

# 10 *lúdicas* para el aprendizaje de herramientas de productividad

- Natalia Bohórquez Bedoya
- Diego Fernando Ordoñez Rosero
- Gisela Patricia Monsalve Fonnegra
- Judith Marisol Rincón Ávila
- José Alejandro Castro Téllez
- Ramón Navarrete Reynoso
- Cecilia Ramos Estrada
- Sandra Milena Álvarez Gallo
- Jacobo Hernán Echavarría Cuervo
- Mauricio Montoya Peláez
- María del Rocío Quesada Castro
- Sergio Augusto Fernández Henao
- Yenny Alejandra Aguirre Álvarez
- Andrés Camilo Jiménez Guerra





# **10 lúdicas para el aprendizaje de herramientas de productividad**



# 10 lúdicas para el aprendizaje de herramientas de productividad

Natalia Bohórquez Bedoya  
Diego Fernando Ordoñez Rosero  
Gisela Patricia Monsalve Fonnegra  
Judith Marisol Rincón Ávila  
José Alejandro Castro Téllez  
Ramón Navarrete Reynoso  
Cecilia Ramos Estrada  
Sandra Milena Álvarez Gallo  
Jacobo Hernán Echavarría Cuervo  
Mauricio Montoya Peláez  
María del Rocío Quesada Castro  
Sergio Augusto Fernández Henao  
Yenny Alejandra Aguirre Álvarez  
Andrés Camilo Jiménez Guerra

10 lúdicas para el aprendizaje de herramientas de productividad / Natalia Bohórquez Bedoya... y otros 13 autores - Envigado: Institución universitaria de Envigado, 2020.

ISBN pdf: 978-958-52813-7-0

164 páginas: ilustraciones.

1. Administración industrial - Métodos de enseñanza - 2. Productividad del trabajo - Métodos de enseñanza

658.5 (SCDD edición 22)

10 lúdicas para el aprendizaje de herramientas de productividad

© Institución Universitaria de Envigado, (IUE); © Universidad Tecnológica de Pereira (UTP); © Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM); © Institución Universitaria Salazar y Herrera (IUSH); © Andrés Camilo Jiménez; © Judith Marisol Rincón Ávila; © José Alejandro Castro Téllez; © Ramón Navarrete Reynoso; © Cecilia Ramos Estrada; © Sandra Milena Álvarez Gallo; © Jacobo Hernán Echavarría Cuervo; © Mauricio Montoya Peláez; © María del Rocío Quesada Castro; © Sergio Augusto Fernández Henao

Colección Académica  
Edición: julio de 2020

#### **Rectora**

Blanca Libia Echeverri Londoño

#### **Director de Publicaciones**

Jorge Hernando Restrepo Quirós

#### **Coordinadora de Publicaciones**

Lina Marcela Patiño Olarte

#### **Asistente Editorial**

Nube Úsuga Cifuentes

#### **Diagramación y diseño**

Leonardo Sánchez Perea

#### **Corrección de texto**

Erika Tatiana Agudelo

#### **Edición**

Sello Editorial Institución Universitaria de Envigado

Fondo Editorial IUE

publicaciones@iue.edu.co

Institución Universitaria de Envigado

Carrera 27 B # 39 A Sur 57 - Envigado Colombia

www.iue.edu.co

Tel: (+4) 339 10 10 ext. 1524

Los autores son moral y legalmente responsables de la información expresada en este libro, así como del respeto a los derechos de autor. Por lo tanto, no comprometen en ningún sentido a la Institución Universitaria de Envigado.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.  
Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

# Contenido

Presentación	
La lúdica en el aprendizaje	13
<b>Lúdica 1.</b> Fábrica de camisas	25
<b>Lúdica 2.</b> Planificación de la producción para producto “álbum Mundial Rusia 2018”	43
<b>Lúdica 3.</b> Rally de calidad	55
<b>Lúdica 4.</b> Las Kanbanballs	67
<b>Lúdica 5.</b> Célula de trabajo: la guerra del ingenio	75
<b>Lúdica 6.</b> Estudio de tiempos en mesa rotatoria octogonal	85
<b>Lúdica 7.</b> Toma de decisiones aplicando teoría de colas	95
<b>Lúdica 8.</b> Andon: estaciones y retos	113
<b>Lúdica 9.</b> Documentación diagramada, primer paso para la gestión de procesos	125
<b>Lúdica 10.</b> Optimización de una línea de ensamble	139
Conclusiones	155
Referencias	159

# Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Asistencia por Lúdica y Jornada.	18
<b>Tabla 2.</b> Asistencia por IES.	19
<b>Tabla 3.</b> Estrategias del sistema de flujo.	27
<b>Tabla 4.</b> Ciclo de aprendizaje de David Kolb y procedimiento para jugar las lúdicas en GEIO.	31
<b>Tabla 5.</b> Tablero de producción.	34
<b>Tabla 6.</b> Guía para generación de órdenes de trabajo.	35
<b>Tabla 7.</b> Comentarios a la pregunta ¿qué fue lo que más le gustó (de la lúdica)?	42
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de las necesidades netas.	49
<b>Tabla 9.</b> Datos históricos.	49
<b>Tabla 10.</b> Cálculo del MPS con y sin inventarios.	51
<b>Tabla 11.</b> Recursos materiales para <i>Rally</i> de calidad.	56
<b>Tabla 12.</b> Reglas de operación del <i>Rally</i> de calidad.	57
<b>Tabla 13.</b> Actividades previas.	58
<b>Tabla 14.</b> Lista de pedidos de producción.	72
<b>Tabla 15.</b> Formato de trabajo “Producción de producto”	92
<b>Tabla 16.</b> Formato: Tiempo de llegadas de clientes.	104
<b>Tabla 17.</b> Formato: Tiempo de servicio a clientes.	106
<b>Tabla 18.</b> Formato de ficho para registro de hora de entrada e inicio de servicio.	107
<b>Tabla 19.</b> Formato de tiempo y número de personas en cola.	109
<b>Tabla 20.</b> Símbolos utilizados comúnmente en los flujogramas.	134
<b>Tabla 21.</b> Principios de economía de movimientos	140
<b>Tabla 22.</b> Lista de chequeo para análisis de puestos de trabajo	141
<b>Tabla 23.</b> Requerimientos de personal para lúdica por cada equipo.	145



# Lista de imágenes

<b>Imagen 1.</b> Estación de corte.	37
<b>Imagen 2.</b> Estación de pegado.	37
<b>Imagen 3.</b> Estación de botones y control de calidad.	38
<b>Imagen 4.</b> Jefe de producción y tablero de control.	39
<b>Imagen 5.</b> Semillero TECIPPROD se suma a la pasión futbolera.	53
<b>Imagen 6.</b> Animación y planeación del <i>Rally</i> de calidad.	59
<b>Imagen 7.</b> Estación 5 “Te preguntaré...” del <i>Rally</i> de calidad.	61
<b>Imagen 8.</b> Equipo Ganador del <i>Rally</i> de Calidad 2018.	63
<b>Imagen 9.</b> Participantes del <i>Rally</i> de Calidad 2018.	63
<b>Imagen 10.</b> Piezas del Mecano.	77
<b>Imagen 11.</b> Etapa preliminar. Célula de trabajo.	79
<b>Imagen 12.</b> Célula de trabajo: evento piloto.	80
<b>Imagen 13.</b> Pilotos de células de trabajo.	81
<b>Imagen 14.</b> Ubicación de formatos y fichos en la simulación de sistema de colas.	101
<b>Imagen 15.</b> Funciones del cliente.	103
<b>Imagen 16.</b> Funciones de servidor.	106
<b>Imagen 17.</b> Funciones de registro de fichas.	107
<b>Imagen 18.</b> Funciones de analista de colas.	108
<b>Imagen 19.</b> Puzzles de ingenio.	116
<b>Imagen 20.</b> Piloto de la lúdica Andon.	119
<b>Imagen 21.</b> Desarrollo de lúdica Andon.	121
<b>Imagen 22.</b> Ejemplo de figuras para el Ejercicio 1.	130

<b>Imagen 23.</b> Actividad en aula DCEA, con estudiantes de la Licenciatura en Administración de la Calidad y la Productividad.	137
<b>Imagen 24.</b> Ejercicio didáctico en el aula.	137
<b>Imagen 25.</b> Materia prima para el ensamble.	143
<b>Imagen 26.</b> Herramientas.	144
<b>Imagen 27.</b> Insumos para mejorar puestos de trabajo.	144
<b>Imagen 28.</b> Mesa con patas tornillo.	146
<b>Imagen 29.</b> Operación 1: marcación de hojas para corte.	147
<b>Imagen 30.</b> Producto marcado, listo para ir a operación 2.	148
<b>Imagen 31.</b> Operación 2: corte de hoja.	148
<b>Imagen 32.</b> Operación 3: marcado y perforación de agujeros.	149
<b>Imagen 33.</b> Operación 4: colocación de tornillos.	149

# Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Flujo <i>job shop</i> .	28
<b>Figura 2.</b> Camisas manga corta con bolsillo y manga larga.	33
<b>Figura 3.</b> Distribución de la planta de producción de la lúdica Fábrica de Camisas.	34
<b>Figura 4.</b> Adquirir nuevos conocimientos.	40
<b>Figura 5.</b> Poner en práctica habilidades y competencias.	41
<b>Figura 6.</b> Habilidades y competencias señaladas por los participantes.	41
<b>Figura 7.</b> Álbum Mundial Rusia 2018.	46
<b>Figura 8.</b> Dispersión <i>de</i> datos históricos.	50
<b>Figura 9.</b> Estructura del producto 1.	52
<b>Figura 10.</b> Estructura del producto 2	52
<b>Figura 11.</b> Conformidad con los conocimientos.	64
<b>Figura 12.</b> Conformidad con las aportaciones creativas.	64
<b>Figura 13.</b> Encuentran 2 o más formas de aprendizaje	65
<b>Figura 14.</b> Distribución de estaciones de trabajo y personal sin kanban.	71
<b>Figura 15.</b> Distribución de estaciones de trabajo y personal con kanban.	73
<b>Figura 16.</b> Gestión estratégica de la distribución.	76
<b>Figura 17.</b> Nivel de realidad de la lúdica Célula de trabajo.	82
<b>Figura 18.</b> Grado de diversión de la lúdica Célula de trabajo.	82
<b>Figura 19.</b> Grado de simplicidad de la lúdica Célula de trabajo.	82
<b>Figura 20.</b> Esquema de mesa rotatoria octogonal.	88
<b>Figura 21.</b> Esquema de la lámpara.	89
<b>Figura 22.</b> Sistemas de una cola y un servidor.	96

<b>Figura 23.</b> Sistemas de una cola y múltiples servidores.	96
<b>Figura 24.</b> Ubicación de participantes (sistema de colas).	100
<b>Figura 25.</b> Nivel de realidad de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.	111
<b>Figura 26.</b> Grado de diversión de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.	111
<b>Figura 27.</b> Grado de simplicidad de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.	111
<b>Figura 28.</b> Distribución del área de trabajo.	118
<b>Figura 29.</b> Ubicación de los formatos para la documentación de retos.	120
<b>Figura 30.</b> Formatos para la documentación de cada uno de los retos.	122
<b>Figura 31.</b> Nivel de realidad de la lúdica Andon.	123
<b>Figura 32.</b> Grado de diversión de la lúdica Andon.	123
<b>Figura 33.</b> Grado de simplicidad de la lúdica Andon.	123
<b>Figura 34.</b> Descripción de un proceso.	131
<b>Figura 35.</b> Ejemplo de un flujograma de proceso.	132
<b>Figura 36.</b> Ejemplo de un flujograma de procedimiento.	133

# Presentación

## La lúdica en el aprendizaje

Los modelos de aprendizaje utilizados actualmente adoptan estrategias propias orientadas a las necesidades y factores de motivación de estos tiempos. El aprendizaje no resulta solo de acumular conocimiento —como funcionaba en el modelo tradicional— sino en la aplicación de este —como es necesario en la actualidad—. Entre los modelos de aprendizaje que se han desarrollado en la formación y educación a lo largo de las épocas: el tecnológico, conductista, interactivo, tradicional, constructivista, proyectivo, entre otros; es la lúdica una herramienta que se puede utilizar de forma transversal en el aprendizaje, ayudando al divertimento y al goce en los diferentes juegos que se plantean para temáticas administrativas, productivas y gerenciales.

La evolución de la sociedad, la inserción de nuevas herramientas tecnológicas y al acceso inmediato que tienen los estudiantes a la información producen cambios en la forma de aprendizaje, sus estilos y por ende en la pedagogía. Por esto, los métodos de enseñar y aprender deben adaptarse y actualizarse a sistemas más flexibles para lograr un impacto a través de los estudiantes y egresados de programas académicos. Las nuevas herramientas de aprendizaje deben apuntar a la integralidad del ser, desarrollando en él competencias humanas, de conocimiento y prácticas para desarrollar personas que impacten la sociedad, la industria y la academia con una mirada holística, brindando soluciones y mejoras en armonía con ellos mismos.

Existe un trabajo constante por parte de universidades y docentes del mundo entero, que “busca desarrollar y adaptar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas que permitan la formación de profesionales de la ingeniería con las competencias exigidas por

entornos laborales y sociales cada vez más dinámicos” (Fernández y Duarte, 2013). Las actuales exigencias y políticas de desarrollo universitario, que tienen en cuenta estas cambiantes demandas para los profesionales, consideran que deben introducirse modificaciones en el entorno de aprendizaje, más que añadir nuevos conocimientos a los planes de estudio existentes (Iglesias, 2002).

Las tendencias en las prácticas educativas actuales implican importantes cambios e innovaciones en múltiples y diversos niveles que involucran: los propósitos de formación más allá de lo intelectual, el rol protagónico de los estudiantes y las interacciones sociales y las emociones en la construcción del conocimiento y en los procesos de aprendizaje, el manejo creativo de la heterogeneidad dentro del aula, el uso de pedagogías y didácticas que motiven el aprendizaje y promuevan la autonomía y el trabajo colaborativo, la integración de componentes ambientales y de ciudadanía en los procesos al interior y por fuera del aula, así como la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en las prácticas educativas, con modelos diferentes de aproximación al conocimiento (González-Mariño, 2009).

Una herramienta fundamental para adaptar el aprendizaje y la pedagogía a los cambios que presenta la sociedad y la globalización es la *lúdica*, entendida como una práctica libre y natural donde hay un espacio para la diversión y motivación en el pensar, crear, recrear, forzando la atención, la concentración y el seguimiento de instrucciones para la resolución de nuevos retos individuales o colectivos que impliquen la utilización de competencias generales y específicas. La lúdica ayuda a la formación de sujetos activos desarrollando el sentido crítico y analítico, la toma de decisiones, la delegación de funciones y la reflexión de forma cognitiva generando la construcción de conocimiento.

El Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO) de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) ha trabajado durante más de 15 años en la investigación, diseño e implementación de prácticas educativas, especialmente basadas en la lúdica, que respondan a las necesidades y tendencias actuales mencionadas, en las que el estudiante, los

resultados de aprendizaje y el disfrute de la interacción y experimentación estén al centro del aula de clase.

En GEIO se ha llamado *lúdica* a lo que, en el contexto académico, usualmente se denomina *juego serio o juego formativo*. Ariffin, Oxley y Sulaiman (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. 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); como también lo expresa Díaz (2006) sobre la lúdica como escenarios para dar solución creativa a problemas “ya que cuenta con el espectro sin límites que ofrece la imaginación, el cual no limita que se ideen mundos o circunstancias insospechadas que se convierten en la fuente de soluciones viables cuando se trasladan al contexto real”

Como productos del trabajo de estudiantes y docentes de GEIO, el grupo ha adaptado y desarrollado más de cien lúdicas, que permiten a los estudiantes vivir “experiencias de empresa” en el aula de clase y durante ellas interactuar con sus pares y con el docente, proponer soluciones, expresar opiniones, tomar decisiones, reflexionar sobre su propia actuación y las implicaciones de estas en el sistema vivenciado, y a partir de las reflexiones y análisis críticos sobre lo sucedido, experimentar y verificar nuevas ideas y soluciones, en una espiral de aprendizaje que se extiende tanto como es posible en términos prácticos de organización de los objetivos de aprendizaje, de las secuencias didácticas planeadas y de los tiempos propios de los esquemas institucionales. La experiencia de GEIO ha permitido reconocer que este es un ciclo dinámico y en espiral, al lograr, con algunas lúdicas como fábrica de camisas, ciclos que no cesan de plantear y aplicar mejoras.

Por esto, el GEIO quiere aportar a los retos de formación del profesional del siglo XXI, a partir de un estudio de caso, en la asignatura Producción I de la Facultad de Ciencias Empresariales de la UTP),

con el diseño y construcción de prácticas educativas —específicamente 10 lúdicas— integrando de manera consciente, sistemática y estructurada los lineamientos y propósitos de la universidad.

Las 10 lúdicas que se presentan en este libro están diseñadas para la recreación y la comprensión, la asimilación y el fortalecimiento de temáticas relacionadas con la productividad, planificación de la producción, calidad, inventarios, herramientas *lean manufacturing*, medición de tiempos y de trabajo, teoría de colas y gestión y diagramación de procesos a través de la diversión y esparcimiento.

El desarrollo de las lúdicas es un trabajo de común acuerdo entre instituciones y corporaciones universitarias nacionales e internacionales que lograron la asistencia al evento de un total de 320 participantes inscritos y 256 asistentes en diferentes jornadas. Todo esto en el marco del proyecto investigativo “Práctica educativa con aprendizaje basado en problemas bajo el enfoque de pedagogías interactivas, dialogantes y críticas propuestas” inmerso en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la UTP.

Además, buscamos replicar este ejercicio, y se vinculó a la Red de Productividad (RedProd) en la Tercera Jornada Lúdica para fortalecer su lema: “Productividad como razón de Ser Organizacional”. RedProd es una red académica constituida por nueve instituciones de educación superior (IES) —Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), Institución Universitaria Salazar y Herrera, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Institución Universitaria Pascual Bravo, Politécnico Gran Colombiano, Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), Corporación Universitaria Remington, Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad de Guanajuato— con programas de ingeniería afines en las áreas de ingeniería industrial, producción y productividad, y que propende por la investigación y el desarrollo académico en dichas temáticas, a través de la sinergia de todos sus integrantes. La Red busca generar un espacio para dialogar, compartir, construir conocimiento y diseñar acciones cuya implementación ofrezca solución a problemáticas organizacionales actuales y futuras, impactando positivamente la calidad de vida y la competitividad de la región y del país. RedProd, como Red de cooperación y de coordinación académico-científica, realiza este encuentro aca-



démico para que genere articulación, movilidad y participación académica y empresarial, que sirva como espacio para dar visibilidad a productos de investigación. Dentro de estos encuentros, una de las propuestas que se realiza es la Jornada Lúdica, que consiste en desarrollar una serie de lúdicas seleccionadas por cada una de las IES pertenecientes a la Red, cuyo eje temático sea la productividad orientada a la mejora continua.

En su tercera versión, particularmente, se aplica el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), como una estrategia de aprendizaje activo que aproxima al estudiante a su desempeño profesional, a través de la resolución de problemas, construcción de conocimiento e integración de conocimiento interdisciplinario, lo que implica un cambio en el rol del docente como preparador cognitivo o facilitador del aprendizaje. En esta Jornada se esperó en los estudiantes el fortalecimiento de su capacidad de construir, adaptar y usar el conocimiento en el área de producción, conectado con el mejoramiento de su desempeño en la gestión y desarrollo empresarial y a su vez con la dinamización de procesos de ciencia, tecnología e innovación. Sumado a lo que mencionan Bohórquez y Pinzón (2014) “que permitan agregar valor a los productos y servicios, como estrategia de competitividad regional y nacional. También que permita que los estudiantes la apropiación de herramientas y el desarrollo de habilidades para su vida”.

El grupo logístico estuvo conformado por docentes y estudiantes pertenecientes a los semilleros de investigación de las diversas IES pertenecientes a la Red. Ellos ayudaron en la construcción de las lúdicas, brindaron sus ideas y aportes y ayudaron con la recopilación del material. Para este ejercicio, el proceso investigativo se desarrolló de la siguiente manera

1. Pesquisa para el tema asertivo de la lúdica.
2. Recolección de los datos para la construcción.
3. Montaje de requerimientos para el desarrollo.
4. Piloto de ejecución.
5. Muestra de la lúdica.

6. Recolección de hallazgos o resultados finales evaluando aspectos como la realidad, diversión, simplicidad, aprendizaje y retroalimentación de la lúdica por parte de los participantes.

En las tablas 1 y 2 se detalla la organización y participación de dicha Jornada.

**Tabla 1.** Asistencia por Lúdica y Jornada.

Horario	Lúdica	Inscritos	Asistentes
10.00am a 12.00m	Lúdica 1. Las Kanbanballs	15	0
	Lúdica 2. Planificación de la producción de un artículo futbolero	20	20
	Lúdica 3. Andon: estaciones y retos	26	18
	Lúdica 4. Célula de trabajo. Guerra del ingenio	42	18
	Lúdica 6. Optimización de líneas de ensamble	27	7
	Lúdica 7. Toma de decisiones aplicando teoría de colas	20	19
	Lúdica 8. Fábrica de camisas	20	17
15/05/2018	Jalas o empujas		
	Documentación diagramada, el primer paso para la gestión	90	90
	La productividad es... Tiempos y movimientos		
6.00pm a 8.00pm	Lúdica 2. Planificación de la producción de un artículo futbolero	26	37
	Lúdica 3. Andon: estaciones y retos	41	22
	Lúdica 4. Célula de trabajo. Guerra del ingenio	36	22
	Lúdica 5. Estandarización de procesos con MTM1	31	26

Como datos generales se tienen:

- 9 instituciones de educación superior participantes.
- 90 asistentes en la jornada de la mañana en la Universidad de Guanajuato, México.
- 64 asistentes en la jornada de la mañana en la Institución Universitaria Salazar y Herrera, Colombia.
- 85 asistentes en la jornada de la noche en la Institución Universitaria Salazar y Herrera, Colombia.
- 17 asistentes en la jornada de la mañana en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

**Tabla 2. Asistencia por IES.**

IES	Inscritos	Asistentes
Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO)	26	10
Corporación Universitaria Remington	10	1
Politécnico Gran Colombiano	16	19
Institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB)	27	21
Institución Universitaria Salazar y Herrera (IUSH)	54	41
Instituto Tecnológico Metropolitano Institución Universitaria (ITM)	51	38
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	23	14
Universidad Tecnológica de Pereira	20	17
Universidad de Guanajuato	90	90
Otra	1	0
No registra	2	5
Total	320	256

Este libro está conformado por 10 capítulos, uno por cada lúdica, los cuales tendrán la siguiente estructura:

1. Sustentación teórica de la temática principal de la lúdica: ¿de dónde partimos?
2. Objetivos: ¿qué buscamos?
3. Recursos: ¿qué necesitamos?
4. Procedimiento: ¿cómo se hace?
5. Implementación: ¿qué logramos?

