necesarios cuando el producto cumple con el recorrido entre los departamentos que se pide. Se procede a sumar el número de Viajes/Semana de los productos en los que se cumple un desplazamiento de B a C.

Tabla 6
 Transporte semanal

Producto	Unidades / Semana	Unidades / Viaje	Viajes / Semana
CA	75	5	15
CT	95	5	19
CE	85	5	17
CTE	40	5	8
CAA	140	5	70

Fuente: Autores.

Y así se procede en cada caso. Luego de realizar todo el análisis, se introducen los datos en la matriz de flujos unidireccionales, teniendo en cuenta la dirección establecida entre los departamentos.

Para la segunda matriz de flujos, sin tener en cuenta la dirección entre departamentos, que se presenta en la Tabla 7, se procede de la misma manera, solo que no importa si el sentido es A → B o B → A. Por ejemplo, en la Matriz unidireccional se tiene que de F hacia el almacén hay 59 viajes semanales en la Matriz de flujos, sin tener en cuenta la dirección. Este dato se pondría en Almacén → F, ya que no importa el sentido.

Tabla 7
Matriz unidireccional

De	A								
	Almacén	A	B	C	D	E	F	G	Desecho
Almacén	-	14	0	7	7	0	59	84	0
A	-	-	129	0	0	0	0	0	14
B	-	-	-	27	17	85	0	0	0
C	-	-	-	-	8	19	0	0	7
D	-	-	-	-	-	25	0	0	7
E	-	-	-	-	-	-	129	0	0
F	-	-	-	-	-	-	-	70	0
G	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Desecho	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autores.

Importancia de cercanía entre departamentos

Después de que los grupos hayan calculado estos viajes y realizado las matrices, se procederá a socializar los resultados y las conclusiones a las que se podría llegar por medio de estas, como cuáles departamentos es importante que estén juntos, para cuáles no es importante la cercanía, entre otras.

A partir de estas conclusiones se procede a explicar la matriz de flujos, por medio de una asignación de prioridades.

Para asignar la importancia de la cercanía entre los departamentos, respecto al número de viajes por semana, se crea una escala de intervalos que ponderan las claves del método SLP. Para esto, se divide el mayor flujo, sin tener en cuenta la dirección, y se divide entre diez intervalos de igual rango, asignándoles de manera progresiva para darle menor ponderación a los niveles más altos, dando el resultado presentado en la Tabla 8.

Tabla 8
Determinación de importancia

Clave	Prioridad	Valor	Escala	
			Desde	Hasta
A	Absolutamente necesaria	4	117,1	129
E	Especialmente importante	3	91,3	116,1
I	Importante	2	52,7	90,3
O	Ordinaria/Normal	1	1	51,6
U	Sin importancia	0	0	0
X	No deseable	-1	-	-

Fuente: Autores.

Ahora le son asignados estos códigos a la Matriz, sin tener en cuenta la dirección entre departamentos (Matriz de asignación de prioridades a los flujos) que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9
Matriz de importancia

De	A								
	Almacén	A	B	C	D	E	F	G	Desecho
Almacén	-	O	U	O	O	U	I	I	U
A	-	-	A	U	U	U	U	U	O
B	-	-	-	I	O	I	U	U	U
C	-	-	-	-	O	O	U	U	O
D	-	-	-	-	-	O	U	U	O
E	-	-	-	-	-	-	A	U	U
F	-	-	-	-	-	-	-	I	U
G	-	-	-	-	-	-	-	-	U
Desecho	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autores.

Gráfico de relaciones

El siguiente paso es realizar el gráfico de relaciones. Para esto debemos conocer otras razones, diferentes a la cantidad de flujo, para dar prioridad a la cercanía de los departamentos, tales como las restricciones o especificaciones dadas en el planteamiento del objetivo. Las razones que se decidieron designar luego de analizar las condiciones iniciales, junto con su clave, se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10
Claves de cercanía

Clave	Razón
1	Cantidad de flujo
2	Por seguridad e higiene
3	Manejo de materiales
4	Por comodidad

Fuente: Autores.

Después de haber establecido las razones, se pasa a crear un gráfico, de tal manera que se puedan evidenciar las relaciones entre los departamentos. Para ello, se hace uso de la Tabla 10 (clave/razón) y de la matriz de asignación de prioridades (Matriz de asignación de prioridades a los flujos). La construcción del gráfico se hace de la forma presentada en la Figura 3.

El gráfico de relaciones es propuesto en forma triangular, donde se realiza una lectura en forma diagonal en la cual la intersección entre departamentos es dividida en dos para asignar la prioridad y la razón de la cercanía.