Se dispondrá además de un capítulo de conclusiones generales a partir de los principales hallazgos de este producto resultado de investigación considerando además la evaluación de la jornada, los aportes finales y respectivos retos futuros de investigación.

Finalmente, con el ánimo de dar una introducción a lo que sustentará el presente libro resultado de investigación, se presenta de manera resumida en qué consiste cada capítulo o lúdica desarrollada describiendo las características esenciales de la lúdica, el tiempo destinado a la actividad, la cantidad mínima o máxima de participantes para su ejecución, los responsables entre docentes y

estudiantes y la institución de educación superior (IES) que vincula a los autores.

### **Lúdica 1. Fábrica de camisas**

- Breve descripción: taller de confección de camisas para comprender las características de la estrategia productiva *job shop*.
- Tiempo estimado: 120 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 14 y máximo 28.
- Responsables: docentes Natalia Bohórquez Bedoya y Diego Fernando Ordoñez Rosero.
- IES: Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia).

### **Lúdica 2. Planificación de la producción para producto: álbum Mundial Rusia 2018**

- Breve descripción: con base en los datos históricos de las ventas de los álbumes de fútbol que salen a la venta previo a la realización de un mundial (en este caso el Mundial de Rusia 2018), se estima el pronóstico de las ventas futuras para las semanas cercanas al mundial. A partir de la técnica apropiada y usando la demanda proyectada se calcula la planificación agregada con y sin inventarios; además, apoyados en la estructura del producto, se elabora la planificación de requerimientos de materiales (MRP) para el cálculo de la emisión de ordenes programadas. Los semilleristas actúan como talleristas y los invitados como participantes activos en la construcción de las técnicas.
- Tiempo estimado: 120 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 10 y máximo 15.
- Responsables: docente Gisela Patricia Monsalve Fonnegra. Estudiantes Luis Miguel Arroyave Múnera, Alexandra Reyes Puentes, Gloria Andrea López Gallego
- IES: Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM, Colombia).

### **Lúdica 3. Rally de calidad**

- Breve descripción: se conforman 10 equipos de entre 7 y 10 integrantes, recorren 8 estaciones dedicadas a temas de calidad y medio ambiente. Entre ellas se encuentran actividades como “Adivina quién soy...”, en la cual los participantes deben descri-

bir teorías de los diferentes gurús de calidad para que su equipo los relacione y adivine la procedencia de dicha teoría; “Recuerda, son 7” dedicada a la identificación de las 7 herramientas básicas de la calidad; tres carreras, una de obstáculos, una de concientización para el cuidado del agua y otra de sacos, todas dedicadas al trabajo en equipo y al logro de objetivos específicos.

- Tiempo estimado: 90 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 20 y máximo 100.
- Responsables: Docentes Judith Marisol Rincón Ávila y José Alejandro Castro Téllez.
- IES: Universidad de Guanajuato (México).

#### **Lúdica 4. Las Kanbanballs**

- Breve descripción: se tienen dos líneas de producción, cuya finalidad es entregar pelotas de colores a los clientes de acuerdo con la demanda, una línea utiliza Kanban de almacenamiento y transporte, mientras que la otra no la utiliza, por lo que los asistentes aprecian las diferencias en rendimiento mediante una serie de indicadores entre las dos líneas.
- Tiempo estimado: 60 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 15 y máximo 25.
- Responsable: docente María del Rocío Quesada Castro. Estudiante semillerista Sebastián Cardona.
- IES: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Colombia).

#### **Lúdica 5. Célula de trabajo: la guerra del ingenio**

- Breve descripción: es un ejercicio práctico basado en instrucciones y recursos dados con el fin de resolver, crear y/o innovar en una necesidad de una situación particular y optimizar procesos. Se crean equipos de trabajo con el objetivo de diseñar un producto por medio de las piezas del Macano, dar funcionalidad, nombre y descripción del flujo interno del proceso para la creación.
- Tiempo estimado: 60 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 15 y máximo 25.

- Responsables: docente Yenny Alejandra Aguirre Álvarez. Estudiantes Semilleristas Andrés Camilo Jiménez Guerra, Andrés Ortega Gómez y Juan Esteban Pareja Pulgarín.
- IES: Institución Universitaria Salazar y Herrera (Colombia).

### **Lúdica 6. Estudio de tiempos en mesa rotatoria octogonal**

- Breve descripción: se analizan tiempos y movimientos en la simulación de una línea de producción con una mesa octagonal rotatoria.
- Tiempo estimado: 60 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 10 y máximo 20.
- Responsable: docente Ramón Navarrete Reynoso.
- IES: Universidad de Guanajuato (México).

### **Lúdica 7. Toma de decisiones aplicando teoría de colas**

- Breve descripción: se busca generar procesos eficaces para la toma de decisiones operativas y estratégicas simulando un proceso organizacional.
- Tiempo estimado: 120 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 15 y máximo 30.
- Responsables: docentes Sandra Milena Álvarez Gallo y Jacobo Hernán Echavarría Cuervo.
- IES: Institución Universitaria Pascual Bravo (Colombia).

### **Lúdica 8. Andon: estaciones y retos**

- Breve descripción: las señales de cualquier tipo resultan ser estratégicas para la determinación de posibles fallas en cualquier proceso y de esta manera generar planes preventivos y correctivos para que el proceso de óptimos resultados. Se crean grupos de trabajo distribuidos al frente de una línea de trabajo con cuatro estaciones, cada unan con un reto que debe resolver. Luego documentan la solución desarrollada.
- Tiempo estimado: 60 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 10 y máximo 25.

- Responsables: docente Yenny Alejandra Aguirre Álvarez. Estudiantes semilleristas Andrés Camilo Jiménez Guerra, Andrés Ortega Gómez y Juan Esteban Pareja Pulgarín.
- IES: Institución Universitaria Salazar y Herrera (Colombia).

### **Lúdica 9. Documentación diagramada, primer paso para la gestión de procesos**

- Breve descripción: se trabajan métodos de mapeo de procesos y su importancia en los sistemas de gestión.
- Tiempo estimado: 50 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 10 y máximo 20.
- Responsable: docente Cecilia Ramos Estrada.
- IES: Universidad de Guanajuato (México).

### **Lúdica 10. Optimización de una línea de ensamble**

- Breve descripción: por medio de elementos comunes se busca generar estrategias para la optimización de tiempos de procesos y movimientos.
- Tiempo estimado: 120 minutos.
- Cantidad de participantes: mínimo 15 y máximo 30.
- Responsables: docentes Jacobo Hernán Echavarría Cuervo y Sandra Milena Álvarez Gallo.
- IES: Institución Universitaria Pascual Bravo (Colombia).





# Lúdica 1

## Fábrica de camisas

### 1.1 ¿De dónde partimos?

Las instituciones de educación superior propenden a que el aparato productivo de las organizaciones generen ventajas competitivas requeridas para una inserción exitosa a la dinámica de la economía mundial, al ser parte fundamental de la creación de esos recursos humanos altamente calificados, en la generación de nuevo conocimiento a través de la investigación, que a su vez fomenta los avances tecnológicos y la innovación porque, teniendo en cuenta a Lombana y Rozas (2008) y Porter (1991), se puede decir que una nación no hereda, por el contrario, crea recursos humanos calificados, los cuales ayudan a la innovación, investigación y desarrollo de un país.

Por esta razón, el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) realiza periódicamente un *benchmarking (evaluación comparativa)* que le permita responder a los requerimientos del contexto. En las últimas actualizaciones se ha sugerido, para las áreas del conocimiento relacionadas con la gestión de la producción de bienes, la inclusión de elementos pertinentes, como conocimientos y herramientas que estén alineados con una gestión ambientalmente más responsable de los procesos productivos, así como elementos básicos de los procesos industriales estratégicos de la región, que permitan al estudiante estar contextualizado y prepararse para impactar su medio circundante.

En la contextualización a nivel regional es preciso citar el Plan de Desarrollo de Risaralda 2020-2023 (Gobernación de Risaralda, 2020), el cual, en la “línea estratégica 2: infraestructura y desarrollo económico con sentimiento de todos” afirma que “La competitividad de un territorio está determinada por una serie de factores que conjugados de buena forma, le van a permitir enfrentar con éxito

los retos de una economía cada vez más globalizada”, entre los cuales da prelación según las particularidades del departamento a: la infraestructura vial, el fortalecimiento del sector agropecuario y agroindustrial, el turismo, el apoyo a los emprendimientos innovadores y la preparación del capital humano. Con relación al capital humano el Plan de Desarrollo propone énfasis en los siguientes aspectos:

Tener un capital humano bien preparado, aprovechando las herramientas que proporcionan las nuevas tecnologías en función de mejorar la productividad y buscando innovaciones en productos, métodos y procedimientos, asegura que el territorio sea competitivo. Es esencial trabajar de manera articulada con las universidades y los gremios de la producción para generar sinergias que ayuden a potencializar las capacidades propias del departamento (p. 49).

Con el fin de concentrar esfuerzos, Risaralda en su Plan Regional de Competitividad determinó sectores estratégicos los cuales tendrán el apoyo desde el Plan de Desarrollo 2020-2023 a través de las diversas líneas y programas, estos sectores son: café, turismo, agroindustria, metalmecánica, Industrias 4.0, sistema moda, comercio, biotecnología y logística (Gobernación de Risaralda. 2020. p. 59).

Varios de estos sectores y de estrategias de crecimiento y posicionamiento tienen como núcleo la producción manufacturera, que involucra la creación y puesta en el mercado de nuevos productos, el incremento de la productividad, la reducción de costos y la agregación de valor, cuyo ejemplo más claro es la agroindustria.

El sector educativo, según la Comisión Regional de Competitividad de Risaralda (2008), además de aportar con proyectos de ciencia, tecnología e innovación que respondan a esta visión de país y de región, “deberá articular[se] con las demandas empresariales [...], para proveer a las empresas con personal idóneo, con una educación pertinente y coherente a los requerimientos de la industria, es decir, trabajadores competentes a la realidad actual desde lo social, productivo y económico” (p.125).

La Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP no es ajena a estos llamados que tanto le conciernen, desde los aportes que puede

hacer tanto a nivel investigativo como de formación de talento humano. Desde el ámbito de la formación, para intervenir en campos de la manufactura, los ambientes de aprendizaje y los elementos conceptuales y prácticos que les permiten a los estudiantes construir conocimiento y apropiar técnicas y herramientas concretas para optimizar los procesos productivos de una empresa, se dan fundamentalmente en el nodo de formación de las asignaturas relacionadas con producción.

Ahora, es bien sabido en el ámbito educativo, que no es suficiente con organizar y actualizar un currículo acorde con las necesidades actuales y proyectadas del contexto y que tampoco es suficiente con que el docente planee sus clases ajustándose a ese contenido; se hace preciso también que los procesos de enseñanza-aprendizaje que se pretenden generar en el aula de clase estén mediados por prácticas educativas que permitan, faciliten y potencien el aprendizaje para acercarse al cumplimiento de los propósitos de formación. La lúdica es una herramienta útil y potente para este fin.

La primera lúdica es Fábrica de Camisas; que se inserta en el contexto regional de empresas de confección para simular la producción de lotes de camisas de diferentes estilos. La estructura de este sistema productivo permite conceptualizar y experimentar diversas estrategias de sistemas de flujo, en las que el estudiante puede identificar cuál es más apropiada según prioridades competitivas, diversidad de productos y volúmenes de producción.

Basados en Krajewski y Ritzman (2000) es posible plantear que existen diferentes estrategias del sistema de flujo, basadas en las prioridades competitivas: costo, calidad, tiempo y flexibilidad, las cuales deben ser priorizadas por las empresas a través de los *trade-offs* (trueques de decisiones), para mejorar su posición competitiva (véase tabla 3).

**Tabla 3.** Estrategias del sistema de flujo.

Prioridades competitivas	Temática
1. Costo	Operaciones a bajo costo.
2. Calidad	Diseño de alta performance. Calidad consistente.

Prioridades competitivas	Temática
3. Tiempo	Entregas rápidas. Despachos a tiempo. Velocidad de desarrollo.
4. Flexibilidad	Personalización. Flexibilidad de volumen.

Fuente: elaborada a partir de Krajewski y Ritzman (2000).

Por lo anterior, el ingeniero debe seleccionar una estrategia que determine cómo se diseñará el sistema de operaciones, que también influye en el diseño de la planta. Por esto, uno de los modelos que se identifica en la lúdica 1 es la estrategia de flujo flexible y de producción intermitente *job shop* (véase figura 1): contraste del flujo lineal y producción continua como lo explican Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008):

La planta de producción intermitente (*job shop*) es una empresa que se especializa en la producción de bajo a mediano volumen y utiliza procesos por trabajo o por lote. En este tipo de ambientes con flujo flexible resulta difícil programar las tareas por el alto grado de variabilidad que se observa en las rutas que siguen los trabajos y por la incesante llegada de nuevos trabajos que deben procesarse [...] Una planta de producción continua (*flow shop*) se especializa en la producción de mediano a alto volumen y utiliza procesos en línea o continuos. En este caso es más fácil programar las tareas, porque en una instalación con flujo lineal, los trabajos siguen un patrón de flujo común por todo el sistema (p.680).

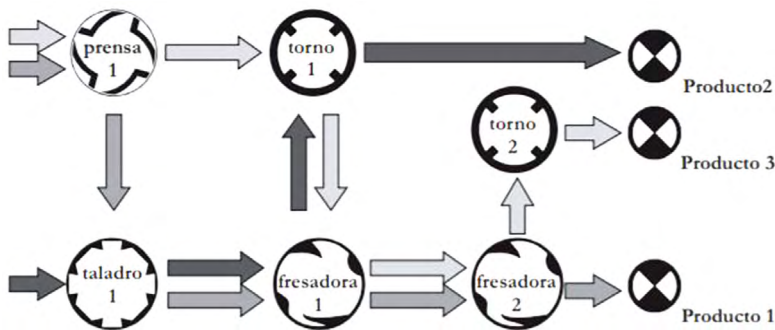


Figura 1. Flujo *job shop*.

Fuente: Tomado de Carro y González (2012, p. 15).

Es importante que los estudiantes puedan vivenciar en el aula de clase que las estrategias de operaciones seleccionadas por los ingenieros para la producción de bienes y servicios influyen de manera contundente en la productividad y competitividad de la organización y que es preciso tomar herramientas teóricas y prácticas para la implementación de estas estrategias.

## 1.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la primera lúdica es comprender las características de la estrategia productiva *job shop* a través de la vivencia de un taller de confección de camisas. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Construir, a partir de la vivencia en grupo, los conceptos básicos del *job shop*.
- b. Generar e implementar estrategias para el mejoramiento del proceso productivo a partir de los conceptos construidos y del conocimiento y experiencias previas de los participantes.
- c. Evaluar y comparar los resultados de las estrategias implementadas.

## 1.3 ¿Qué necesitamos?

### 1.3.1 Recursos materiales

- Fotocopias patrones corte de cuerpo.
- Fotocopias patrones de manga larga derecha.
- Fotocopias patrones de manga larga izquierda.
- Fotocopias patrones de manga corta derecha.
- Fotocopias patrones de manga corta izquierda.
- Fotocopias patrones de bolsillos.
- Fotocopias patrones de cuellos.
- 5 tijeras.
- 4 tarros o barras de pegante.
- Etiquetas adhesivas de colores pequeñas (pueden ser círculos).
- 1 marcador punta delgada.
- 1 tablero para controlar la producción.

### 1.3.2 Recursos humanos

Además de dos facilitadores de la lúdica, se requieren mínimo 14 personas con los roles listados a continuación:

- Corte: 5 operarios.
- Pegado de mangas: 2 operarios.
- Pegado de cuellos: 1 operario.
- Pegado de bolsillos: 1 operario.
- Terminados (estampados y botones): 1 operario.
- 1 patinador.
- 1 Control de calidad.
- 1 Jefe de producción.
- 1 cliente.

Nota: si hay más de 14 personas, se pueden asignar más personas en las diferentes estaciones de trabajo o jugar con dos empresas de confección en paralelo.

### 1.3.3 Recursos físicos

Se requiere de un tiempo entre 60 y 90 minutos y un salón donde se puedan ubicar cinco centros de trabajo (mesas movibles).

## 1.4 ¿Cómo se hace?

Con el fin de lograr el aprendizaje y en vista de que la metodología lúdica se basa en la experiencia, se propone que la planificación de los momentos de la lúdica se realice con base en el *ciclo del aprendizaje experiencial*, propuesto por David Kolb en 1984, que a la vez es la base para la *rueda del aprendizaje* propuesta por Peter Senge (1994) en su libro *La quinta disciplina*. Según Kolb (2005) citado en Ruiz y Pérez (2012), este ciclo de aprendizaje experiencial tiene algunas características:


“Este proceso de aprendizaje es cíclico, pero no estático, es decir, hace todo el recorrido pero no regresa al mismo sitio de partida, sino que tiende a crecer en el conocimiento en forma de espiral. El ciclo propuesto por David Kolb se basa en la afirmación de John Dewey de que el aprendizaje

debe basarse en la experiencia, en los estudios realizados por Kurt Lewin donde argumenta la importancia del aprendizaje activo y en el énfasis de Jean Piaget de la interacción entre la persona y el medio ambiente en la inteligencia (Kolb, 2005, p. 26).”

“La propuesta se centra en la idea de que el aprendizaje experiencial existe como una forma particular de aprendizaje distinguida por el papel central que la experiencia juega en el proceso de aprendizaje” (Ruiz y Perez. 2012. p.19), tal como la lúdica lo permite y lo estimula. Así mismo este “aprendizaje es cíclico, pero no estático, es decir, hace todo el recorrido, pero no regresa al mismo sitio de partida, sino que tiende a crecer en el conocimiento en forma de espiral” (p.17).

A continuación, en la tabla 4, se muestra el ciclo de aprendizaje Kolb (1984) el cual guía la estructuración del procedimiento para jugar las lúdicas en GEIO (Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones).

**Tabla 4.** Ciclo de aprendizaje de David Kolb y procedimiento para jugar las lúdicas en GEIO.

Ciclo del aprendizaje experiencial de David Kolb	Ciclo propuesto por GEIO para el diseño e implementación de las lúdicas
	
<b>Experiencia</b>	<b>Lúdica</b>
<p>“Es actividad o vivencia como tal; es la esencia del aprendizaje experiencial, el actuar, el sentir y el vivir de una forma única e irreplicable una realidad palpable. Esto requiere un entorno de aprendizaje orientativo en el que se valore la experiencia del individuo y en el que se ofrezca apoyo y estructura para dicho aprendizaje. Se aprende a partir de la experiencia concreta inmediata, experimentando; se aprende a partir de la reflexión y la observación, reflexionando”.</p>	<p>Es la participación en la actividad lúdica generadora de experiencias. La lúdica es diseñada y puesta en escena, de acuerdo con los objetivos de aprendizaje de la asignatura, sin embargo, por medio del grupo, ella se puede expandir en alcance.</p>

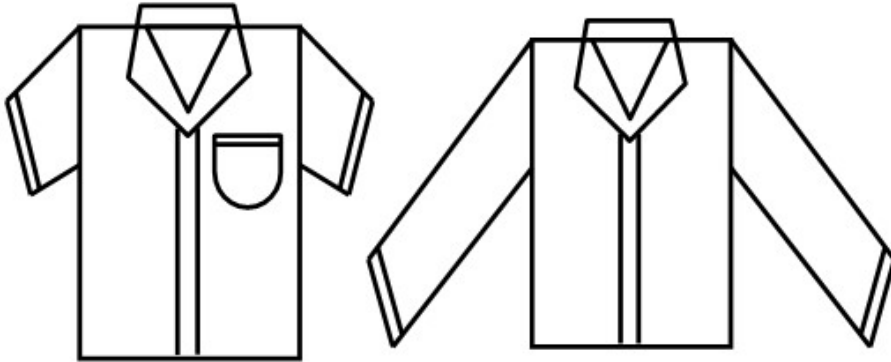
<b>Ciclo del aprendizaje experiencial de David Kolb</b>	<b>Ciclo propuesto por GEIO para el diseño e implementación de las lúdicas</b>
<p><b>Reflexión</b></p> <p>“Se crean las preguntas e inquietudes de lo experimentado. Se pretende crear el conocimiento mediante cuestionamientos propios de lo vivido. Implica no solo describir la experiencia (¿qué ha ocurrido?), sino también analizarla y evaluarla (¿qué significa?), así como prestar atención a las sensaciones evocadas (¿cómo me sentí?). El individuo piensa sobre esa experiencia y recopila información”.</p>	<p><b>Retroalimentación</b></p> <p>Se resumen y discuten las principales experiencias y puntos de vista inmediatamente después de cada lúdica. Esta fase es guiada por el facilitador, con una serie de preguntas abiertas, preparadas para que los participantes reflexionen de manera individual y grupal sobre lo que sucedió y su similitud con la vida real, analizando los problemas que aparecieron y cómo solucionarlos.</p>
<p><b>Conceptualización</b></p> <p>“Se conceptúa a través de los cuestionamientos, del análisis de lo acontecido. El individuo comienza a hacer generalizaciones y a interiorizar lo ocurrido en la experiencia, estableciendo conexiones significativas con lo que ya sabe”.</p>	<p><b>Planeación de la experimentación</b></p> <p>El individuo acompañado de sus pares planea modificaciones a la lúdica (por ejemplo: cambios de roles, en materiales, en procesos, en distribución física, etc.), para mejorar el desempeño del proceso productivo y lograr los objetivos propuestos o metas superiores, esta planeación permite hacer conexiones con conocimientos y experiencias pasadas, las cuales enriquecen las propuestas de modificaciones.</p>
<p><b>Aplicación</b></p> <p>En esta etapa se comienza a actuar partiendo de la experiencia internalizada.</p>	<p><b>Modificaciones a las condiciones iniciales de la lúdica</b></p> <p>Se eligen cuáles de las opciones discutidas en la etapa anterior se van a implementar y se llevan a cabo, por ejemplo: mover el mobiliario para hacer un nuevo diseño de planta; idear otras maneras de comunicar; fabricar bajo otra estrategia de flujo; ubicar el personal según sus capacidades; adicionar puestos de trabajo; dividir alguna tarea; etc.</p> <p>Se inicia de nuevo el ciclo, jugando con estas nuevas condiciones y generando retroalimentación sobre los resultados.</p>

Fuente: Kolb (1984) y Bohórquez y Pinzón (2014).