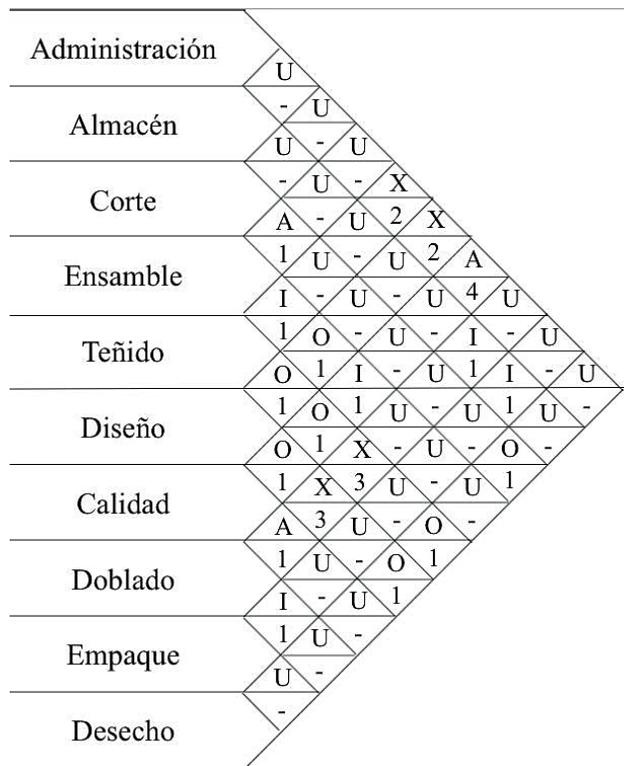


Figura 3. Gráfico de relaciones. Fuente: Autores.

Construcción del diagrama de relaciones

Para la realización del diagrama de relaciones, en los grupos ya establecidos (5 grupos máximo) se deben tener en cuenta las restricciones y el proceso de los 5 tipos de productos, con el objetivo de disminuir el recorrido realizado entre departamentos. Para ello, primero se debe seleccionar el departamento (corcho marcado con la sigla del departamento, y facilitado por los presentadores), al cual se le quiere realizar la modificación, para posteriormente, con la ayuda de chinchas, pegar el hilo (recorrido entre departamentos) con el corcho para ir conectando con los otros departamentos según la importancia.

Nueva distribución

Luego de realizar el diagrama de relaciones, se debe proceder a la construcción del diseño con los departamentos que se habían delimitado anteriormente. Para esto, se tiene el tablero (lámina imantada) de 48 centímetros x 48 centímetros que representa los 12 metros x 12 metros planteados. A partir de esto, se empieza a armar la nueva distribución de la planta.

Nota:

- Los imanes son de diferentes colores según el departamento.

- Corte (A) → Amarillo
- Ensamble (B) → Verde
- Teñido (C) → Naranja
- Diseño (D) → Azul
- Calidad (E) → Morado
- Doblado (F) → Rojo
- Empaque (G) → Gris

- El tamaño de cada imán representa 1 metro x 1 metro.

Posterior a esto, se deben realizar los cálculos en el formato presentado en la Tabla 11 para determinar cuál óptima es la distribución de la planta creada.

Tabla 11
 Formato 1

DE	Administración	Almacén	A	B	C	D	E	F	G	Desecho	Total
Administración	0	0	0	-1	-1	4	0	0	0	0	
Almacén	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	
A			4	0	0	0	0	0	0	0	
B			2	2	1	2	0	0	0	0	
C			1	1	1	1	-1	0	0	1	
D			1	1	1	1	-1	0	0	1	
E							4	2	0	0	
F								2	0	0	
G									0	0	
Desecho											
Total											

Fuente: Autores.

En la Tabla 11 se encuentran los 10 departamentos de la empresa, y en cada columna encontramos 3 recuadros. En el primero está el valor correspondiente según la clave que tenía en el Gráfico de relaciones triangular presentado en la Figura 2. El segundo recuadro está allí para que el participante ponga la distancia en metros que hay de un área a otra. Para esto se debe tomar en cuenta que es la distancia lineal más corta; por lo tanto, puede ayudarse del Teorema de Pitágoras si el caso lo requiere; el último recuadro será la multiplicación de los valores anteriores. Después de llenar cada columna, se hace la suma de cada fila, y luego la suma de todas las filas. Este valor será el que indique cuán óptima es la distribución.

El resultado de la distribución inicial es 72,6 puntos; por lo tanto, cualquier valor (así sea negativo) por debajo de este, indica que es una distribución óptima respecto de la inicial.

Jugar la mejor propuesta

Luego de haber evaluado las diferentes propuestas de distribución, se elige la de menor puntuación, y se pone en práctica de nuevo el punto 1, Proceso productivo inicial; pero esta vez los departamentos se organizan de acuerdo con esta nueva distribución, y con esto deberán notar una mejora en la productividad.

Materiales y recursos de la lúdica

Proceso productivo inicial

Para este punto se necesitan:

- Formatos para recortar torso, cuello, mangas

- izquierdas y mangas derechas
- Tijeras
- Colbón

Matriz de flujos

- Formato de la tabla "Matriz de flujos unidireccionales entre departamentos", presentado en la Tabla 12.

Tabla 12
Formato 2

De	A								
	Almacen	A	B	C	D	E	F	G	Desecho
Almacen									
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
Desecho									

Fuente: Autores.

- Formato de la tabla "Matriz de flujo sin importar la dirección", presentado en la Tabla 13.

Tabla 13
Formato 3

De	A								
	Almacen	A	B	C	D	E	F	G	Desecho
Almacen									
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
Desecho									

Fuente: Autores.

Construcción del diagrama de relaciones

- Círculos de corcho, que representan los departamentos.
- Chinchas e hilo para hacer las conexiones entre departamentos.

Nueva distribución

- Tablero imantado de 48cm x 48cm, que representa los 12m x 12m de la planta de producción.
- 99 imanes de 2cm x 2cm, que representan 1m x 1m, distribuidos de la siguiente manera:
 - Corte: 16 imanes color amarillo
 - Ensamble: 16 imanes color verde
 - Teñido: 16 imanes color naranja
 - Diseño: 12 imanes color azul
 - Calidad: 12 imanes color morado
 - Doblado: 12 imanes color rojo
 - Empaque: 12 imanes color gris
 - Administración: 1 imán de 8cm x 12cm, que representa 4m x 6m, color Negro
 - Almacén: 1 imán de 8cm x 8cm, que representa

4m x 4m, color negro

- Desechos: 1 imán de 4cm x 8cm, que representa 2m x 4m, color negro

- Formato para calcular cuan óptima es la nueva distribución, presentado en la Tabla 14.

Tabla 14
Formato 4

DE	A											Desecho	Total
	Administracion	Almacen	A	B	C	D	E	F	G	Desecho	Total		
Administracion	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0
Almacen	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
A			4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B				2	1	2	0	0	0	0	0	0	0
C					1	3	-1	0	0	0	0	0	1
D						1	0	-1	0	0	0	0	0
E							4	0	0	0	0	0	0
F								2	0	0	0	0	0
G									0	0	0	0	0
Desecho													0
Total													0

Fuente: Autores.

Jugar la mejor propuesta

- Formatos para recortar torso, cuello, mangas izquierdas y mangas derechas
- Tijeras
- Colbón

Discusión y conclusiones

Con la creación de la lúdica se generó una herramienta útil en el aula de clase, que facilita el proceso de enseñanza y de aprendizaje de conceptos con cierto nivel de complejidad en el área de diseño de plantas, con la que se espera impactar de forma positiva el proceso de apropiación de conceptos de los estudiantes que cursan dicha asignatura. Hablando del contexto en el grupo de investigación, "en general los estudiantes esperan ambientes de clase propositivos, abiertos con posibilidad de reflexionar y aportar" (Ramos Lugo y Triana Gómez, 2011, p. 275), por lo que la actividad planteada debería ser de interés para ellos.

En concreto, con esta lúdica se amplió el espectro de actividades disponibles, encaminadas hacia la solución de una situación problema, que involucra los conceptos de diseños de plantas y la metodología SLP. Además, este trabajo abre la posibilidad de generar nuevos juegos serios en temas similares pertenecientes a la ingeniería industrial, de manera que se aporte al estado del arte sobre estrategias innovadoras de enseñanza y de aprendizaje de esta disciplina.

Se considera que la lúdica permitirá interiorizar el aprendizaje, debido a que presenta un escenario y una situación que envuelve al participante para que, a través de su experiencia, logre llegar a un aprendizaje significativo, de acuerdo con el paradigma constructivista (Prince y Felder, 2006), apoyado por la presencia de elementos propios del juego, como reglas y metas, que apoyan el proceso de enseñanza (Ariffin *et al.*, 2014).

Teniendo en cuenta el tema del que trata la actividad planteada y el hecho de que en el programa de ingeniería industrial en la universidad de estudio solo se dicta una asignatura en la que esta actividad se puede aplicar directamente, podría ser complicado someter la lúdica a un proceso constante de evaluación y rediseño con la opinión de participantes.