Para explicar el proceso productivo se recomienda el uso de ayudas audiovisuales.



### 1.4.1 Producto



**Figura 2.** Camisas manga corta con bolsillo y manga larga.

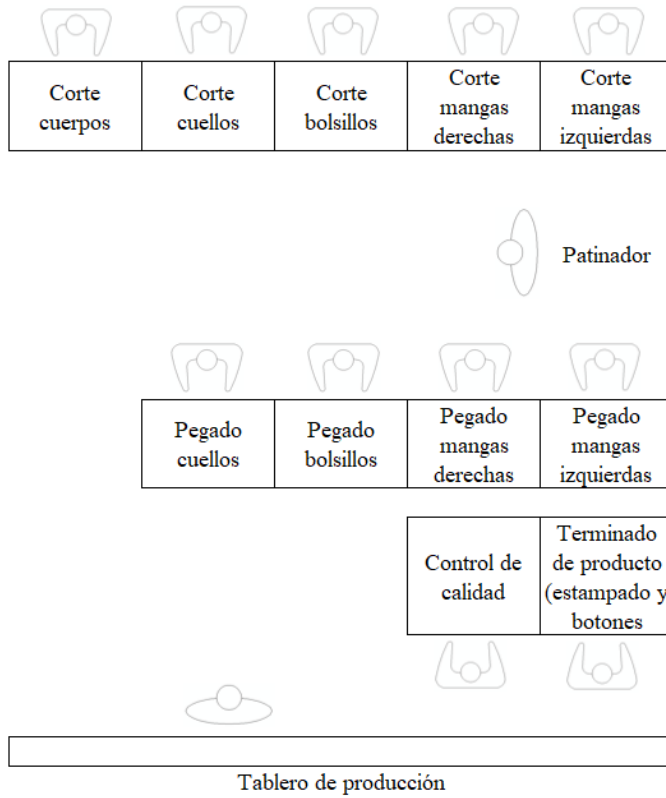
Fuente: GEIO (2013).

En la fábrica se produce a través de un *job shop* camisas de papel de los siguientes estilos:

- Manga corta.
- Manga corta con 1 bolsillo (figura 2).
- Manga corta estampada con 1 bolsillo.
- Manga corta con 2 bolsillos.
- Manga corta estampada con 2 bolsillos.
- Manga larga (figura 2).
- Manga larga con 1 bolsillo.
- Manga larga estampada con 1 bolsillo.
- Manga larga con 2 bolsillos.
- Manga larga estampada con dos bolsillos.

### 1.4.2 Distribución de la planta de producción

El salón donde se realiza la lúdica debe distribuirse según la figura 3. Cada puesto de trabajo tiene sus respectivos materiales.



**Figura 3.** Distribución de la planta de producción de la lúdica Fábrica de Camisas.

Fuente: modificado a partir de GEIO (2013).

### 1.4.3 Control de la producción

El control de la producción se hace a través de un tablero (véase tabla 5) que da la posibilidad de comparar varias corridas de producción y de calcular, con los datos, algunos indicadores.

**Tabla 5.** Tablero de producción.

Time	W.O.	Q	Product	L.T.	D	ND
0	1					
2'30	2					
5	3					

Fuente: modificado a partir de GEIO (2013).

- *Time*: tiempo en el que se genera la orden.
- *WO (Work order)*: número consecutivo para identificar las órdenes de trabajo.
- *Q (Quantity)*: cantidad de camisas a fabricar.
- *Product*: producto a fabricar, por ejemplo, MLB, es decir manga larga con bolsillo.
- *LT (Lead time)*: tiempo en que se termina la orden de trabajo, teniendo en cuenta que el conteo en cronómetro es continuo e inicia cuando se genera la primera orden de trabajo.
- *D (Defective)*: cantidad de productos defectuosos.
- *ND (Non-defective)*: cantidad de productos no defectuosos.

#### 1.4.4 Proceso de producción

- Asignación de roles*. Se asignan los roles y se ubican las personas en los puestos de trabajo: corte (5); pegado de mangas (2); pegado de cuellos (1); pegado de bolsillos (1); terminados (estampados y botones) (1); patinador (1); jefe de producción (1); control de calidad (1). Se recomienda que la ocupación de cada rol sea voluntaria.
- Descripción del producto y de la demanda*. Se describen la variedad de productos a fabricar y la generación de la demanda, la cual se realiza a través de la selección aleatoria de 3 dados (de un total de 6: 2 rojos, 2 blancos, 2 azules), donde la combinación de los colores indica el estilo de la camisa y el número que marquen los dados indica la cantidad a producir (tamaño de la orden de trabajo), con una orden mínima de 3 y una máxima de 18 unidades. El instructivo para la generación de las órdenes se describe en la tabla 6.

**Tabla 6.** Guía para generación de órdenes de trabajo.

Dado 1	Dado 2	Dado 3	Producto
Rojo	Rojo	Rojo	Manga corta con bolsillo (MCB)
Rojo	Rojo	Azul	Manga corta (MC)
Rojo	Rojo	Blanco	Manga larga con bolsillo (MLB)
Azul	Azul	Blanco	Manga larga (ML)

Dado 1	Dado 2	Dado 3	Producto
Azul	Azul	Azul	Manga corta con 2 bolsillos (MC2B)
Azul	Blanco	Blanco	Manga larga con 2 bolsillos (ML2B)
Azul	Azul	Rojo	Manga corta con bolsillo estampada (MCBE)

Fuente: GEIO (2013).

- c) *Corrida de prueba: explicación del proceso productivo.* Se realiza una corrida de prueba en la que se genera una orden de trabajo con los dados y luego los operarios fabrican una unidad de la camisa correspondiente a la orden generada. En esta corrida, a medida que se va explicando el proceso productivo, se va llevando a cabo.
- d) *Corrida de 5 órdenes de trabajo.* Después de verificar que los participantes hayan entendido el proceso, se realiza la corrida de la lúdica con 5 órdenes de trabajo generadas cada 2,5 minutos. A continuación, se describe el proceso (GEIO, 2019):
- El cliente genera la orden de trabajo en el tiempo cero y la anuncia al jefe de producción. Se sigue generando una orden cada 2,5 minutos, y se generan en total 5 órdenes.
  - El jefe de producción inicia el cronómetro y anota la orden en el tablero de producción.
  - Los operarios de corte cortan los cuerpos y los cuellos de la camisa (véase imagen 1).



**Imagen 1.** Estación de corte.

- El patinador entrega, a la estación de pegado de cuello, el cuello y el cuerpo de la camisa para ser pegado.
- El patinador entrega el bolsillo (si es necesario según la orden) a la estación correspondiente, que a su vez recibe el subensamblado del cuerpo y cuello. Esta estación pega el bolsillo al cuerpo de la camisa.
- El patinador entrega la manga derecha (corta o larga según el producto) a la estación correspondiente y a su vez esta recibe el subensamblado de (cuerpo + cuello + bolsillo). Esta estación pega la manga derecha al cuerpo de la camisa.
- El patinador entrega la manga izquierda (corta o larga según el producto) a la estación correspondiente y a su vez recibe el subensamblado de la estación anterior (cuerpo + cuello + bolsillo + manga derecha). Esta estación pega la manga izquierda al cuerpo de la camisa (véase imagen 2).



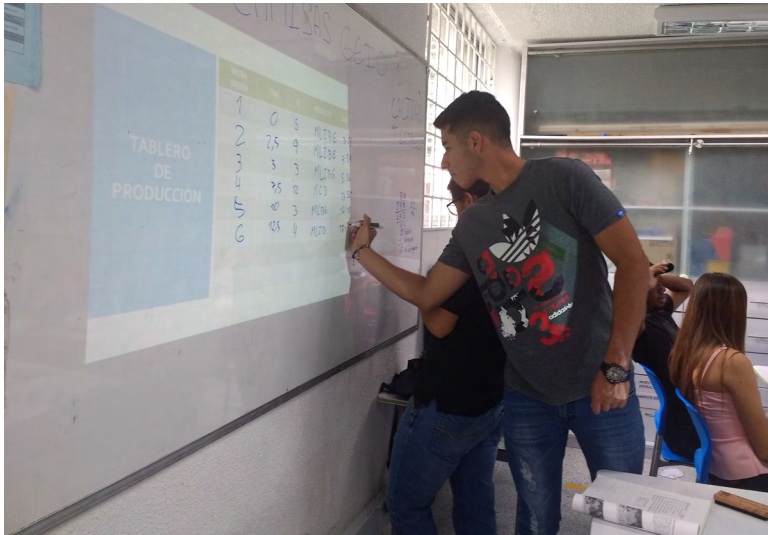
**Imagen 2.** Estación de pegado.

- La estación entrega la camisa a la estación de producto terminado, la cual pega los botones (pone 4 puntos con marcador en el cuerpo de la camisa como se muestra en la imagen 3) y si la orden de trabajo lo indica estampa, proceso que consiste en pegar una etiqueta adhesiva en el cuerpo de la camisa.



**Imagen 3.** Estación de botones y control de calidad.

- Esta estación acumula las camisas hasta tener la cantidad completa de la orden de trabajo. Cuando esto sucede, el operario anuncia la terminación de la orden en voz alta y el jefe de producción anota en el tablero el tiempo que marca el cronómetro en la columna LT (*lead time*).
- La estación de producto terminado entrega la orden completa de camisas terminadas a control de calidad, la cual revisa que las camisas cumplan los requerimientos de calidad (corte, pegado, correspondencia con orden de trabajo en estilo y cantidad) y clasifica cada camisa como defectuosa o no defectuosa. Esta estación comunica al jefe de producción el resultado de esta clasificación para cada orden de trabajo y este lo anota en el tablero (véase imagen 4).



**Imagen 4.** Jefe de producción y tablero de control.

- Cuando se terminan las 5 órdenes de trabajo se para el cronómetro y se inicia el proceso de retroalimentación, para identificar mejoras en el proceso productivo, aplicarlas y volver a correr la lúdica, tal como se indicó en la sección de procedimiento.

Nota: Se debe pasar a otras estaciones en lotes de al menos dos unidades. Se podrían hacer experimentaciones con otros tamaños o *piece-to-piece* y hacer los análisis respectivos. En caso de que haya más participantes del mínimo, se pueden adicionar operarios y patinadores.

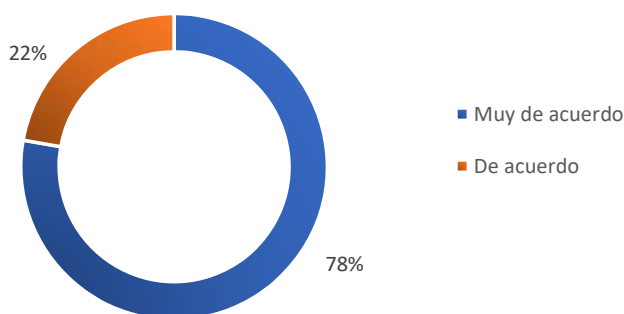
## 1.5 Implementación

Esta lúdica fue creada hace más de 10 años por el grupo GEIO y ha sido llevada a decenas de aulas de clase con cientos de estudiantes, lo que ha permitido su afinamiento como estrategia pedagógica dentro del aula, para abarcar diferentes temáticas, relacionadas especialmente con la gestión de operaciones.

En el marco de la RedProd, se llevó a cabo una jornada donde se jugó con un grupo de 18 estudiantes de Ingeniería Industrial y se realizó una encuesta, en las que se evaluaron aspectos relacionados

con (i) la adquisición de nuevos conocimientos; (ii) la puesta en práctica de habilidades y competencias; y (iii) el disfrute de la actividad y algunas percepciones relacionadas con ello.

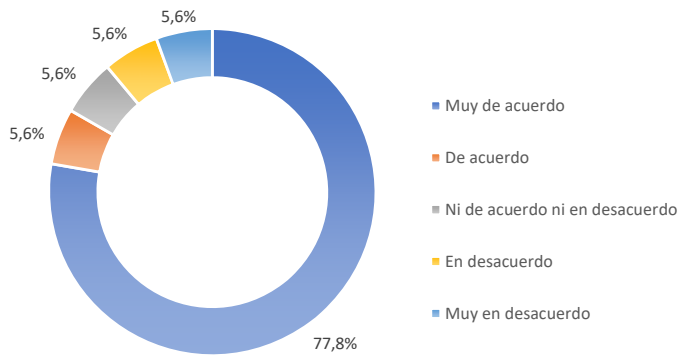
En general la lúdica Fábrica de Camisas permite la adquisición de nuevos conocimientos (véase figura 4), en este caso particular, relacionados con el *job shop*. Es importante resaltar que la construcción social del conocimiento en una lúdica se da principalmente en las etapas de retroalimentación y planeación de la experimentación (véase tabla 4), la cual debe estar debidamente planeada y debe ser cuidadosamente ejecutada por el facilitador (generalmente a partir de preguntas) para que se produzcan las reflexiones en primera instancia y luego las discusiones y diálogos que estimulan esta construcción en un ambiente de confianza y aprendizaje, donde todas las ideas son escuchadas y respetadas.



**Figura 4.** Adquirir nuevos conocimientos.

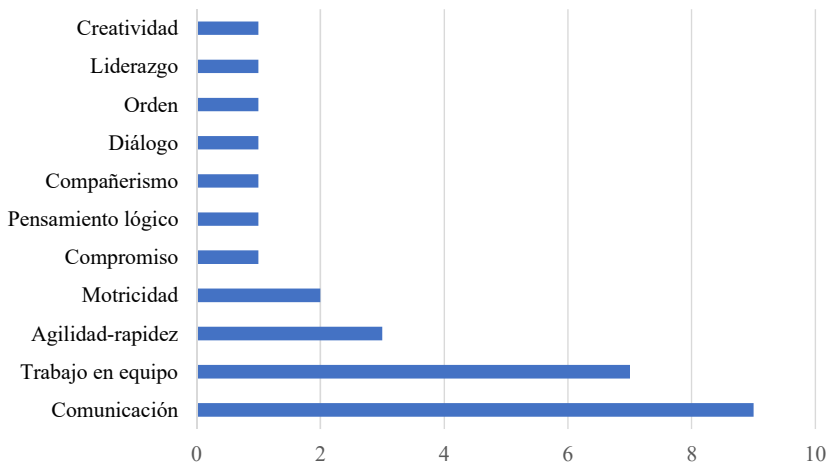
En cuanto a la puesta en práctica de habilidades y competencias hay un 17% manifiesta no haber vivenciado esto (véase figura 5), aspecto importante ya que las lúdicas buscan que además del conocimiento, los estudiantes puedan tener un escenario en el que desplieguen habilidades esenciales para el desempeño profesional en particular, y para la vida en general. En una lúdica es importante que los roles creados tengan relevancia y participación durante su desarrollo; además, en las etapas que implican diálogo, discusión y modificaciones a la lúdica, es importante propiciar estimular la expresión de ideas y propuestas, así como la ejecución de estas en grupo.





**Figura 5.** Poner en práctica habilidades y competencias.

El 83% que estuvieron muy de acuerdo o de acuerdo con la afirmación “Puse en práctica habilidades y competencias”; en la figura 6 se muestra cuáles pusieron en práctica.



**Figura 6.** Habilidades y competencias señaladas por los participantes.

Frente a la pregunta “¿Qué fue lo que más le gustó?”, se observa preponderancia en el gusto por aprender cosas nuevas, cosas relacionadas con la vida real y hacerlo de una manera lúdica y en equipo. La tabla 7 recopila algunos comentarios que evidencian lo anterior.

**Tabla 7.** Comentarios a la pregunta ¿qué fue lo que más le gustó (de la lúdica)?

¿Qué fue lo que más le gustó?
Aprender.
Adquirir conocimiento del manejo de la empresa mediante lúdica.
Aprender técnicas y datos que no sabíamos.
El trabajo en equipo, pero a la vez el individual y que se aprendió más sobre los procesos productivos en una empresa.
Fue una actividad muy lúdica, fácil de entender y me gustaron los papeles que tomamos para hacer funcionar la fábrica.
Que por medio de una lúdica se puede reflejar la realidad del día a día en las empresas productoras. Independientemente si se daban pérdidas o ganancias, las presiones y cambios que se pueden dar.
La metodología.
Desarrollar soluciones y métodos de trabajo que permitan mejorar los resultados obtenidos previamente.
Que aprendimos de una forma dinámica y poco monótona.
Poder evaluar la calidad de los productos aprender nuevos términos sobre la industria de una manera dinámica.
Que implementamos modelos reales de producción.
La oportunidad de hacer trabajo en equipo cercano a una experiencia laboral real.
La manera como se trabaja en equipo y se juega para aplicar el conocimiento.
La forma didáctica de enseñar un tema teórico.
La manera en la que por medio de una lúdica se puede aprender acerca de un tema que muy probable debamos saber a futuro.

Fuente: los autores

## Lúdica 2

# Planificación de la producción para producto “álbum Mundial Rusia 2018”

“Un pronóstico es una estimación de un evento futuro, que se hace mediante el empleo de un método específico, y que es utilizado para fines de planificación”.

CASTRO (2008, p. 31).

### 2.1 ¿De dónde partimos?

Los pronósticos y/o pedidos en los sistemas tipo *pull* son la base de arranque del ciclo de planificación, programación y control de la producción, por lo tanto, lo son de la planificación estratégica, cuyo establecimiento recae sobre el mando directivo de la empresa; en ella se establecen los planes estratégicos a largo plazo que luego serán desarrollados mediante actividades específicas, de forma horizontal a lo largo de las áreas funcionales y verticalmente de acuerdo con las fases táctica y operativa del proceso jerárquico de planificación, programación y control de la producción.

La planificación de la producción es un proceso continuo cuyo objetivo es determinar anticipadamente decisiones que permitan optimizar el uso de los recursos productivos. Se refiere a las decisiones tácticas para determinar las actividades y los recursos de la empresa a mediano plazo. El plan agregado debe ser coherente con el plan estratégico a largo plazo, y su desagregación progresiva determina planes y programas operativos, a corto plazo. Viveros, R. y Salazar, E. (2010).

Una de las estrategias que utilizan las empresas para planificar las operaciones cuando la capacidad es variable, pero la demanda es estable, es fabricar para inventario o *make to stock*; al desarrollar un modelo de planificación se debe considerar la demanda, los inventarios de materias primas, los costos variables y los ajustes de producción; un modelo de planificación agregada abarca las variables de decisión para la planificación de la producción. Viveros, R. y Salazar, E. (2010).

El ejercicio de la planificación de operaciones para un álbum de láminas se asemeja a un sistema de producción; dado que, involucra en su estructura, recursos técnicos que interactúan procedimentalmente con otros elementos blandos de índole social, para obtener un producto útil para aficionados al fútbol a nivel mundial; según Monsalve (2019).

## 2.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la segunda lúdica es realizar la planificación de operaciones para un álbum Mundial Rusia 2018 a partir del pronóstico de la demanda. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Calcular el pronóstico de la demanda del álbum para los días próximos al Mundial a partir de los datos históricos suministrados.
- b. Elaborar el plan maestro de producción con y sin inventario del álbum.
- c. Realizar la estructura del producto álbum Mundial Rusia 2018, que servirá como insumo para la planificación de requerimientos de materiales MRP.

## 2.3 ¿Qué necesitamos?

### 2.3.1 Recursos materiales

- Marcadores permanentes y borrables.
- Calculadoras.
- Pliegos de papel periódico.

- Lapiceros.
- Lápices.
- Listados de asistencia.
- Hojas.
- Dulces.

### 2.3.2 Recursos humanos

- Mano de obra.
- Una (1) Tutora del semillero.
- Diez (10) Semilleristas.
- Cincuenta y siete (57) Participantes.

### 2.3.3 Recursos físicos

- Aula *b-learning* o de cómputo.
- Tablero de acrílico doble.
- Mínimo 10 computadores.
- Mínimo 40 sillas universitarias.
- Parlantes.
- Proyector o televisor.

## 2.4 ¿Cómo se hace?

La elaboración de la lúdica se ejecuta en tres etapas; primero, la estimación del pronóstico a partir de los datos históricos de las ventas diarias de los álbumes del Mundial Brasil 2014; aplicando a la serie de datos la técnica adecuada de acuerdo con el comportamiento de estos. Luego, se estructura el plan maestro de producción (MPS) elaborando o no inventarios. Por último, se realiza la figura o árbol del producto como base para el plan de requerimiento de manufactura MRP. Terminado el ejercicio se presentan las conclusiones.

- a. Presentación:
- b. Etapa 1: elaboración del pronóstico.
- c. Etapa 2: estructuración del plan maestro de producción.

- d. Etapa 3: Estructura del producto como base para la planificación de requerimientos de material.
- e. Conclusión.

### 2.4.1 Presentación

El producto de interés es un álbum de láminas para un mundial de fútbol. La idea de planificar las operaciones de elaboración del producto álbum del mundial (figura 7) surgió como estrategia de fortalecimiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema ciclo de producción; por ello, se aprovechó la proximidad del mundial de fútbol de Rusia 2018 y el fanatismo que despierta el deporte rey con el objetivo de explicar actividades básicas pero fundamentales relacionadas con la fase táctica del proceso de planificación, programación y control de operaciones.



**Figura 7.** Álbum Mundial Rusia 2018.

Fuente: Américatv (2018).

### 2.4.2 Etapa 1. Elaboración del pronóstico

- a. Se analizan los datos históricos de ventas de álbumes del mundial anterior en un puesto de revistas de la ciudad y se estima el pronóstico por la técnica estadística más apropiada; en este caso la regresión lineal simple.
- b. En la herramienta Excel se calcula la ecuación y manualmente se obtienen las proyecciones con la participación del público.
- c. Se interpreta y analiza el pronóstico.