En cuanto al proceso de creación, por la naturaleza del grupo de investigación, el equipo que trabajó en el diseño de esta actividad en algunos momentos tuvo menor ritmo en la construcción. Lo anterior debido a que se hizo en dos semestres distintos; las personas que participaron en la creación a veces fueron menos, otras veces más, y la integración de nuevos miembros siempre requiere contextualización del proceso previo.

Agradecimientos

Se agradece al grupo de investigación GEIO y a los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira que apoyaron a los autores en el proceso de investigación y en la creación de este documento, especialmente a Jhonatan Stiven García Guevara, Cristian Camilo Collazos Mosquera, Juan Pablo Méndez Ríos, Paula Andrea Rincón Montoya, Luisa María Ruano Caicedo, Juan Pablo Castrillón Cano, Caritza Collazos Montilla, Valeria Chiguachí Vélez, Sofía Acosta Heredia y Valentina Díaz Jiménez.

Referencias

- Acosta, G. y Reina, C. (2011). *Diseño de un manual para la implementación del software Sketchup en la asignatura de Distribución en Planta del programa Administración Industrial* [trabajo de grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio UdeC: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/1193?locale-attribute=en>
- Ariffin, M. M., Oxley, A. y Sulaiman, S. (2014). Evaluating Game-Based Learning Effectiveness in Higher Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 123, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1393>
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- Bughin, J., Lund, S. y Hazan, E. (2018). Automation Will Make Lifelong Learning a Necessary Part of Work. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2018/05/automation-will-make-lifelong-learning-a-necessary-part-of-work?language=es>
- Caicedo Mora, A. D., Benítez Agudelo, D. S. y Ramírez Rubio, A. M. (2020). CEREBR-IO: Actividad lúdica para la enseñanza y el fortalecimiento de la investigación de operaciones. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(2), 137-151. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n2-2020013>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2007). *Administración de operaciones. producción y cadena de suministros* (12.ª ed.). McGraw-Hill.
- Garavito Hernández, E., Arenas Díaz, P. y Baldiris Navarro, S. (2005). SHEPLAN: Sistema hipermedia educativo para la enseñanza de distribución de plantas. *Revista Científica Teknos*, 1(1), 21-32.
- Klabbers, J. (2008). *The Magic Circle: Principles of Gaming and Simulation* (2.ª ed.). Sense Publishers.
- Letelier S., M., López F., L., Carrasco B., R. y Pérez M., P. (2005). Sistema de competencias sustentables para el desempeño profesional en ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería - Universidad de Tarapacá*, 13(2), 91-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-13372005000200011>
- Meza, M. (2017). *Las habilidades blandas "soft skills" y sus tendencias*. <https://www.linkedin.com/pulse/las-habilidades-blandas-soft-skills-y-sus-tendencias-miler-meza/>
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial*. Editores técnicos asociados.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta* (2.ª ed.). Editorial Hispano Europea.
- Osborn, A. F. (1953). *Applied Imagination: Principles and Procedures of creative thinking*. Charles Scribner's Sons.
- Pérez Rave, J. I. (2011). El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. *Revista Facultad de Ingeniería*, 58, 173-182.
- Prince, M. J. y Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Ramírez Cardona, B. (2007). *El Sistema productivo del job shop en el salón de clase* [trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio institucional: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/752/65851R173sp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos Lugo, G. y Triana Gómez, M. (2011). Diagnóstico del proceso enseñanza y su relación con los estilos y estrategias de aprendizaje de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad

Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, 1(47), 270-275.

Rodríguez, F. y José, P. (2016). Teaching Problem-Based Learning to Engineering Interdisciplinary Graduate Students. *8th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE) and 14th Active Learning in Engineering Education Workshop (ALE)*. http://paee.dps.uminho.pt/proceedingsSCOPUS/PAEE2016+ALE_proceedings.pdf

Rodríguez Serrano, K. P., Maya Restrepo, M. A. y Jaén Posada, J. S. (2012). Educación en ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), 125-142.

Salas Bacalla, J. (1998). Tipos básicos de distribución de planta. *Industrial Data*, 1(2), 60-61. <https://doi.org/10.15381/idata.v1i2.6418>

Sheppard, S. D., Macatangay, K., Colby, A. y Sullivan, W. M. (2009). Educating Engineers—Designing for the Future of the Field. *Higher Education*, 59(3), 387-389. <https://doi.org/10.1007/s10734-009-9253-6>