### 2.4.3 Etapa 2. Estructuración del plan maestro de producción

- a. Teniendo en cuenta el pronóstico de la demanda obtenido en la Etapa 1, se realiza el plan maestro de producción (MPS) con y sin inventarios para el producto analizado; en el caso de cálculo con inventario de seguridad; se asume un inventario inicial de 5 unidades.
- b. El MPS se construye manualmente con la participación de los asistentes.
- c. Se interpreta y analiza el MPS.

### 2.4.4 Etapa 3. Estructura del producto como base para el MRP

Dado el alcance en tiempo de la lúdica, se explican los pasos de construcción de un MRP y el objetivo de hacer la estructura del producto de manera general, para que los participantes lo construyan de manera independiente en la herramienta Excel.

1. Definir la lista de materiales, en este caso elementos, que componen el álbum: cubierta, portada, hojas, lomo y ganchos.
2. Determinar las cantidades iniciales del MPS; en este caso son las calculadas mediante el pronóstico proyectado por regresión lineal simple.
3. Registrar los inventarios (D); estos se obtienen en el MPS.
4. Registrar el inventario de seguridad (SS)
5. Elegir el software para hacer el MRP; en este caso la herramienta Excel.

6. Calcular las necesidades brutas (NB): las cantidades del artículo dispuestas en el MPS.
7. Calcular la emisión de ordenes programadas (EOP). si existe un pedido que está por llegar, colocar la cantidad y la semana en que lo hará.
8. Calcular el inventario disponible (D): inventario disponible = inventario disponible del período anterior + recepciones programadas — necesidades brutas. Teniendo en cuenta que si el inventario disponible es menor a las necesidades *stock* de seguridad y este último será restablecido en el próximo periodo, en consecuencia, se sumará a las necesidades netas.

D = disponible

Si D mayor 0; NN = NB (D + SS)

NB Menor 0; NN = 0

Si D = 0; NN = NB

9. Calcular las necesidades netas (NN). Estas existen cuando el inventario disponible no es suficiente; por lo tanto, se debe generar un pedido. Dicho de otra forma, cuando las necesidades netas son mayores a cero (0), se genera el lanzamiento o liberación de una orden de fabricación para tener el material a disposición cuando se requiera. Si son menores a 0, significa que el inventario disponible es suficiente para suplir la demanda, por lo que se coloca 0 como resultado. Se obtienen de la siguiente forma: necesidades netas = necesidades brutas + *stock* de seguridad — inventario disponible del periodo anterior — recepciones programadas.

SI D mayor 0; NN = NB — (D + SS)

10. Recibir las órdenes de producción: cantidad de materia prima que se recibe en un periodo por el lanzamiento de una orden.
11. Mostrar el álbum físico a los asistentes e invitar a la construcción de la estructura del producto en dos versiones: con lomo en la estructura y sin él (véanse figura 9 y 10).
12. Construir la estructura del producto por niveles.
13. Analizar e interpretar la etapa.



## 2.4.5 Conclusión

De acuerdo con el desarrollo de las operaciones de planificación se establecen las necesidades de material para los días 26 al 37, incluyendo cada uno de los elementos que componen el álbum; para un álbum se requiere ordenar 1 cubierta, 2 portadas, 32 hojas, 1 lomo y 3 ganchos; por lo tanto, las cantidades totales a ordenar por día corresponden a los valores calculados que se observan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Cálculo de las necesidades netas.

Material	Día	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	Cantidad	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62
Cubierta	1	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62
Portada	2	88	92	96	98	102	104	108	112	114	118	120	124
Hojas	32	1408	1472	1536	1568	1632	1664	1728	1792	1824	1888	1920	1984
Lomo	1	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62
Ganchos	3	132	138	144	147	153	156	162	168	171	177	180	186

## 2.5 Implementación

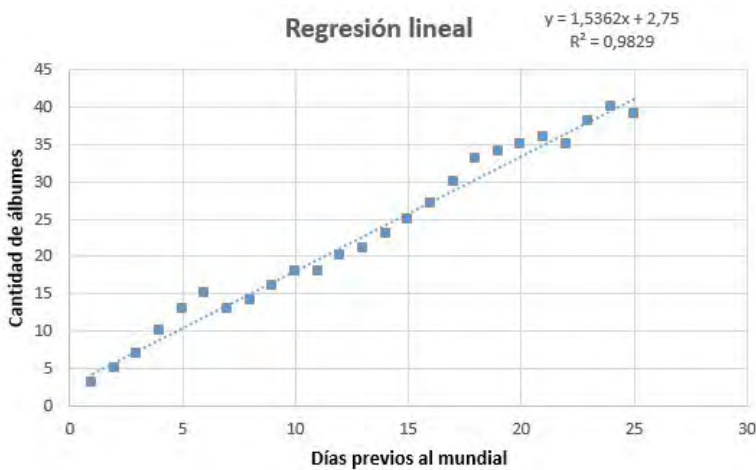
De acuerdo con los datos históricos sobre las ventas diarias del álbum para el Mundial Brasil 2014 (véanse tabla 9 y figura 8), se estimó el pronóstico de la demanda de unidades de álbumes para el Mundial Rusia 2018, durante sus primeros 12 días.

**Tabla 9.** Datos históricos.

Días (X)	Cantidad (álbumes) Y	Pronóstico	Días(X)
1	3	43	26
2	5	45	27
3	7	46	28
4	10	48	29
5	13	49	30
6	15	51	31
7	13	52	32
8	14	54	33

Días (X)	Cantidad (álbumes) Y	Pronóstico	Días(X)
9	16	55	34
10	18	57	35
11	18	59	36
12	20	60	37
13	21		
14	23		
15	25		
16	27		
17	30		
18	33		
19	34		
20	35		
21	36		
22	35		
23	38		
24	40		
25	39		

Con base en la ecuación de la línea de regresión que ajusta la dispersión de los datos de la demanda pasada, se concluye que a medida que avancen los días de la competición, aumentarán las ventas del álbum.



**Figura 8.** Dispersión de datos históricos.

Al analizar las formas en las cuales se calcularon las cantidades a producir mediante el plan maestro de producción de unidades diarias, con y sin inventarios (tabla 10), se concluyó que el más recomendado es el plan maestro sin inventarios puesto que el mundial es un evento temporal y, a pesar de que después de terminado el certamen se puedan presentar ventas a coleccionistas y otros aficionados con un ingreso de salvamento, es mejor no dejar inventarios.

**Tabla 10.** Cálculo del MPS con y sin inventarios.

<b>MPS con inventarios</b>	<b>Día 26</b>	<b>Día 27</b>	<b>Día 28</b>	<b>Día 29</b>	<b>Día 30</b>	<b>Día 31</b>	<b>Día 32</b>	<b>Día 33</b>	<b>Día 34</b>	<b>Día 35</b>	<b>Día 36</b>	<b>Día 37</b>	<b>Total</b>
Demanda pronosticada (pronóstico de la demanda del paso anterior)	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62	638
Demanda acumulada ( $F_t = F_{t-1} + f_t$ )	44	90	138	187	238	290	344	400	457	516	576	638	
Producción (Ft acumulada/días a producir)	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	648
Producción acumulada:													
Producción acumulada $t=1 =$ Producción $t = 1$ ó Producción acumulada $t + 1 =$ Producción acumulada $t = 1 +$ Producción $t + 1$	54	108	162	216	270	324	378	432	486	540	594	648	
Inventario	15	23	29	34	37	39	39	37	34	29	23	15	
<b>MPS sin inventarios</b>													
Demanda pronosticada	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62	638
Demanda acumulada	44	90	138	187	238	290	344	400	457	516	576	638	
Producción	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62	
Producción acumulada	44	90	138	187	238	290	344	400	457	516	576	638	
Inventario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Además, se invitó a los participantes a estructurar (armar) el árbol del producto mediante fichas con las letras para tal fin y las respectivas cantidades que requería cada pieza.

A: álbum.

C: cubierta.

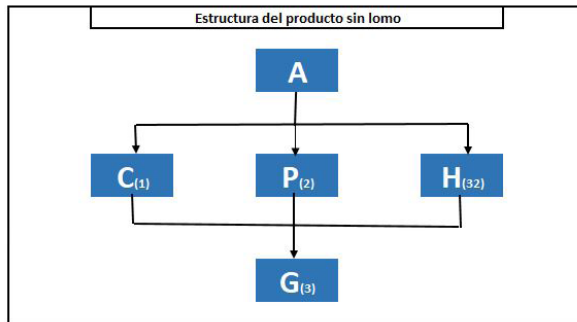
H: hojas.

P: portada.

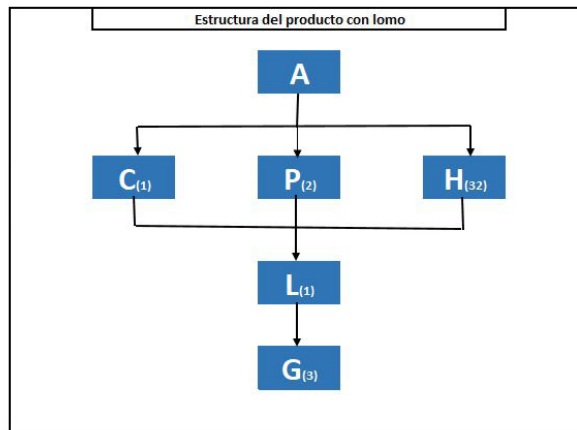
L: lomo.

G: ganchos.

Los participantes concluyeron que se puede elaborar el álbum con y sin lomo (véanse figura 9 y 10):



**Figura 9.** Estructura del producto 1.



**Figura 10.** Estructura del producto 2

Se logró establecer el pronóstico de la demanda para las ventas del álbum del Mundial de Rusia 2018 por la técnica de regresión lineal simple, obteniéndose una tendencia creciente para los días próximos al Mundial; así mismo, se calculó el MPS para la frecuencia diaria oscilando entre 44 y 62 unidades y un inventario máximo de 39 unidades en días intermedios.

Se observó la participación del público, quien en su gran mayoría destacó la practicidad del ejercicio y el dinamismo de los participantes.

Para darle divulgación a la exitosa actividad se escribió una reseña para la publicación semanal *Actualidad ITM* del 28 de mayo de 2018, y se recibieron comentarios y felicitaciones al respecto. También se registró la actividad en la página de Facebook del ITM (imagen 5).



#### Semillero TECIPPROD se suma a la pasión futbolera

De manera satisfactoria, los integrantes del semillero Técnicas para la planificación, programación y control de la producción, **TECIPPROD**, desarrollaron la planificación de un producto futbolero para el mundial de Rusia 2018. Esta actividad se presentó en las VI Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas y en las III Jornadas Lúdicas de la Red de Productividad en la Institución Universitaria Salazar y Herrera. Se destaca el dominio, trabajo en equipo y el manejo de grupos de los estudiantes, poniendo en práctica los logros del proceso de investigación formativa.

Participaron 124 estudiantes de Ingeniería de Producción y afines, del ITM, la I.U. Salazar y Herrera, el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y el Politécnico Grancolombiano. La actividad consistió, en primera fase, en estimar por la técnica de regresión lineal simple el pronóstico de la demanda del álbum de láminas del mundial, a partir de los datos históricos de las ventas del mundial pasado. Luego, en la segunda fase, empleando la demanda estimada se estructuró el Plan Maestro de Producción (**MPS**), con y sin inventarios y finalmente se realizó el árbol de estructura del producto como *input* para la elaboración del Plan de Requerimientos de Materiales (**MRP**).



**Imagen 5.** Semillero TECIPPROD se suma a la pasión futbolera.

Fuente: Comunicaciones ITM (2018).



# Lúdica 3

## *Rally* de calidad

### 3.1 ¿De dónde partimos?

El *Rally* de calidad es una actividad diseñada para recuperar conocimientos básicos obtenidos en las distintas UDAS (unidades de aprendizaje) de la Licenciatura en Administración de la Calidad y la Productividad de la división de Ciencias Económico Administrativas del campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. Esta lúdica se basa en el estudio de las inteligencias múltiples (Scheinder, 2005) y las metodologías de aprendizaje y técnicas de estudio utilizadas por los estudiantes participantes, lo cual coadyuva a la comprensión y aplicación de los temas desarrollados en las aulas (Llaca, 2007).

Así mismo, el *Rally* de calidad fomenta la solución de conflictos y la negociación entre individuos (Angulo, 2003), incorporándolos en una dinámica continua de superación, mediante la creación de conflictos constructivos y controlados con enfoque en el pensamiento creativo y el proceso de creación.

### 3.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la tercera lúdica es generar una cultura de calidad en los alumnos, permeando la calidad en distintas áreas del conocimiento. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Desarrollar habilidades interpersonales para la toma de decisiones mediante el logro de metas comunes.
- b. Reforzar conocimientos del área de calidad mediante actividades relacionadas con la vida profesional y académica.
- c. Generar interés por temas generales de calidad, así como sus aplicaciones en actividades cotidianas.

d. Habilitar espacios para la convivencia interdisciplinaria.

### 3.3 ¿Qué necesitamos?

#### 3.3.1 Recursos materiales

Para todo el *rally* se necesitan:

- 1 caja de lapiceros.
- 2 pliegos de cartulina.
- 10 hojas de registro.
- 30 incentivos (10 para el primer lugar, 10 para el segundo y 10 para el tercero).

Los recursos materiales para la construcción de las 7 estaciones se detallan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Recursos materiales para *Rally* de calidad.

Estación	Recursos materiales	Cantidad
Estación 1 "Carrera de sacos"	Costales o sacos	9
	Pañuelos blancos	10
Estación 2 "Carrera del agua"	Vasos desechables	50
	Cubetas o baldes	4
	Pañuelos azules	10
Estación 3 "Adivina quién soy..."	Cartulina	1
	Tarjetas ilustrativas de los gurúes de calidad	10
	Pañuelos verdes	10
	Globos	50
Estación 4 "Bombas de agua"	Paliacates	20
	Pañuelos azules	10
	Globos	30
Estación 5 "Te preguntaré"	Bolsa grande	1
	Pañuelos morados	10
	Obstáculos variados	8
Estación 6 "Carrera de obstáculos"	Vasos desechables	10
	Pañuelos rosados	10
	Memoria 7 Herramientas	2
Estación 7 "Recuerda, son 7"	Pañuelos naranjados	10
	Cuerda	1

Fuente: elaborado a partir de Ávila y Téllez (2018).



### 3.3.2 Recursos humanos

Para la primera estación se necesita 1 participante, para el resto de las estaciones se necesitan 2 participantes.

### 3.3.3 Recursos físicos

Cantidad

- 1 equipo de sonido.
- 1 bocina.
- Mínimo 2 micrófonos.
- 1 mesa de apoyo.

## 3.4 ¿Cómo se hace?

Para desarrollar el *Rally* de calidad deben seguirse las reglas contenidas en la tabla 12, y realizar el montaje de las áreas 30 minutos antes de la hora de inicio del evento.

**Tabla 12.** Reglas de operación del *Rally* de calidad.

Reglas	
1	Todos los integrantes deben registrarse y asignarle un nombre a su equipo.
2	Se les otorgará un distintivo el cual deberá portarse durante toda la actividad.
3	Cada equipo recibirá un distintivo por cada base que haya logrado con éxito.
4	Contarán con una hora para recorrer el mayor número de bases posibles, de no regresar el equipo completo al punto de partida a la hora acordada serán descalificados.
5	Al terminar el tiempo y regresar al punto de partida, deberán anotar la hora de llegada en el espacio indicado.
6	El equipo ganador será el que logre completar las 7 bases en el menor tiempo y regrese completo y con todos los distintivos al punto de partida.
7	En caso de que ningún equipo logre terminar las actividades, se decidirá conforme al número de bases completadas, en el caso de que exista un empate la decisión se tomará respecto al tiempo de llegada y el criterio de los organizadores, por lo que la decisión será inapelable.

Fuente: elaborado a partir de Ávila y Téllez (2018).

El *Rally* de Calidad está conformado por 7 estaciones, un área de animación y un área de registro, las cuales conllevan una planeación diferente, pues tienen objetivos variados. En la tabla 13 se detalla la relación de actividades previas a la ejecución del evento en cada una de las áreas.

**Tabla 13.** Actividades previas.

Área	Actividades
Animación y planeación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar difusión del evento.</li> <li>2. Realizar gestión de espacios.</li> <li>3. Distribuir espacios en un plano.</li> <li>4. Desarrollar las reglas.</li> <li>5. Entregar material.</li> </ol>
Registro	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparar hojas de registro.</li> </ol>
Estación 1 "Carrera de Sacos"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 2 "Carrera del Agua"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 3 "Adivina Quien Soy..."	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 4 "Bombas de Agua"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar bombas de agua.</li> <li>3. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 5 "Te Preguntaré"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar preguntas.</li> <li>3. Introducir preguntas en los globos.</li> <li>4. Inflar globos.</li> <li>5. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 6 "Carrera de Obstáculos"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Estación 7 "Recuerda, Son 7"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recibir material.</li> <li>2. Preparar retroalimentación.</li> </ol>
Incentivos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestionar los premios.</li> <li>2. Preparar paquetes según el tipo de premio (primer, segundo o tercer lugar).</li> </ol>

Fuente: Ávila y Téllez (2018).

A continuación, se detallan las actividades y objetivos de cada una de las áreas y/o estaciones durante la ejecución del evento.

### 3.4.1 Animación y planeación

**Objetivo:** generar procesos de concentración y seguimiento sobre cada uno de los participantes antes, durante y después de la actividad.

**Actividades:** el área de animación debe conformar e identificar los equipos en el área destinada, dar a conocer las reglas e instrucciones de la actividad y recibir a los equipos al momento de volver al punto de partida. Además, debe recolectar las evidencias para tomar la decisión inapelable del ganador o los ganadores de la actividad y entregar los premios. Al finalizar el evento se desarrolla un debate entre los equipos sobre las experiencias vividas y los conocimientos adquiridos en cada una de las estaciones, lo que abre un espacio al diálogo entre equipos para despejar las dudas con los organizadores. Se da un cierre recopilando la información de cada área y se agradece a todos por su participación (véase imagen 6).



**Imagen 6.** Animación y planeación del Rally de calidad.

### 3.4.2 Registro

**Objetivo:** realizar un proceso controlado de los asistentes mediante la entrega de distintivos a cada uno de los participantes de forma planeada.

**Actividades:** esta área debe recibir a todos los participantes del evento para registrarlos por equipo y otorgarles un distintivo para control interno.

### 3.4.3 Estación 1 “Carrera de sacos”

**Objetivo:** desarrollar habilidades para el trabajo en equipo y toma de decisiones en conjunto.

**Actividades:** al llegar a esta estación, los participantes deben realizar una prueba física, recorriendo, metidos en un saco, una distancia de 50 metros en el menor tiempo posible. Al finalizar la prueba, el monitor retroalimenta sobre los eslabones de la cadena de producción haciendo énfasis en los tiempos y retrasos que puede generar una decisión dentro de una empresa.

### 3.4.4 Estación 2 “Carrera del agua”

**Objetivo:** desarrollar habilidades para el trabajo en equipo y la toma de decisiones en conjunto.

**Actividades:** en esta estación los participantes recolectan de forma ordenada agua de un balde y la llevan sobre su cabeza por 30 metros; al final encuentran un balde vacío para verter el agua restante. Al finalizar la prueba el monitor retroalimenta sobre los eslabones de la cadena de suministro haciendo énfasis en los riesgos de no evaluar la capacidad de producción de los proveedores.

### 3.4.5 Estación 3 “Adivina quién soy...”

**Objetivo:** despertar interés por temas generales del área de calidad y por sus aplicaciones en actividades cotidianas.

**Actividades:** esta es una prueba de comunicación. Cada participante toma una tarjeta con uno de los gurús de calidad escrita en ella y la pega en su frente, el resto del equipo trata de explicarle mediante la teoría cuál es el gurú de calidad. Al finalizar la prueba el monitor retroalimenta sobre la importancia de conocer estas teorías para mejorar procesos de calidad.

### 3.4.6 Estación 4 “Bombas de agua”

**Objetivo:** desarrollar habilidades interpersonales para la toma de decisiones mediante el logro de metas comunes.

**Actividades:** en esta estación los participantes se dividen en dos equipos, y estos a su vez en parejas; cada una debe tomar una pañoleta y arrojar una “bomba de agua” al equipo contrario, los cuales tratan de atraparla para que no estalle, esta actividad se repite 5 veces; al finalizar el monitor retroalimenta sobre de la importancia de una decisión consensuada.

### 3.4.7 Estación 5 “Te preguntaré...”

**Objetivo:** despertar interés por temas generales del área de calidad y por sus aplicaciones en actividades cotidianas.

**Actividades:** en esta estación los participantes eligen un globo con una pregunta dentro. Lo revientan de forma creativa para sacar la pregunta sobre un tema del área de calidad y la responden; solo puede finalizar la estación quien conteste correctamente. Al terminar el monitor habla sobre el tema (véase imagen 7).



**Imagen 7.** Estación 5 “Te preguntaré...” del Rally de calidad.

### 3.4.8 Estación 6 “Carrera de obstáculos”

**Objetivo:** habilitar espacios para la convivencia interdisciplinaria mediante eventos de interés general.

**Actividades:** en esta estación los participantes recorren una carrera de obstáculos con un vaso de agua en la cabeza. Al término de esta el monitor retroalimenta sobre las líneas de producción y su distribución.

### 3.4.9 Estación 7 “Recuerda, son 7”

**Objetivo:** reforzar conocimientos del área de calidad mediante actividades relacionadas con la vida profesional y académica.

**Actividades:** en esta estación los participantes tienen la oportunidad de relacionar las 7 herramientas de calidad mediante un juego de memoria que contiene el nombre y la figura que la representa; pero para esto se debe trabajar en equipo y saltar todos juntos una cuerda que gira alrededor de ellos. Al final el monitor retroalimenta sobre cada una de las herramientas de calidad.

## 3.5 Implementación

Siendo las 10:00 a. m. del 15 de mayo de 2018 se dio inicio al “Primer Rally de Calidad 2018” en el que los participantes conformaron 10 equipos, entre 7 y 10 integrantes y se recorrieron las 7 estaciones dedicadas a temas de calidad y medio ambiente. Entre ellas se realizaron actividades como “Adivina quién soy...” en donde los participantes debían describir teorías de los diferentes gurús de calidad para que su equipo los relacionara y adivinara la procedencia de dicha teoría; una actividad llamada “Recuerda, son 7” dedicada a la identificación de las 7 herramientas básicas de la calidad; tres carreras, una de obstáculos, una carrera de concientización para el cuidado del agua y otra de sacos, todas dedicadas al trabajo en equipo y al logro de objetivos específicos.

Fue el equipo “Los Rufinos”, formado por 8 alumnos de la División de Ciencias Económico-Administrativas, el que logró termi-

nar las 8 estaciones con éxito y en un tiempo récord de 45 minutos, lo que lo hizo acreedor al premio del primer lugar (imagen 8).



**Imagen 8.** Equipo Ganador del *Rally* de Calidad 2018.

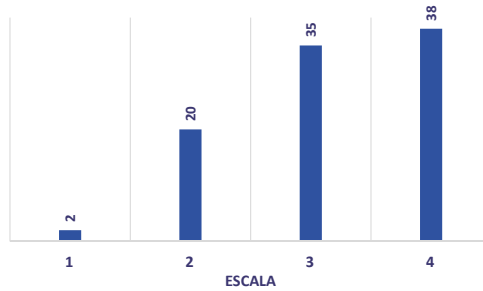
El evento culminó con la premiación y entrega de obsequios a todos los participantes, pero no sin antes dejar claro la importancia de la calidad en aspectos de la vida cotidiana y profesional (véase imagen 9).



**Imagen 9.** Participantes del *Rally* de Calidad 2018.

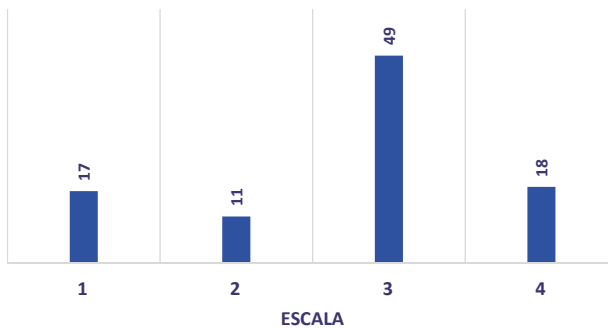
Al concluir las actividades mencionadas se realizó una encuesta de satisfacción aplicada aleatoriamente a 100 asistentes. A continuación, se presentan las preguntas y sus respectivas respuestas:

- a. En una escala de 1 a 4, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo, ¿estás conforme con los conocimientos reforzados en el *Rally* de calidad? (véase figura 11).



**Figura 11.** Conformidad con los conocimientos reforzados en el Rally de Calidad.

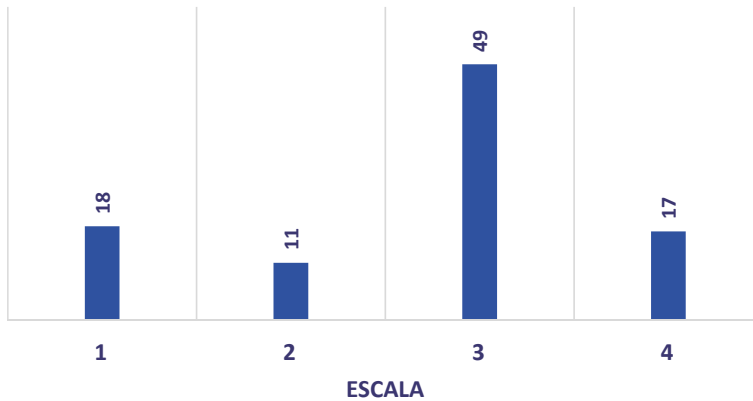
- a. En una escala de 1 a 4, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo, ¿estás conforme con las aportaciones creativas de las actividades realizadas en el *Rally* de calidad? (véase figura 12).



**Figura 12.** Conformidad con las aportaciones creativas de las actividades.



- a. En una escala de 1 a 4, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo, ¿consideras que se atienden 2 o más formas de aprendizaje en las actividades realizadas en el *Rally de calidad*? (véase figura 13).



**Figura 13.** Encuentran 2 o más formas de aprendizaje



# Lúdica 4

## Las Kanbanballs

### 4.1 ¿De dónde partimos?

#### 4.1.1 Concepto

El *kanban* es conocido como

Una técnica que permite el flujo continuo de la producción, en y entre operaciones o puestos de trabajo. Se fundamenta en el sistema halar (*pull*), en el cual el cliente es quien halona la producción, facilitando la autogestión de los procesos, eliminando la programación centralizada. (Acevedo et al. citados en Arango, Campuzano y Zapata, 2015, pp. 223-224).

Esta herramienta juega un rol fundamental en los sistemas de producción justo a tiempo (JIT), ya que comunica las necesidades de cada estación de trabajo. La base para la implementación del kanban es manejar el concepto de sistema *pull*, que consiste en que la producción es halada por la demanda, asegurando de esta forma que los niveles de inventario se mantengan al mínimo y solamente se utilicen los recursos estrictamente necesarios a lo largo de la cadena de valor. Para esto, Arango et al. (2015) presentan una serie de principios, a saber:

- Calidad perfecta a la primera: todo lo que se hace se debe intentar hacerlo bien, no rápido, ya que cuesta más tiempo hacer algo rápido y tener que arreglarlo después, que hacerlo bien desde el principio.
- Minimización del despilfarro: hacer lo justo y necesario, sin entretenerse en otras tareas secundarias o innecesarias (principio YAGNI).

- Mejora continua: ir mejorando continuamente los desarrollos, según los objetivos a lograr y alcanzar.
- Flexibilidad: según los faltantes o pendientes se deciden las tareas a realizar. Las tareas entrantes se pueden priorizar y condicionar según las necesidades puntuales.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con proveedores (p. 224).

### 4.1.2 Evolución a través del tiempo

El método Kanban se origina en la empresa automotriz Toyota en el año de 1956, que implementó en su producción el sistema de arrastre o justo a tiempo, con el propósito de competir en el mercado internacional, mediante la entrega en menor tiempo y a menor costo, con empresas como Ford y Chevrolet. (De los Ríos, 2015, p. 19).

Según Mojarro-Magaña et al. (2018), Taichi Ohno es el padre del *kanban*. Este término significa registro o tarjeta visual, y fue inspirado en las señales de las tiendas de Estados Unidos de América, donde los clientes obtenían lo que necesitaban en el momento preciso y en la cantidad exacta.

Inicialmente el kanban se utilizó en empresas manufactureras del sector automotriz, sin embargo, hasta la fecha el kanban, aunque no haya cambiado en su concepto, ha evolucionado en su aplicación, siendo implementado en el desarrollo de software para ingeniería (Ovais, 2016) y software CRM —*Customer Relationship Management*— (Botia-Mendivelso, Suárez-Valderrama y Romero-Villalobos, 2016); además, hoy en día puede ser aplicado a proyectos de arquitectura, recepción e inspección de materiales y control de proveedores (Mojarro-Magaña et al., 2018).

### 4.1.3 Metodología

En el kanban se usan señales físicas como tarjetas, con el objetivo de guiar el material justo a tiempo a las estaciones de manufactura y enviar información acerca de qué y cuánto producir. La producción se genera de acuerdo con la demanda de la estación siguiente;

en otras palabras, cualquier estación debe producir exactamente la cantidad requerida para cada estación de manufactura (Ovais, 2016).

Además, de acuerdo con Bejarano, Zapata, Pérez y Olvera (2012), una parte fundamental en la implementación del kanban es identificar los tamaños de lote y el número de contenedores a trabajar; en la sección 4.4.4 se detallan las fórmulas para identificarlos.

## 4.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la cuarta lúdica es comprobar el impacto de la implementación de la herramienta kanban de producción, en los procesos de fabricación de una organización. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Identificar el proceso de implementación de kanban en los procesos.
- b. Calcular indicadores de producto, a partir de la implementación del kanban.
- c. Analizar el impacto de implementar kanban en el mejoramiento de los procesos.

## 4.3 ¿Qué necesitamos?

### 4.3.1 Recursos materiales

- 8 pelotas azules.
- 8 pelotas naranjas.
- 8 pelotas rojas.
- 8 pelotas amarillas.
- 8 pelotas verdes.
- 3 mesas.
- 3 cronómetros.
- 4 recipientes para almacenar las pelotas.
- 3 calculadoras.

### 4.3.2 Recursos humanos

- 2 personas para el puesto 1.
- 3 personas para el puesto 2.
- 3 personas para el puesto 3.
- 1 cliente.

### 4.3.3 Recursos físicos

Se requiere de un aula o salón con capacidad máxima de 30 estudiantes. La actividad tendrá una duración aproximada de 60 minutos.

## 4.4 ¿Cómo se hace?

Esta actividad busca mostrar cómo, al utilizar kanban de producción, se pueden reducir los niveles de inventario en el proceso, aménorando así los riesgos de daño de material y minimizando los costos. El proceso consiste en pasar pelotas de una estación a otra, sin tener en cuenta lo que necesita el cliente (primer momento) y según el cliente (segundo momento - con Kanban). Al llegar la pelota a cada zona de trabajo, se simula que es transformada por cada colaborador, por lo cual pasa por cada uno de ellos. Una vez pase por todos los colaboradores, se entrega a la primera persona que recibió la pelota, quien la lanza a al siguiente puesto de trabajo. En este momento la pelota se entrega transformada. Cada pelota que se caiga se considera desperdicio

### 4.4.1 Asignación de roles

El público se dividirá en dos, el primer grupo será el que participe en la actividad pasando las pelotas y haciendo de cliente, el otro grupo deberá analizar el comportamiento de las líneas e identificar las diferencias entre cada línea de producción.

### 4.4.2 Reglas del juego

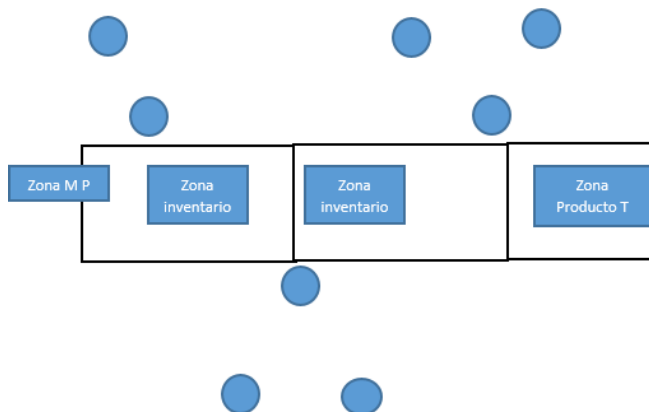
- El grupo de trabajo es el que realizará la simulación del sistema de producción que consta de 3 estaciones, cada una de ellas con:

2 personas en la primera, 3 personas en la segunda y 3 personas en la tercera. Se realizan 2 momentos, uno sin Kanban y otro con Kanban.

- La pelota transformada en la última zona o zona 3, debe ser
- La distancia entre cada estación es de 1,5 metros y entre las personas es de 3 pasos.

#### 4.4.3 Primer momento – Sin Kanban

- Dar instrucciones a las personas de cómo se debe desarrollar la actividad.
- Explicar al subgrupo de observadores, que deben evaluar el comportamiento de la línea de trabajo y registrar: inventario en proceso, cantidad producida por cada color de pelota, ambiente laboral, desperdicios, tiempos de entrega.
- Ubicar las personas del grupo de trabajo en sus puestos y las pelotas en la zona de Materia Prima (MP)



**Figura 14.** Distribución de estaciones de trabajo y personal sin kanban.

- Dar inicio a la actividad sin mencionar cantidad de pelotas a producir y sin definir color. En este caso se acumula el inventario entre los procesos y desperdicios por las pelotas que se caen; el cliente hace los pedidos en intervalos previamente seleccionados (véase tabla 14).

**Tabla 14.** Lista de pedidos de producción.

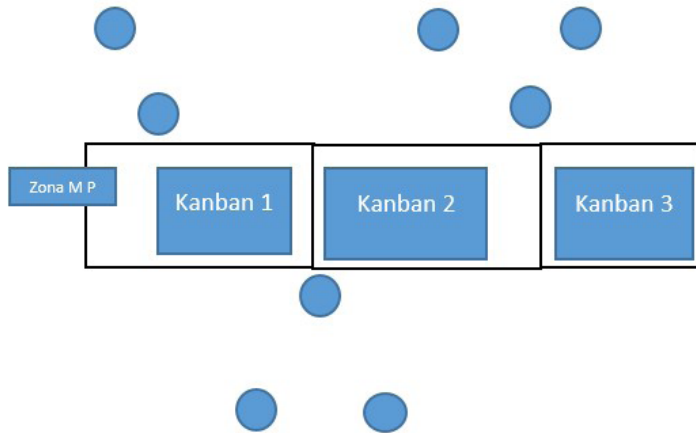
Pedido	Tiempo para realizar el pedido	Pelotas
1	1 minuto	4 rojas y 2 azules.
2	2 minutos	3 verdes 2 amarillas y 1 naranja.
3	3 minutos	1 roja, 4 verdes y 2 amarillas.
4	4 minutos	2 rojas, 4 azules y 2 naranjas.
5	5 minutos	1 roja, 2 azules, 1 verde, 1 amarilla y 3 naranjas.
6	6 minutos	2 rojas, 2 azules, 2 amarillas y 1 naranja.

- Socializar con el grupo de trabajo que inconvenientes se identificaron en el desarrollo de la actividad.

#### 4.4.4 Segundo momento – Con kanban

- Determinar número de Kanban en cada proceso. Tener en cuenta que un factor de seguridad de 1, significa que el kanban es entregado exactamente a tiempo.
- $\text{Demanda diaria} \times \text{tiempo de producción} \times \text{factor de seguridad}$
- Determinar el tamaño de Kanban.
- $\text{Demanda por turno del proceso siguiente} \times \text{tiempo de entrega por turno} \times \text{número de kanban} \times \text{porcentaje de variación}$
- Con base en los resultados de los cálculos anteriores determinar cuántas pelotas se deben tener en cada uno de los espacios de material en proceso y producto terminado.
- Dar inicio a la actividad solicitando las pelotas de acuerdo a la tabla de pedidos de producción, con los kanbans instalados. Se verifican los indicadores de producto en procesos, desperdicios y tiempos de entrega (véase figura 15).





**Figura 15.** Distribución de estaciones de trabajo y personal con kanban.

- Cuando se alcance el número de pelotas establecidos en el tamaño de los Kanban dejar de producirlas.
- Evaluar el comportamiento de la línea de trabajo.

## 4.5 Implementación

Se analizan los resultados y se generan conclusiones a partir de las siguientes preguntas:

- ¿Qué diferencias se observaron en la forma de trabajar en cada uno de los momentos, a nivel de inventario, cumplimiento con los requerimientos del cliente en cantidad, referencia y tiempo?
- ¿Cuáles son los riesgos de tener inventario o faltante de material en un proceso?
- ¿Cuáles son los factores clave para que la producción trabaje justo a tiempo, a nivel e proceso y entre áreas o departamentos de la organización?

Las respuestas de estas preguntas permiten al participante comprender el concepto, propósito y aplicación de la técnica Kanban, la necesidad del enfoque sistémico en las personas y en cada proceso que se realice, la consideración del riesgo y costo que cada operación genera.



# Lúdica 5

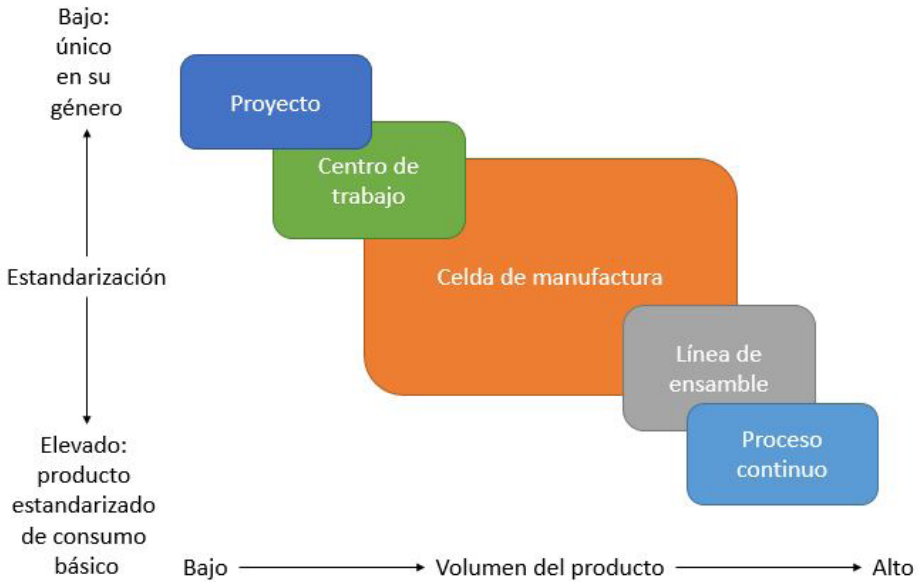
## Célula de trabajo: la guerra del ingenio

### 5.1 ¿De dónde partimos?

Esta lúdica es un ejercicio práctico para la optimización de procesos, está basada en unas instrucciones y unos recursos dados con el fin de resolver, crear y/o innovar en necesidades de situaciones particulares. Se crean equipos de trabajo con el objetivo de diseñar un producto, definir su funcionalidad, asignar un nombre y explicar el flujo interno del proceso para la creación, utilizando para ello las piezas del Macano.

La guerra del ingenio parte del concepto de célula de manufactura o trabajo, que consiste en agrupar una serie de máquinas que no son similares para trabajar en productos que tienen requerimientos de procesamientos y formas similares. Este concepto hace parte de las alternativas para la selección de los procesos de manufactura que, junto con los proyectos, los centros de trabajo, las líneas de ensamble y los procesos continuos, deben ser revisados en detalle para evaluar su pertinencia según los requerimientos organizacionales.

De cierta manera, la célula de trabajo corresponde al área donde se producen bienes simples que tienen requerimientos similares para su procesamiento (Grupo Latino Editores, 2010). A continuación, en la figura 16, se hace una representación gráfica de la gestión estratégica de la distribución.



**Figura 16.** Gestión estratégica de la distribución.

Fuente: Grupo Latino Editores (2010).

Estas celdas están diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procedimientos aplicados en una variedad limitada de productos. En una empresa se pueden disponer de varias células de manufactura en las diferentes áreas, disponiendo de sus respectivas métricas, programaciones, requerimientos y capacidad de respuesta.

Por último, según Salazar (2019a), la implementación de este tipo de estructuras *lay out*:

- Mejora el flujo de las operaciones de la planta.
- Reduce los inventarios en proceso.
- Crea procesos flexibles, puesto que debe proponerse como un objetivo el poder producir diversas referencias en una misma célula de trabajo.
- Mejora el aprovechamiento del recurso humano.
- Reduce transportes, manipulaciones e inspecciones repetidas.
- Mejora las condiciones físicas para el mantenimiento de los equipos (párr. 5).

## 5.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la quinta lúdica es ilustrar la manera en la que se pueden resolver diferentes necesidades en un contexto y situación específicos, por medio de instrucciones básicas y herramientas para el desarrollo de las actividades, con valor agregado, creativo e innovador. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- Desarrollar con ejercicios lúdicos estrategias transversales a la formación, que permitan en los participantes el despliegue con sentido crítico de maneras creativas e ingeniosas según el entorno y situación que lo rodea.
- Exponer los beneficios en ejercicios productivos de la herramienta *lean* como planeación, toma de decisiones, disminución de tiempos y optimización de recursos.
- Mostrar la herramienta *lean*, célula de trabajo, como una metodología para la organización del trabajo de forma estandarizada según los recursos disponibles, restricciones y objetivos de productividad a ser alcanzados.

## 5.3 ¿Qué necesitamos?

### 5.3.1 Recursos materiales

- Papel reciclable.
- Mecano con aproximadamente 240 piezas de ensamble en madera de diferentes formas y colores (véase imagen 10).
- Marcadores.



Imagen 10. Piezas del Mecano.

### 5.3.2 Recursos humanos

- 1 Estudiante Semillerista para liderar la lúdica
- 2 Estudiantes Semilleristas para orientar el alistamiento y desarrollo de la lúdica
- 1 Docente para la generación de conclusiones

### 5.3.3 Recursos físicos

Se requiere de un aula o salón con capacidad máxima de 30 estudiantes. La actividad tendrá una duración aproximada de 30 minutos.

## 5.4 ¿Cómo se hace?

Se busca crear una analogía entre la aplicación de los pasos de implementación para las estructuras de celdas de manufactura y los pasos que se utilizan para el desarrollo de la lúdica. Para esto, primero se deben:

- a. Determinar las cantidades de material a tener.
- b. Analizar las condiciones de ergonomía y seguridad.
- c. Aplicar principios de economía de movimientos (Salazar, 2019b).

### 5.4.1 Etapa preliminar

En la etapa preliminar se debe:

- a. Determinar el objetivo, el alcance, y la documentación del proyecto. Para la lúdica se explican las reglas básicas del reto, se muestran las piezas con las cuales se va a desarrollar la lúdica y se esboza cuál va a ser el objetivo final (imagen 11).
- b. Establecer el equipo de trabajo. Para esta fase se realiza un ejercicio de frustración mental, en el cual se forman equipos de 4 personas, donde cada uno debe dibujar casas según las instrucciones del director de la lúdica cada en menos tiempo, la idea es no repetir ninguna casa y entre los integrantes del equipo seleccionan al mejor para ser el líder.



**Imagen 11.** Etapa preliminar. Célula de trabajo.

- c. Formar en conceptos básicos sobre *lean* y los aspectos más relevantes de la manufactura celular, células de trabajo, desperdicios y mudas; para un mejor desarrollo de la lúdica.

#### 5.4.2 Durante el evento piloto

En el evento piloto se deben establecer un par de indicadores iniciales en relación con la eficiencia de la distribución actual, condiciones de calidad, *lead time*, cumplimiento de plazos de entrega, niveles de inventario, entre otros. Cada líder toma 20 fichas del Mecano que llevará a su equipo de trabajo.

Paso seguido, se da una clasificación a los productos generados. Se les da la instrucción a los equipos para que diseñen algo, pero con las siguientes condiciones: deben hacer uso de todas las piezas, partir de una necesidad del entorno y aplicar conceptos ingenieriles.

- a. Elegir una familia de productos para iniciar una implementación piloto. Deben asignarle una propuesta comercial al producto seleccionado, para lo cual se les da aproximadamente 15 minutos para la realización de la actividad.
- b. Documentar gráficamente el flujo real del proceso. Deben hacer un diagrama de ensamble del producto elaborado.
- c. Generar el mapa de flujo de valor actual con sus respectivas fallas, defectos y posibles oportunidades. Además, deben anotar

- posibles fallas que tendría el producto en su fabricación en serie, qué defectos presentaría de las 7 + 1 mudas existentes.
- d. Generar el diseño de la nueva célula de manufactura. Luego tienen 5 minutos para intercambiar 5 piezas de las que se tienen que no cumplan o no sirven por otras 5 piezas.
  - e. Diseñar un plan de acciones para pasar de la situación actual a la ideal (planificada y esbozada). Con base en las piezas que cambiaron, mejorar el diseño presentado y en una hoja y un marcador para que le den un nombre a su creación.
  - f. En la ejecución del plan de acción debe participar todo el equipo implicado en el proceso. Luego el líder del grupo da la explicación de qué es, para qué sirve el proyecto, detallando cuál fue la necesidad abordada, los conceptos ingenieriles usados y el objetivo final de su solución (imagen 12).



**Imagen 12.** Célula de trabajo: evento piloto.

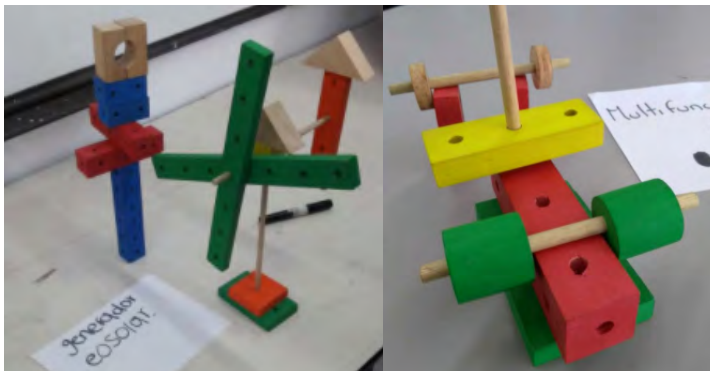
- g. Esclarecer los indicadores de la nueva célula de trabajo. Finalmente, dejar claros los impactos generados con la innovación presentada gracias al paso a paso de la célula de trabajo diseñada en el proceso de ensamble de su innovación.



### 5.4.3 Generando la nueva célula de manufactura

En la última etapa deben:

- Determinar las cantidades de material a tener. Se intercalan los equipos, es decir, cada grupo se desplaza hacia la ubicación de otro grupo cualquiera dejando la célula de trabajo en su sitio.
- Analizar las condiciones de ergonomía y seguridad. Cada grupo realiza una invención o una mejora a la invención, sin afectar su funcionalidad. Se valoran las condiciones de trabajo de la célula de trabajo de trabajo.
- Aplicar principios de economía de movimientos. Se identifica cuál fue la modificación que se le dio al nuevo producto y se realiza la respectiva sustentación, aplicando la economía de movimientos (imagen 13).



**Imagen 13.** Pilotos de células de trabajo.

Como actividad evaluativa, en el desarrollo de la actividad se da un “valor” y un mérito a los equipos que alcancen de la mejor manera los objetivos propuestos por los expositores encargados según criterios indicados al comienzo de cada actividad.

Como instrumento de seguimiento se tiene la implementación y simulación de soluciones a problemas reales con una necesidad específica, es decir, plantear retos de entorno real que, a través de criterios como optimización de recursos, manejo de materiales, asignación de tiempos, evidencien una propuesta de solución al reto planeado.

## 5.5 Implementación

Al final del ejercicio se buscó dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué aprendieron luego del ejercicio?
- ¿Fue difícil usar la nueva herramienta?
- ¿Cuál fue el papel de la célula de manufactura en el ejercicio?

Estas preguntas se abordaron con el objetivo de mostrar los diferentes aprendizajes:

**Saber-Conocer.** Identificación de actividades encaminadas a darles soluciones a necesidades del entorno, encontrando la manera más eficaz de desempeñar una labor en un proceso.

**Saber-Hacer.** Desempeñar diferentes actividades y labores siguiendo instrucciones sencillas, utilizando diferentes elementos que tiene a su alcance.

**Saber-Ser.** Desarrollo de la disciplina y trabajo en equipo, con la disposición de adquirir nuevos conocimientos y experiencias.

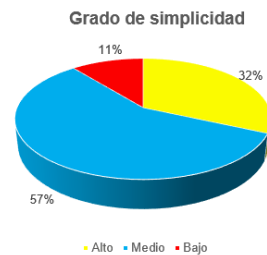
En cuanto a la evaluación de la lúdica se tiene que el 92% de los participantes califican como Alto el nivel de realidad de la lúdica (figura 17), 84% como Excelente al grado de diversión (figura 18) y 58% como Alto al grado de simplicidad (figura 19).



**Figura 17.** Nivel de realidad de la lúdica Célula de trabajo.



**Figura 18.** Grado de diversión de la lúdica Célula de trabajo.



**Figura 19.** Grado de simplicidad de la lúdica Célula de trabajo.

Los participantes refieren que durante la lúdica aprendieron sobre:

- La elaboración de propuestas para resolver problemas.
- Argumentos para superar la realidad de lo creado.
- Optimización de recursos e innovación.
- Resolución de problemas con restricciones.
- Diferentes células de trabajo, mejora continua.

En relación con los cambios o mejoras que se pueden implementar en futuras versiones de la lúdica los participantes mencionaron:

- Más tiempo para organizar ideas.
- Tamaño de los grupos más pequeños.
- Brindar conceptos teóricos antes de la práctica.
- Entregar más materiales, es decir, una cantidad mayor de piezas para la construcción de los pilotos.



# Lúdica 6

## Estudio de tiempos en mesa rotatoria octogonal

### 6.1 ¿De dónde partimos?

El estudio de los tiempos, métodos y movimientos que efectúan las personas en el desempeño de sus labores diarias es conocido también como medición del trabajo. Consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándose según una norma de ejecución preestablecida. Esta actividad comprende la técnica de establecer un tiempo estándar para realizar una actividad determinada, y tiene como fundamento: la medición del contenido de trabajo a realizar, el método utilizado para hacerlo y las tolerancias necesarias para compensar la fatiga del trabajador, retrasos y demoras personales del estudio (García, 2005; CRODE, 2019).

Desde el siglo XVIII en Francia, se comenzaron a realizar los primeros estudios de tiempo. En ese momento, Perronet realizó estudios acerca de la fabricación de alfileres. Tiempo después, a finales del siglo XIX, con los trabajos de Frederick Taylor, estos estudios fueron conocidos y se difundieron. El mismo Taylor, “padre de la administración científica”, desarrollo el concepto de “tareas”, en el que se estableció que a través de la administración se encarga de la planeación del trabajo de cada persona en la fábrica y que cada trabajo debería tener un tiempo estándar basado en el desempeño del mejor operario calificado que se tuviera. Posteriormente, los esposos Gilbreth tomaron como base estos estudios de Taylor, los mejoraron y ampliaron, teniendo en cuenta el estudio de movimientos, en el cual se divide en 17 movimientos fundamentales cualquier

trabajo, que recibieron el nombre de Therbligs (que es su apellido al revés).

El estudio de tiempos y movimientos tienen como objetivo lo siguiente (López, Alarcón y Rocha, 2013):

- a. Busca el mínimo de tiempo requerido para realizar el trabajo
- b. Minimizar los costos y el uso óptimo de recursos.
- c. Asegurar que la producción de los productos sean confiables y de calidad
- d. Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.

El analista del estudio de tiempos tiene a su alcance varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar, entre ellas se pueden citar: el estudio cronométrico de tiempos, la recopilación computarizada de datos, los bancos de datos estándar, datos de los movimientos fundamentales, estimaciones basadas en datos históricos, así como sistemas de tiempos predeterminados (García, 2005).

Cada uno de estos métodos tiene su aplicación en ciertas condiciones y el analista de tiempos y movimientos debe decidir, con base en su experiencia y capacidad, cuáles de ellas utilizar en una situación específica (García, 2005).

A pesar de la pérdida de popularidad de los estudios de tiempos y movimientos a fines del siglo xx (Adler, 1993), ellos han recuperado su estatura y son ahora una herramienta esencial para el análisis y mejora de los procesos de manufactura (Abbas, Abbas & Khan, 2016; Vijai, Somayaji, Swamy & Aital 2017). Todas estas técnicas se aplican ampliamente para elevar la productividad de aquellos procesos industriales que, por su naturaleza, demandan el uso de grandes cantidades de mano de obra, tales como las manufacturas electrónicas, textiles, enseres domésticos y autopartes (García, 2005).

Por lo anterior, es necesario que un equipo bajo diferentes circunstancias permita el estudio de las condiciones de trabajo de los operadores. La mesa rotatoria octogonal responde a esta necesidad, y ha sido concebida para facilitar este estudio (García, 2005; CRODE, 2019).

## 6.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la sexta lúdica es analizar y evaluar un estudio de tiempos, para familiarizar al estudiante con las técnicas que un analista de tiempos utiliza de manera cotidiana, y que aplica en situaciones reales, modificando las condiciones de operación, sugiriendo y ensayando nuevos métodos para obtener mejores resultados, y finalmente, estimulando su imaginación y creatividad. Los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Calcular el *takt time* para la actividad de ensamblaje de una lámpara de mano, suponiendo que se necesita cumplir con una demanda de 800 piezas en dos turnos.
- b. Realizar el ensamble de una lámpara de mano, bajo las mismas condiciones seleccionadas de la mesa rotatoria.
- c. Evaluar el método de movimientos propuesto para la realización de la actividad.

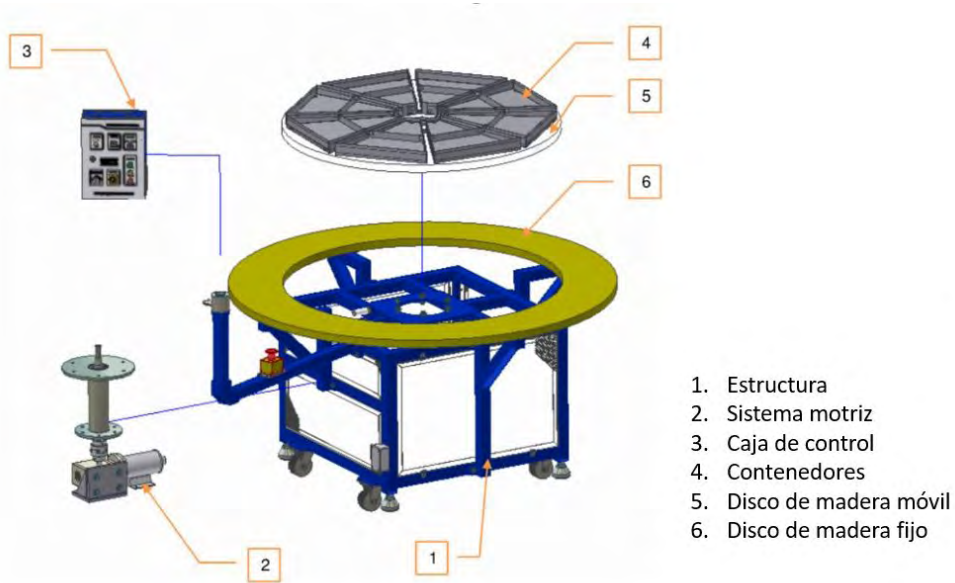
## 6.3 ¿Qué necesitamos?

### 6.3.1 Recursos materiales

- Mesa rotatoria octogonal (figura 20).
- 8 lámparas de mano (figura 21).
- 1 hoja para estudio de tiempos.
- 1 cronómetro.

### 6.3.2 Recursos humanos

- Tallerista, que realiza la presentación de la lúdica.
- Ayudante, para apoyar al primero. Hace la función de analista.
- 8 participantes que hacen la función de operadores.



**Figura 20.** Esquema de mesa rotatoria octogonal.

Fuente: CRODE (2019).

## 6.4 ¿Cómo se hace?

La lúdica se basa en establecer un tiempo estándar límite para realizar una actividad (en nuestro caso, el ensamble de una lámpara), con lo que se tiene en cuenta el método de trabajo propuesto previamente. Es importante apuntar que para definir el tiempo medido se consideran aspectos como: la fatiga, las demoras personales, el hecho de estar de pie durante la actividad y los retrasos inevitables.

Las etapas de preparación son muy importantes para la realización correcta de esta lúdica, por lo que es importante tener a la mano todo lo necesario.

### 6.4.1 Antes de comenzar el estudio

- a. Colocar las lámparas desarmadas en los contenedores del plato central, una en cada contenedor.



- b. Energizar la mesa girando el interruptor principal a la posición de encendido, para iniciar la operación.
- c. Seleccionar en el panel de control las condiciones siguientes:
- Giro de la mesa en sentido horario.
  - Movimiento continuo.
  - Velocidad de rotación aproximada de 9 rpm (60%).
  - Tiempo de espera entre ciclos 0 segundos.

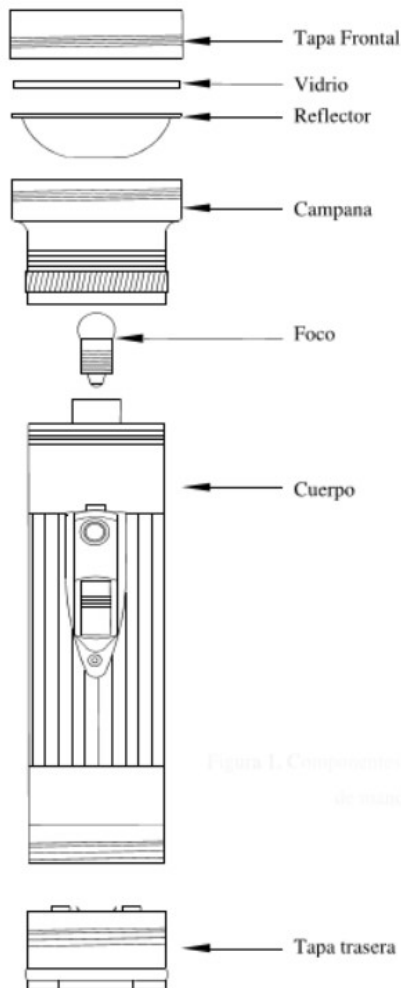


Figura 1. Componentes de la lámpara

**Figura 21.** Esquema de la lámpara.

- d. Se calcula un *takt time* para una demanda especificada y un tiempo disponible señalado.
- e. Se coloca de forma visible el método propuesto, el esquema de la lámpara y las fotografías de cada uno de los elementos de la lámpara. Esto es a manera de guía para un operador que no se encuentre plenamente capacitado en el método.

### 6.4.2 Preparación

El operador y el analista deben ocupar su lugar en la mesa; la operación se desarrollará de acuerdo con el método y con los movimientos especificados a continuación:

- a. La tapa frontal se toma con la mano derecha, y al mismo tiempo, con la mano izquierda, se toma el vidrio-plástico, se coloca en la tapa frontal y se deja en la mesa.
- b. Con la mano derecha se toma el cuerpo de la lámpara, y al mismo tiempo, con la mano izquierda, se toma el subensamble (reflector-campana-foco). Se coloca el cuerpo de la lámpara en el subensamble (reflector-campana-foco), y se deja en la mesa.
- c. Con la mano derecha se sostiene el subensamble del punto 2 y con la mano izquierda se toma el subensamble del punto 1, y se enroscan; una vez terminado se deja la lámpara sobre la mesa.
- d. Se toma la lámpara con la mano derecha, y al mismo tiempo el empaque con la mano izquierda, se introduce la lámpara en el empaque y se coloca en la mesa.
- e. Con la mano derecha se toman las pilas y se colocan dentro del empaque. Se coloca en la mesa.
- f. Con la mano derecha se toma la engrapadora, y al mismo tiempo, con la mano izquierda, el empaque, se simula la operación de engrapar sellando el empaque, se deja el empaque en la mesa terminando el ensamble.

### 6.4.3 Durante el estudio

- a. El analista anota los tiempos de los operadores para cada uno de los 6 movimientos (en segundos).

- b. El operador debe claramente terminar los movimientos establecidos y no moverse del sitio.

#### 6.4.4 Después del estudio

- a. El analista realiza la sumatoria de los 6 tiempos, el cual será el tiempo normal del operador.
- b. El analista calcula el tiempo estándar, teniendo en cuenta la tolerancia de 15% más (6% fatiga, 6% aspectos personales, 3% estar de pie).
- c. El analista calcula las piezas por hora y el número de piezas a producir en el tiempo disponible señalado.
- d. Se anotan los resultados en el formato disponible para este fin (se anexa formato).
- e. El analista anota en la parte de observaciones las incidencias de la prueba, problemas observados, propuesta de mejora en el método, entre otros.

### 6.5 Implementación

Para la implementación de esta lúdica se realizó en la mesa rotatoria octogonal ubicada en el laboratorio de control de calidad de la División de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guanajuato; en la ciudad de Guanajuato, México. El tallerista explica la realización de la lúdica y supervisa su desarrollo. El ayudante realiza las tareas señaladas en la sección anterior, de acuerdo con los pasos establecidos, y los participantes realizan la función de operadores.

El alcance de cada estudio depende el objetivo. Para este caso el objetivo es puramente académico, por lo que la necesidad de estructuras estrictas para la realización de esta actividad es inoperante.

Al finalizar la actividad, se realiza un informe del estudio a manera de reporte, estableciendo requisitos formales y anexando el formato de trabajo con los resultados (véase tabla 15).

**Tabla 15.** Formato de trabajo “Producción de producto”

PRODUCCION DE PRODUCTO											
Lugar: _____	Fecha: _____										
Turno: _____	Takttime: _____										
Número de operadores: _____											
Nombre del producto:											
	mov1	mov2	mov3	mov4	mov5	mov6	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estandar	Piezas por hora	Piezas en 16 horas
op A											
op B											
op C											
op D											
op E											
op F											
op G											
op H											
op I											
op J											
Promedio											
Propuesta, comentarios y observaciones											

- a. Se escriben los datos de lugar, turno, fecha, *takt time* y número de operadores a los que se les aplicará el estudio (para el caso de la lúdica, todos los datos son hipotéticos).
- b. Se coloca el nombre del operador al que se le aplica el estudio.
- c. Se toman los datos de los tiempos (en segundos) directamente del proceso de realización del estudio, dividiéndolo para cada uno de los movimientos cronometrados.

- d. Se realiza la sumatoria de todos los movimientos y se calcula el tiempo normal de todo el proceso del operador analizado.
- e. Se anexa el 15% de tolerancia al tiempo normal registrado (correspondiente a que se tienen en cuenta aspectos como la fatiga, los aspectos personales y el hecho de estar de pie), resultando de esta operación el valor del tiempo estándar.
- f. Del dato anterior, se puede calcular el número de piezas por hora y el número de piezas producidas en 16 horas (2 turnos), con el objetivo de contrastar el resultado con el *takt time* establecido y verificar el cumplimiento de la demanda planteada.
- g. Colocar cualquier observación del estudio, en la parte de abajo del formato.

Se pueden realizar los ensayos que se consideren necesarios para cada operador y realizar el análisis estadístico correspondiente, para aumentar la certeza de las conclusiones del estudio.

Por último, resulta importante señalar el registro de las observaciones de todo el estudio y sobre el método en que se está realizando, para buscar áreas de mejora en ambos.



# Lúdica 7

## Toma de decisiones aplicando teoría de colas

### 7.1 ¿De dónde partimos?

En muchos casos de la vida cotidiana aparecen las líneas de espera: llamadas telefónicas a una central, aviones que requieren autorización para aterrizar, vehículos que esperan a que el semáforo cambie, máquinas que están a la espera de un servicio de mantenimiento, personas que requieren atención médica y procesos industriales en las que unos productos están en espera para pasar de una fase a otra (González, 2010). Esta situación es debida a que, casi siempre, la capacidad de servicio es menor que la capacidad demandada (Arias, Portilla y Fernández, 2010). Es por esto que es importante plantear modelos matemáticos que puedan responder a la necesidad de balancear y encontrar el punto óptimo que minimice el costo del número de servidores dispuestos y el tiempo de espera de los clientes. Es en este caso donde cobra importancia el modelo de teoría de colas o también llamado modelo de líneas de espera.

En los modelos de colas se buscan dos objetivos primordiales a optimizar: minimizar los tiempos de espera en el sistema y minimizar el costo total de funcionamiento del sistema. “Estos objetivos suelen ser conflictivos, ya que para reducir el tiempo de espera se necesita poner más recursos en el sistema, con el consiguiente aumento de los costos” (Amaya, 2009, p. 82).

En la mayoría de los modelos de colas el proceso se inicia con la llegada de los clientes o entidades que requieren un servicio, estos clientes se generan a lo largo del tiempo desde una fuente de entrada determinada por el total de clientes potenciales. Cuando el cliente llega, pasa donde un servidor que está libre y si los servidores están

ocupados se une a una cola a esperar ser atendido. Cuando se libera un servidor se selecciona un miembro de la cola para proporcionarle el servicio, esta selección obedece a alguna regla conocida como disciplina de cola. Posteriormente se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente mediante un mecanismo de servicio compuesto por el total de servidores, y finalmente el cliente sale del sistema al completar el servicio requerido (Hillier y Lieberman, 2010).

Por un lado, la figura 22 presenta un esquema de un sistema de líneas de espera básico para una sola cola y un servidor. Por otro lado, la figura 23 presenta un esquema de un sistema de líneas de espera con varios servidores en paralelo en la que los clientes llegan y se disponen en una cola de espera si todos los servidores están ocupados.

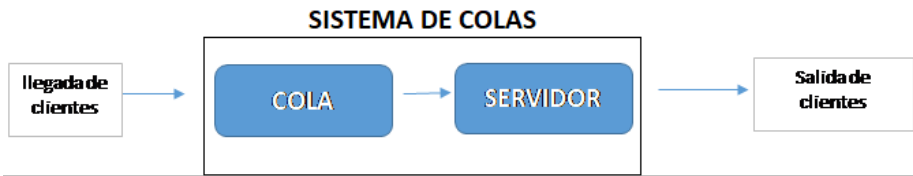


Figura 22. Sistemas de una cola y un servidor.

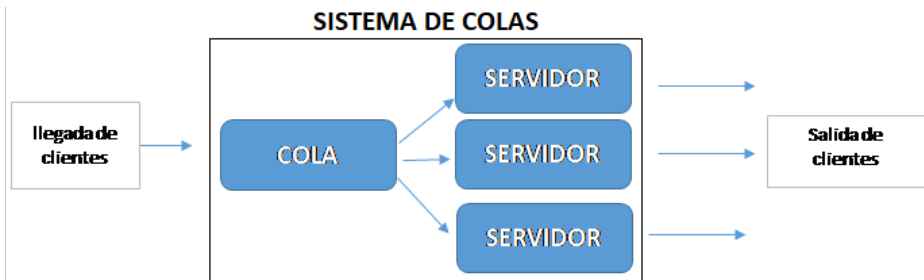


Figura 23. Sistemas de una cola y múltiples servidores.

Según Quesada (1997) los elementos básicos de un sistema de colas son:

Llegadas. Clientes que llegan al sistema en busca de un servicio que pueden ingresar individualmente o en lotes; a intervalos regulares o con un patrón aleatorio; que pueden provenir de una población infinita (muy grande) o de un conjunto finito.



**Servicio.** Tiempo requerido para concluir el servicio, que puede ser el mismo para cada cliente o variar en forma aleatoria. Puede existir uno o varios servidores.

**Disciplina.** Cuando los clientes esperan por el servicio puede haber una sola cola o varias para cada servidor o una para varios servidores. El espacio de la cola puede ser limitado y los clientes que llegan cuando la cola está llena pueden retirarse (rechazado). El orden de los servicios se puede basar en la regla FIFO (primero en entrar primero en salir), pero también es posible que exista un servicio rápido o prioritario para algunos clientes.

Según Hillier (2010), los indicadores de desempeño básicos en los modelos de gestión de colas son los siguientes:

- Promedio de llegada de clientes al sistema por unidad de tiempo ( $\lambda$ ).
- Promedio de clientes a los que se les da servicio por unidad de tiempo ( $\mu$ ).
- Número de servidores ( $S$ ), que corresponde a canales de servicio disponibles.
- Tasa de utilización del sistema ( $\rho$ ), que es la fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados, definida según la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\lambda}{s \times \mu}$$

Donde:

- Si  $\rho < 1$  entonces el sistema está en estado estable y la cola no crece infinitamente.
- Si  $\rho > 1$  entonces se considera un sistema que colapsa y la cola crece sin fin.

$Wq$  = tiempo promedio de espera en la cola.

$Lq$  = número promedio de personas en la cola.

## 7.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la séptima lúdica es comprobar la importancia de la aplicación de un modelo simple de teoría de colas, identificando y calculando los indicadores básicos de gestión de desempeño de teoría de colas. Y los objetivos específicos son:

- a. Identificar la estructura general de un sistema de colas y sus componentes principales como número de servidores, tiempo de espera y números de personas en cola.
- b. Calcular indicadores básicos de desempeño de los modelos de gestión de teoría de colas
- c. Deducir qué implicaciones tienen los cambios en los componentes principales de la teoría de colas en el mejoramiento en la respuesta al cliente.

## 7.3 ¿Qué necesitamos?

Para la realización de la correspondiente lúdica, en la cual se aplica el modelo de teoría de cola, se requiere contar con los siguientes recursos por cada equipo de trabajo.

### 7.3.1 Recursos materiales

- 1 hoja de block para marcar y limitar la zona correspondiente a la fila de clientes.
- 1 hoja de block para marcar y limitar la zona atención de servidor.
- 1 formato para registrar las horas de llegadas de los clientes (tabla 17).
- 1 formato para registro de tiempo de servicio del servidor (tabla 18).
- 1 formato de tiempo y número de personas en cola (tabla 19).
- 45 fichas de papel para registro de hora de entrada e inicio de servicio (imagen 15).
- 1 dado para definir tiempo de llegada aleatoria de cliente.
- 2 dados para simular tiempo de servicio del servidor.

- 45 objetos de igual apariencia para identificar cada cliente que llega. Pueden ser piezas plásticas del juego parqués, bloques de legos, tornillos, clavos, etc.

### 7.3.2 Recursos humanos

Para la lúdica se pueden conformar varios equipos de trabajo teniendo en cuenta que cada equipo debe estar formado por 5 personas (1 cliente, 1 servidor, 1 reloj, 1 analista de cola y 1 registro de ficha).

### 7.3.3 Recursos físicos

Para el desarrollo de esta lúdica se requiere una mesa rectangular en la que se ubicarán las hojas de block con la zona de clientes en cola y servidor, tal como se observa en la figura 24. Además, se necesitan 5 sillas para cada participante del equipo. La lúdica tiene una duración de 1 hora y 30 minutos.

## 7.4 ¿Cómo se hace?

Esta lúdica está dividida en dos fases; una primera fase de simulación y una segunda fase de análisis los indicadores de teoría de colas.

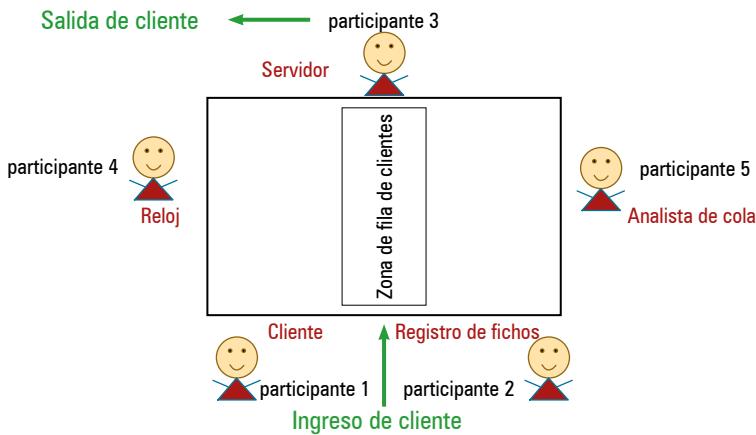
La primera fase consiste en un escenario en el que se cuenta con un servidor y los clientes van llegando y formando una sola cola con disciplina de cola tipo FIFO (atender primero a quien llegó primero). Con esta simulación se busca reconocer algunos de los factores que afectan el comportamiento de colas, como tiempo de espera y número de personas en cola.

En la segunda parte los participantes de la lúdica deben realizar los cálculos matemáticos con fórmulas de las principales variables involucradas en el análisis de colas teoría de colas como son: promedio de llegada de clientes al sistema por unidad de tiempo ( $\lambda$ ), promedio de clientes a los que se les da servicio por unidad de tiempo ( $\mu$ ) y tasa de utilización del sistema ( $\rho$ ).

### 7.4.1 Antes de comenzar la primera fase

Los participantes deben formar equipos de trabajo de 5 personas con cargos especificados en el apartado 7.3.2. Cada equipo por separado debe desarrollar las etapas que se describen en esta lúdica.

La disposición de los integrantes del equipo de acuerdo con su función, alrededor de la mesa, será la siguiente: cliente y registros de fichas a un lado de la mesa, en el lado opuesto de la mesa estará el integrante que cumple la función de servidor junto a la hoja demarcada como servidor. El integrante con función de reloj se ubicará en uno de los lados de la mesa aún no ocupadas por sus compañeros y el analista de colas en el lado opuesto a la persona que realiza la función de reloj. El objetivo es que los integrantes se ubiquen alrededor de la mesa y puedan tener una buena visualización de lo que está sucediendo en cada simulación. En el centro de la mesa estará la zona de cola de clientes.



**Figura 24.** Ubicación de participantes (sistema de colas).

Cada participante ubicará los formatos que deben diligenciar de acuerdo con la función que se le asignó. Uno de los dados estará al lado del cliente y los otros dos al lado del servidor (véase imagen 14).

Los objetos para identificar los clientes se van a ir moviendo a medida que avanza la simulación desde la zona de ingreso, luego en

la zona de cola si tiene que esperar a ser atendido, después zona de servidor y por último zona de salida de cliente.



**Imagen 14.** Ubicación de formatos y fichos en la simulación de sistema de colas.

La lúdica simula un proceso de llegada de clientes y servicio en mostrador en una heladería que ofrece desde helados sencillos hasta *waffles* con diferentes adiciones de dulces combinados con helados. Cada producto tiene un tiempo de preparación diferente, el cual será simulado con el resultado en el lanzamiento de dos dados. La llegada de los clientes a la heladería tiene un tiempo aleatorio y será simulado con el lanzamiento de 1 dado.

El objetivo principal de esta actividad es identificar las principales variables utilizadas en teoría de colas para un sistema en el cual se forma fila de espera y verificar cómo, a través de la aplicación de fórmulas sencillas, se puede determinar cuántos servidores será necesario utilizar para optimizar el servicio.

Se simularán dos horas de jornada en la heladería. Los datos que se utilizarán para la realización de la simulación son los siguientes:

- Hora supuesta de inicio simulación: 8:00 a. m.
- Hora supuesta de finalización de simulaciones: 10:00 a. m.

### 7.4.2 Supuestos de trabajo

- a. Se inicia la simulación suponiendo que la heladería abre a las 8:00 a. m.
- b. Se realiza la simulación hasta que el tiempo acumulado llegue a las 10:00 a. m., momento en el cual se deja de registrar datos y se analizan resultados.
- c. Se supone que en el momento de iniciar la simulación (8:00 a. m) no hay ningún cliente en la heladería y los clientes irán llegando de acuerdo a un valor definido por el resultado del lanzamiento de un dado, que puede ir entre 1 a 6 minutos; es decir, si al lanzar el dado por el participante que cumple la función de cliente le sale el número 3, entonces el primer cliente llegaría a las 8:03 a. m.; es decir, a las 8:00 a. m. se le suma el resultado del dado.

### 7.4.3 Simulación

La simulación se inicia con la ejecución de la simulación con hora teórica de 8:00 a. m. Para los 5 participantes de la lúdica se definen las siguientes actividades:

**Reloj.** Informa en todo momento a qué hora teórica se encuentra la simulación, al iniciar informa que son las 8:00 a. m. Su función principal está en auditar y orientar que todos los movimientos que realice el cliente dentro del sistema, y que todos los participantes estén sincronizados en la hora que se está simulando y se pueda visualizar a lo largo de la jornada cómo se comporta la cola.

**El Cliente.** Es quien inicia la simulación con el lanzamiento de 1 dado. Las funciones que tiene asignadas dentro de la lúdica son: ubicar el objeto que se haya escogido para identificarse como un cliente (por ejemplo, una pieza de parqués) sobre la mesa cada vez que se realice el lanzamiento del dado. Si el servidor está ocupado se ubica en zona de cola, sino se desplaza directamente a atención por servidor. El resultado del lanzamiento del dado corresponde al tiempo entre llegadas del cliente.

Para explicar el registro de tiempo entre llegadas del cliente se da el siguiente ejemplo: si al inicio de la simulación al lanzar el dado sale el número 5, significaría que el cliente 1 llegaría a las 8:05 a. m. Para el cliente 2, se lanza el dado por segunda vez y si se supone que sale el número 3, este resultado se le sumaría al tiempo de llegada del cliente anterior, es decir a las 8:05 a.m. se le suma 3 minutos dando como resultado hora de ingreso 8:08 a.m., y así sucesivamente se van acumulando los tiempos en el formato (véase tabla 16).

El rol de reloj es fundamental para poder visualizar el comportamiento de la cola, pues este es quien va indicando la hora en que va la simulación con el fin de que el participante con rol de cliente y el participante con rol de servidor estén sincronizados. Esto quiere decir que el participante con rol de cliente no puede estar ingresando fichas de parqués a la cola sin tener en cuenta la hora en que va la simulación. Por ejemplo, el servidor no puede atender al cliente de las 8:30 a.m. y en ese mismo instante entrar a la cola al cliente de las 9:00 a. m.; es decir, ninguno puede adelantarse en el tiempo, generando eventos y una cola irreal.

En la imagen 15 se ilustran las funciones del cliente: lanzamiento de dados, ubicación y/o desplazamiento de piezas y diligenciamiento de formatos.

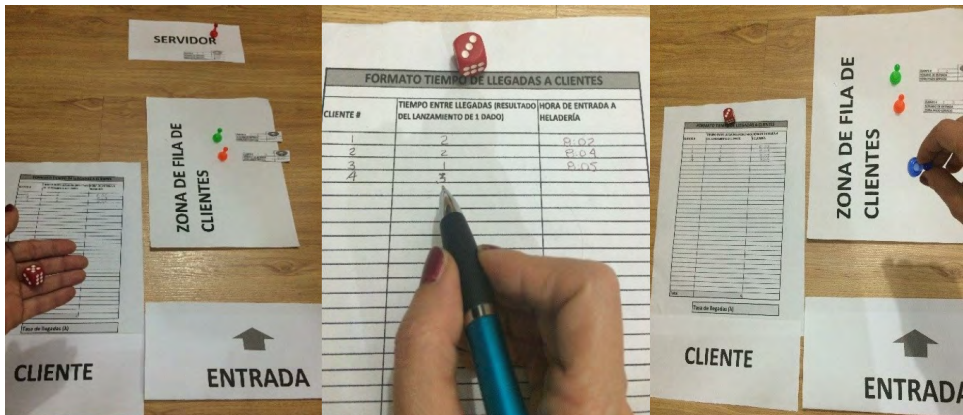


Imagen 15. Funciones del cliente.

Además, se debe imprimir un formato Tiempo de llegada de clientes (tabla 16) por cada grupo y debe diligenciarse de la siguiente forma:

- En la columna cliente se asigna el número uno para el primer cliente, el dos para el segundo cliente y así sucesivamente.
- En la columna tiempos entre llegadas, se anota el resultado del lanzamiento de 1 dado.
- En la columna hora de entrada a heladería se registra la suma la hora del cliente anterior más el lanzamiento del dado, para el primer cliente se le suma a las 8:00 a. m. el lanzamiento del dado.

**Tabla 16.** Formato: Tiempo de llegadas de clientes.

Cliente #	Tiempo entre llegadas (resultado del lanzamiento de 1 dado)	Hora de entrada a heladería
1	5	08:05
2	3	08:08
3	1	08:09
...	...	...
34	2	09:48
35	2	09:50
36	4	09:54
37	6	10:00
Total		

Tasa de llegadas ( $\lambda$ )

- Al finalizarse la simulación (10:00 a. m.), se procede a sumar la columna tiempo entre llegadas y registrar el resultado en la casilla total.
- Por último, se realiza en conjunto con el equipo el cálculo de  $\lambda$  (promedio de llegada de clientes por hora), según la ecuación:

$$\lambda = \frac{\text{Total de clientes que ingresaron}}{\text{Total de tiempo entre llegadas}} \times 60$$

Por ejemplo, como se puede ver en la tabla 16 el total de clientes que ingresó de 8 am a 10:00 a. m. fue 37.

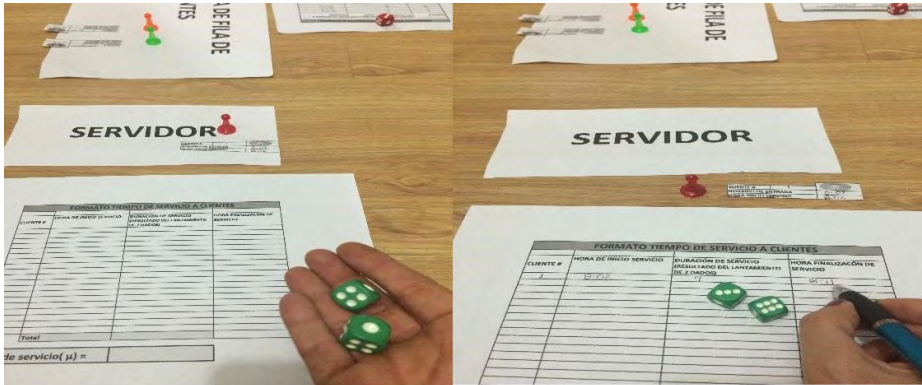


El resultado de la fórmula se multiplica por 60 para pasar minutos a horas.

**Servidor.** El rol de este participante del equipo consiste en la atención al cliente que llega a la heladería que recibe tanto la pieza de parqués que identifica el cliente y el ficho de registro de entrada que identifica el número de cliente y hora de llegada.

El servidor debe desempeñar las siguientes funciones (véase imagen 16):

- a. El servidor tiene dos dados asignados, los cuales debe lanzar solo cada vez que recibe un cliente nuevo para determinar cuál es su tiempo de servicio. El tiempo de servicio es el resultado de la suma de los dados. Recuerde que la simulación de tiempos el servidor debe estar sincronizada con la hora del cliente y no adelantarse a la hora que se está simulando.
- b. Diligenciar formato Tiempo de servicio a clientes (véase tabla 16) de la siguiente forma:
  - En columna cliente se asigna el número del cliente recibido que está registrado en su ficho respectivo.
  - En la columna hora de inicio de servicio se registra el dato que se tiene especificado en el ficho del cliente que se está atendiendo.
  - En la columna duración de servicio se registra la suma del resultado de los dos dados lanzados.
  - La hora de finalización del servicio corresponde a la suma de la hora de inicio de servicio del cliente a la duración de servicio. Por ejemplo, el primer cliente llegó a las 08:05 a. m. y la duración del servicio fue 9 minutos (recuperado del lanzamiento de los 2 dados), entonces, se le suma y da como resultado que la hora de finalización del servicio fue 08:14 a. m.
  - El servidor termina a las 10:00 a. m. y se procede a sumar la columna duración de servicio y a registrar el resultado en la casilla total.



**Imagen 16.** Funciones de servidor.

- Por último, se realiza en conjunto con el equipo el cálculo de (promedio de clientes atendidos por hora), según la ecuación:

$$\mu = \frac{\text{Total de clientes atendidos por servidor}}{\text{Total de tiempo de duración de servicio}} \times 60$$

Por ejemplo, como se puede ver en la tabla 17, el total de clientes que se logró atender por el servidor de 8:00 a.m. a 10:00 a.m. fue 16. El resultado de la fórmula se multiplica por 60 para pasar de minutos a horas.

**Tabla 17.** Formato: Tiempo de servicio a clientes.

Cliente #	Hora de inicio servicio	Duración de servicio (Resultado del lanzamiento de 2 dados)	Hora finalización de servicio
1	08:05	9	08:14
2	08:14	8	08:22
3	08:22	9	08:31
4	08:31	12	08:43
...	...	...	...
13	09:30	9	09:39
14	09:39	7	09:46
15	09:46	7	09:53
16	09:53	8	10:01

Total

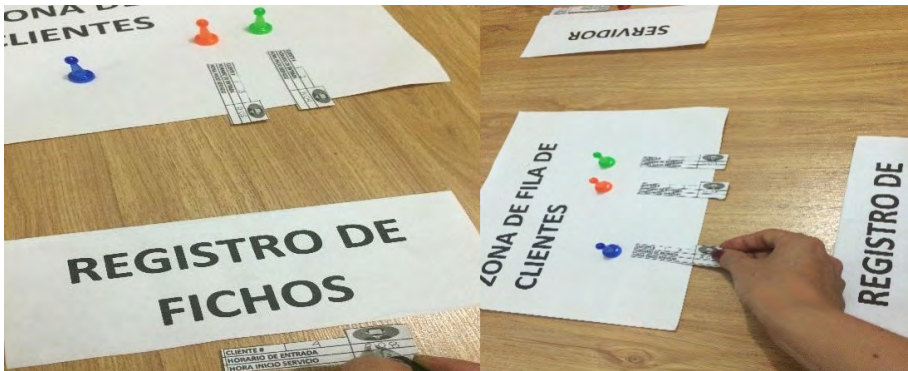
Tasa de servicio( $\mu$ ) =

**Registro de fichas.** El participante del equipo con este rol debe registrar la información de hora de entrada (llegada) y hora que terminó la cola (inicio de servicio) para cada cliente en un ficho, con el fin de tener registro de cuánto tiempo estuvo el cliente en cola (véase tabla 18).

**Tabla 18.** Formato de ficho para registro de hora de entrada e inicio de servicio.

CLIENTE #		
HORA DE ENTRADA		
HORA INICIO SERVICIO		

En el ficho se registra también el número de cliente y el ficho se coloca al lado de la pieza del cliente en cola (imagen 17).



**Imagen 17.** Funciones de registro de fichas.

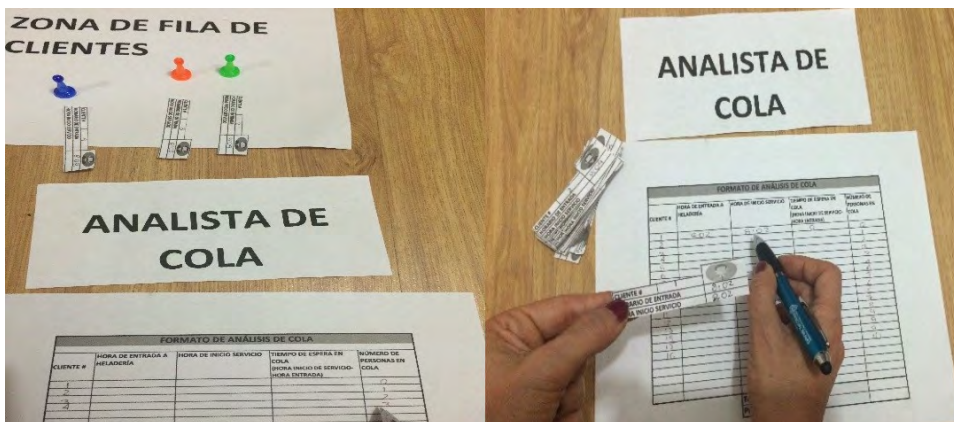
Solo se procederá al diligenciamiento de la casilla hora de inicio de servicio, cuando el cliente haya pasado a ser atendido por servidor.

Si no hay clientes en fila, la hora de entrada es la misma que la hora de inicio del servicio.

Al finalizar la simulación se procede a entregar las fichas diligenciadas al participante con rol de analista de colas.

**Analista de colas.** Las funciones que debe desempeñar el participante del equipo con rol de analista de colas son las siguientes:

- Cada vez que ingresa un cliente nuevo a la heladería, el analista de colas debe iniciar a diligenciar el formato de análisis de cola (véase tabla 19), registrando primero el número de cliente.
- Luego, verifica si el cliente nuevo que llega pasa directo a ser atendido; en ese caso en la columna número de personas en cola se asigna el número cero (0), pero, por el contrario, si el cliente al llegar debe esperar para ser atendido, entonces se debe sumar el total de clientes en cola en ese momento, incluyendo el cliente nuevo y este valor es el dato que se registra. Por ejemplo, como se puede ver en la tabla 19, para el cliente 1 la hora de entrada a la heladería coincidió con la del servicio el tiempo en cola, es decir no fue necesario enfilarse para ser atendido; por tanto, el número de personas en cola en ese momento fue cero. Por el contrario, cuando llega el cliente 2, este debe esperar porque el servidor está ocupado como puede observarse, ya que el tiempo de espera en cola es de 7 minutos, y como antes no había nadie en cola el número de personas en cola es igual a 1.
- Al finalizar la simulación recibe los fichos diligenciados y se registra dicha información en el formato de análisis de cola para calcular la diferencia entre el tiempo de entrada y el de servicio, que da como resultado el tiempo de espera de cada cliente (véanse imagen 18 y tabla 19).



**Imagen 18.** Funciones de analista de colas.

- Se totaliza el número de personas en cola para los clientes recibidos en el tiempo simulado de 8:00 a. m. a 10:00 a. m.
- Se realiza el promedio de personas en cola, que corresponde a total de personas en cola dividido por el número total de clientes recibidos. Esto es lo que en teoría de colas es llamado como  $Lq$ .

**Tabla 19.** Formato de tiempo y número de personas en cola.

Cliente #	Hora de entrada a heladería	Hora de inicio servicio	Tiempo de espera en cola (Hora inicio de servicio- hora entrada)	Número de personas en cola
1	08:02	08:02	00:00	0
2	08:04	08:11	00:07	1
3	08:05	08:19	00:14	2
4	08:08	08:28	00:20	3
...	...	...	...	...
13	08:37	09:30	00:53	9
14	08:40	09:39	00:59	9
15	08:46	09:46	01:00	9
16	08:48	09:53	01:05	10
...	...	...	...	...
			Promedio=	
			Total	

### 7.4.3 Finalización de la simulación

Una vez se termina la simulación, cuando el participante del rol reloj indica que son las 10:00 a. m., se socializa cómo se realizaron los cálculos y los resultados obtenidos de:

- $\lambda$  (promedio de llegada de clientes por hora).
- $\mu$  (promedio de clientes atendidos por hora).
- $Lq$  (número promedio de personas en la cola).
- Luego se debe proceder en equipo a realizar el cálculo de la  $\rho$  (tasa de utilización del sistema) utilizando la siguiente formula:

$$\rho = \frac{\lambda}{s \times \mu} \quad \text{Donde } S = \text{número de servidores.}$$

- Realizando primero el cálculo para  $S = 1$  servidor, que corresponde a la simulación realizada.
- Después se requiere ejecutar el mismo cálculo para  $S = 2$  servidores,  $S = 3$  servidores,  $S = 4$  servidores y  $S = 5$  servidores.  
Cada grupo debe responder las siguientes cuestiones:
  - a. Observe el resultado de  $\mu$  (promedio de clientes atendidos por horas) y  $\lambda$  (promedio de clientes que llegan por hora) y explique qué implicaciones en el servicio de la heladería tendrá estos indicadores.
  - b. ¿Qué decisiones podría tomar para cambiar el resultado de la primera simulación y mejorar el servicio?
  - c. Durante la simulación, a medida que pasa el tiempo, ¿qué comportamiento puede observar en la cola de espera? ¿Qué cree que ocurrirá si se continúa simulando por un periodo más prolongado?
  - d. ¿Qué resultado le arrojó el cálculo de la tasa de utilización ( $\rho$ ) tasa de utilización del sistema?, ¿qué significa para usted este valor de acuerdo con lo que pudo observar en la simulación realizada de un solo servidor?

## 7.5 Implementación

Luego de haber realizado la lúdica y registrado los respectivos resultados, se debe generar un espacio de discusión que trate, entre otros, los siguientes interrogantes:

- a. ¿Qué utilidad observa cada grupo en los indicadores de desempeño de teoría de colas que se trabajaron en la simulación?
- b. Después de realizar el cálculo de la tasa de utilización del sistema ( $\rho$ ), con  $S = 2, 3, 4$  y  $5$  servidores, ¿cuántos servidores escogería usted para la optimización del servicio prestado?
- c. ¿Cree que estos datos son suficientes para tomar la decisión o qué información adicional consideraría útil para tener una decisión acertada?

A través de la lúdica se logra que los participantes identifiquen los elementos principales para tener en cuenta en un sistema de

colas, que muchas veces los estudiantes no logran visualizar y entender fácilmente con la metodología tradicional aplicada en el aula.

Entre los conceptos reconocidos por los participantes de la lúdica se encuentran los factores que afectan el comportamiento de colas, como tiempo de espera, número de personas en cola, tiempo de servicio y número de servidores. Además, los participantes pueden inferir el comportamiento de un sistema de colas, utilizando fórmulas de las principales variables involucradas en el análisis de teoría de colas como son: promedio de llegada de clientes al sistema por unidad de tiempo ( $\lambda$ ), promedio de clientes a los que se les da servicio por unidad de tiempo ( $\mu$ ) y tasa de utilización del sistema ( $\rho$ ).

El docente puede aplicar esta misma lúdica para evaluar el impacto de las posibles alternativas de modificación del número de servidores del sistema y cuál sería su impacto en el costo total del mismo para encontrar el punto óptimo de calidad de servicio vs costos.

La lúdica está diseñada para que los participantes comprendan los conceptos de teoría de colas aún sin haber cursado previamente investigación de operaciones, pues en el desarrollo de la lúdica los participantes lograron entender los conceptos con gran facilidad sin tener conocimientos previos acerca del tema.

En cuanto a la evaluación de la lúdica se tiene que la totalidad de los participantes califican como Alto el nivel de realidad de la lúdica (figura 25), 58% como Bueno al grado de diversión (figura 26) y 68% como Alto al grado de simplicidad (figura 27).



**Figura 25.** Nivel de realidad de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.



**Figura 26.** Grado de diversión de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.



**Figura 27.** Grado de simplicidad de la lúdica Toma de decisiones aplicando teoría de colas.

Los participantes refieren que durante la lúdica lograron:

- Identificar principales indicadores para estudio de colas.
- Tomar decisiones aplicando la teoría de colas.
- Reconocer la importancia del balance entre el nivel de servicio y el costo de servir.
- Reconocer el aporte de la aplicación de ecuaciones para análisis de sistemas.
- Comprender cómo se comparta un sistema de atención de usuarios y las decisiones que se pueden tomar sobre este.

En relación con los cambios o mejoras que se pueden implementar en futuras versiones de la lúdica los participantes mencionaron:

- Utilizar hoja de cálculo electrónica para el apoyo de la solución.
- Agregar más taquilleros en la simulación inicial propuesta.
- Más tiempo para el análisis de resultados.
- Enfocarla más a la industria.



# Lúdica 8

## Andon: estaciones y retos

### 8.1 ¿De dónde partimos?

Son muchas las situaciones prácticas donde el disponer de una señal de alerta puede marcar la diferencia entre una capacidad de reacción con respuesta rápida, o la presentación de la falla por una respuesta tardía.

Considerando esto, las empresas utilizan técnicas o herramientas *lean manufacturing* con el fin de eliminar desperdicios y mejorar los niveles operativos. Según Valpuesta (2016), en primer lugar, se tienen herramientas con enfoque práctico y de obligatorio cumplimiento al ser implementadas; una vez sean implementadas, ellas son *value stream mapping* (VSM) o mapeo de la cadena de valor, 5 S, *single-minute exchange of Die* (SMED) o sistema para disminución de tiempos de alistamiento, *total productive maintenance* (TPM) o mantenimiento productivo total y Andon o control visual.

Se tiene luego un segundo bloque de herramientas que requieren del compromiso de los colaboradores en la empresa, entre ellas el *Jidoka* y el *Kaizen*.

Finalmente se tienen herramientas más específicas, que requieren recursos particulares y mayores para su implementación, de las que se destacan *Heijunka* y *kanban*.

Algunas de las herramientas del primer bloque son las señales de cualquier tipo, sonoras y visuales que resultan estratégicas para la determinación de posibles fallas en cualquier proceso y de esta manera generar planes preventivos y correctivos para en cursar el proceso hacia óptimos resultados. Por ejemplo, un sistema Andon garantiza una comunicación efectiva, ya que despliega información

específica para las distintas áreas involucradas en el proceso de producción en la planta (Suárez, 2015). La utilidad de estos sistemas ha sido demostrada a nivel industrial en diversas aplicaciones (Liker, 2011).

Esta herramienta tipo *lean manufacturing* busca realizar un control visual para identificar anomalías en los procesos o desperdicios y de esta manera evidenciar el estado del sistema productivo. La palabra Andon es una expresión de origen japonés que significa “lámpara” o “señal”. Según Salazar (2019b), los beneficios del Andon son:

- Eliminar desperdicios o mudas.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Mejorar la seguridad.
- Estandarizar procedimientos.
- Mejorar la planificación del trabajo.
- Contribuir al orden y a la organización.
- Estimular la participación.
- Motivar al personal.
- Reducir costos (párr. 11).

Para la ejecución de esta herramienta, se consideran como prácticas más usadas: las alarmas, las lámparas de colores (torretas), las lecciones de un punto (LUP), las listas de verificación, las marcas en el piso, la marcación de puestos de trabajo, los tableros de información, los tableros de resultados y las pirámides de seguridad.

Además, los métodos de control visual se clasifican en:

- Control visual de equipos y espacios.
- Control visual de la producción.
- Control visual en el puesto de trabajo.
- Control visual de la calidad.
- Control visual de la seguridad.
- Gestión de indicadores (Salazar, 2019b, párr. 13).

Finalmente, es importante aclarar las formas de proceder ante la señal del Andon (Guerrero, 2019):

**Resolución inmediata (Espera).** Representa los casos en los que el Andon suministra todos los datos e información para que el operario logre resolver la dificultad presentada de manera autónoma.

**Solicitud de ayuda en marcha (Avisa).** Representa los casos en los que el Andon advierte de una desviación o falla a manera de precaución sobre un problema potencial o mayor. A pesar de que no siempre requiere la parada de los equipos, requiere una reacción inmediata.

**Solicitud de ayuda en paro (Para).** Representa los casos en los que el Andon avisa de paradas de la máquina o equipos de producción. De esta forma se evita que la falla o avería trascienda a otras estaciones de la línea de producción.

## 8.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la octava lúdica es analizar de manera concluyente, práctica y sencilla por medio de la herramienta lean Andon la importancia de un sistema de alerta de problemas en un proceso de producción. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Desarrollar con ejercicios lúdicos estrategias transversales a la formación, que permitan en los participantes el despliegue con sentido crítico de maneras creativas e ingeniosas según el entorno y situación que lo rodea.
- b. Evidenciar los beneficios de la herramienta *lean* puesta en práctica, a través de retos lúdicos y grupales.
- c. Ejemplificar metodologías como el Andon con miras a la disminución de desperdicios e incremento de los niveles de productividad en los procesos.

## 8.3 ¿Qué necesitamos?

### 8.3.1 Recursos materiales

- Papeles de colores para la identificación de señales visuales.
- 9 puzzles de ingenio con diferentes retos e instrucciones de solución (véase imagen 19).

- Letreros para marcar la ubicación de los diferentes retos.



**Imagen 19.** Puzles de ingenio.

### 8.3.2 Recursos humanos

- 1 Estudiante Semillerista para liderar la lúdica
- 2 Estudiantes Semilleristas para orientar el alistamiento y desarrollo de la lúdica
- 1 Docente para la generación de conclusiones

### 8.3.3 Recursos físicos

Se requiere de un aula o salón con capacidad máxima de 25 personas. La actividad tendrá una duración aproximada de 30 minutos. Se distribuirán en el aula 9 estaciones de trabajo, pueden ser mesas o sillas donde se ubiquen los 9 puzles de ingenio.

## 8.4 ¿Cómo se hace?

En esta lúdica se busca la aplicación de los pasos de implementación para las estructuras de celdas de manufactura en analogía a los pasos que se utilizarán para el desarrollo de la lúdica. Las etapas presentadas a continuación parten de la información recopilada por Unalmed (2013)

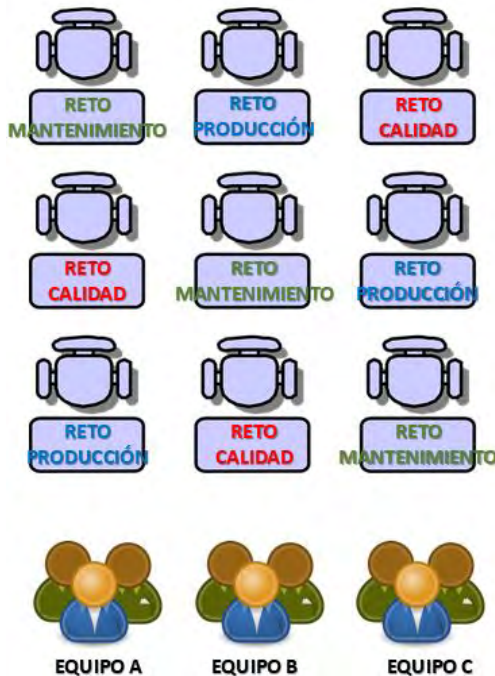
### 8.4.1 Antes de comenzar

- a. Formar a los participantes en los objetivos, características y bondades de la herramienta Andon. Se les explica a los participantes en qué consiste el Andon como herramienta para la eliminación de desperdicios. Además, se ilustra cuáles son los colores y tipos de señales a las que corresponde cada uno. Para esto se puede utilizar documentación y un plan de capacitación, de ser necesario.
- b. Verificar prerequisites e identificar restricciones del proceso. En esto se incluye lugares de trabajo, especificaciones de las alarmas, significados de cada señal, formas de interactuar como equipo. Se ilustra cómo funciona el Andon, mostrando cada una de las tarjetas de colores que serán usadas en las diferentes estaciones de trabajo, igualmente marcadas con los colores correspondientes: verde: reto de mantenimiento; rojo: reto de calidad; y azul: reto de producción.
- c. Definir los logros esperados de la herramienta. Se indica que el objetivo es aprender a mejorar procesos de solución, debido a que pueden presentarse anomalías de manera simultánea en la línea y se deben tomar decisiones de solución que involucren a todo el equipo. Andon sirve entonces alertar sobre en qué momento cada integrante del equipo debe intervenir. Con esto se busca establecer los cuellos de botella, problemas o amenazas del proceso productivo equivalentes a los puntos críticos.
- d. Hacer grupos de trabajo distribuidos al frente de una línea de trabajo con 4 estaciones, cada una con un reto que deben resolver. Luego se documenta la solución desarrollada.

### 8.4.2 Durante la práctica

- a. Se enlistan o identifican situaciones anormales, diferentes a los procesos de producción; para esto debe quedar muy claro qué se considera situación de anomalía o falla en el proceso. Se le pide a cada equipo, conformado por máximo 8 integrantes, que se filen al frente de cada línea de ensamble, la cual es simulada en el espacio, tal como se ilustra en la figura 28.

- b. Se valida el código de colores asignado para las situaciones de las estaciones de trabajo, esto con el ánimo de esclarecer las formas de participación o intervención de los equipos de trabajo. Se dispone en cada puesto de trabajo una estación o reto a ser solucionado, sin olvidar los colores correspondientes a cada anomalía: verde: reto de mantenimiento; rojo: reto de calidad; y azul: reto de producción (figura 28).



**Figura 28.** Distribución del área de trabajo.

- c. Se delimitan las zonas o áreas de trabajo donde se encontrarán las alarmas o señales Andon, esto gracias al reconocimiento del proceso donde se puedan presentar fallas. Se dan las instrucciones por parte del director de la lúdica:
- Se explica cómo se han asignado los colores del tablero a las distintas estaciones a modo comparativo con una empresa real.

- A cada grupo le es asignado un equipo de la “zona de trabajo”. Cada equipo tiene 3 estaciones definidas por un color en el tablero.
  - Inicialmente no se les asignan roles a los estudiantes, por lo que al encenderse una de las luces, ellos podrán darle solución de la forma que mejor consideren.
  - Luego se encenderán varias luces al tiempo para ejemplificar distintos problemas.
  - En cada estación habrá un “juez” que verifique la solución del problema.
  - Se establece la frecuencia, forma y tiempo de respuesta frente a los diferentes tipos de situaciones que son considerados anormales. En este paso, la división o la toma de decisiones del equipo de trabajo responsable de la línea de proceso es fundamental para el éxito en la solución de las posibles fallas. Será responsabilidad del director de la lúdica indicar cuándo se enciende una alarma del Andon para que el líder del equipo decida cómo actuar para dar solución a cada anomalía que se vaya presentando.
- d. Realizar pruebas piloto donde se mida la frecuencia y el tiempo de respuesta ante los tipos de situaciones anormales. Se les pide a todos los integrantes del equipo que participen en la solución de uno de los puzzles de ingenio, con el objetivo de motivar la participación y comprender la dinámica de solución y toma de decisiones como equipo (imagen 20).



**Imagen 20.** Piloto de la lúdica Andon.

- c. Definir qué se espera con la solución y aplicación de la herramienta Andon a manera de ejercicio comparativo. Esto con el ánimo de generar ajustes y mejoras continua sobre la aplicación de la herramienta. Se le muestra a cada equipo que al final de la línea de producción se tendrán unos formatos para documentar el proceso de solución que se le da a cada reto (véase figura 29).



**Figura 29.** Ubicación de los formatos para la documentación de retos.

- f. Comenzar con la aplicación de la herramienta con la mejora establecida (imagen 21).
- Se comienza el ejercicio con el primer reto de mantenimiento, cada equipo se dirige a su respectivo reto en la fila que simula su proceso productivo.
  - A los 5 minutos de comenzado este reto, el director de la lúdica da la alarma de presentación de una anomalía en el Área



de calidad, por lo que el equipo debe decidir cómo atender dicho reto

- A los 5 minutos, nuevamente el director anuncia la última anomalía en la Estación de producción para lo que el equipo deberá actuar y atender dicha anomalía.



**Imagen 21.** Desarrollo de lúdica Andon.

### 8.4.3 Al finalizar

Documentar los logros alcanzados con el objetivo de estandarizar los procesos y dejar por escrito los pasos efectuados para futuras situaciones de anomalías en el proceso. Siempre al solucionar cada uno de los retos, en las diferentes estaciones, estas deberán ser documentadas en un formato con el siguiente contenido: Paso 1, Paso 2 y Paso 3 para la solución del puzzle de ingenio correspondiente al reto solucionado (mantenimiento, calidad, producción), firma de quién lo elaboró, firma de quién revisó, firma del equipo colaborador en la solución del reto y el tiempo que utilizaron para llegar a la solución de dicho reto (véase figura 30).

DOCUMENTA LA SOLUCIÓN AL RETO DE MANTENIMIENTO	DOCUMENTA LA SOLUCIÓN AL RETO DE PRODUCCIÓN	DOCUMENTA LA SOLUCIÓN AL RETO DE CALIDAD
PASO 1: _____ _____	PASO 1: _____ _____	PASO 1: _____ _____
PASO 2: _____ _____	PASO 2: _____ _____	PASO 2: _____ _____
PASO 2: _____ _____	PASO 2: _____ _____	PASO 2: _____ _____
FIRMA ELABORÓ _____	FIRMA ELABORÓ _____	FIRMA ELABORÓ _____
FIRMA REVISÓ _____	FIRMA REVISÓ _____	FIRMA REVISÓ _____
_____ - _____	_____ - _____	_____ - _____
_____ - _____	_____ - _____	_____ - _____
FIRMA COLABORADORES _____	FIRMA COLABORADORES _____	FIRMA COLABORADORES _____
TIEMPO DE CUMPLIMIENTO: _____	TIEMPO DE CUMPLIMIENTO: _____	TIEMPO DE CUMPLIMIENTO: _____

**Figura 30.** Formatos para la documentación de cada uno de los retos.

Como actividad evaluativa, en el desarrollo de la actividad se da un valor y un mérito a los equipos que alcancen de la mejor manera los objetivos dados por los expositores encargados según los criterios expuestos al comienzo de cada actividad.

Por último, se tienen planillas de registro de tiempos, que pueden ser sistematizadas para el reporte de resultados en tiempo real.

## 8.5 Implementación

Al final del ejercicio se buscó dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué aprendieron luego del ejercicio?
- ¿Fue difícil usar la nueva herramienta?
- ¿Cuál fue el papel del Andon en el ejercicio?

Estas preguntas se abordaron con el objetivo de mostrar los diferentes aprendizajes:

**Saber-Conocer.** La capacidad de detectar y saber cuándo hay un error, y cuándo continuar con el proceso si hay solución; por medio de diferentes alertas.

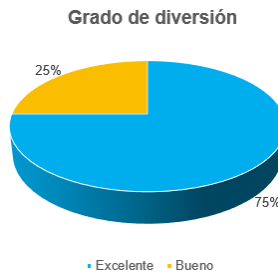
**Saber-Hacer.** Desempeñar diferentes actividades y labores siguiendo instrucciones sencillas, utilizando los diferentes elementos que tienen a su alcance.

**Saber-Ser.** Desarrollo de la disciplina y trabajo en equipo, con la disposición de adquirir nuevos conocimientos y experiencias.

En cuanto a la evaluación de la lúdica se tiene que el 91% de los participantes califican como Alto el nivel de realidad de la lúdica (figura 31), 75% como Excelente al grado de diversión (figura 32) y 63% como Alto al grado de simplicidad (figura 33).



**Figura 31.** Nivel de realidad de la lúdica Andon.



**Figura 32.** Grado de diversión de la lúdica Andon.



**Figura 33.** Grado de simplicidad de la lúdica Andon.

Los participantes refieren que durante la lúdica lograron:

- Trabajar en equipo.
- Buscar, en poco tiempo, la solución a problemas.
- Documentar procesos de forma clara.
- Distribuir tareas.
- Seguir instrucciones.

En relación con los cambios o mejoras que se pueden implementar en futuras versiones de la lúdica los participantes mencionaron:

- Dar instrucciones más claras.
- Dar más tiempo para realizar la actividad.
- Aumentar la complejidad.



# Lúdica 9

## Documentación diagramada, primer paso para la gestión de procesos

### 9.1 ¿De dónde partimos?

Los procesos son partes del todo organizacionales, que en conjunto orientan la actividad y dan orden, estructura, alineamiento y sentido a los sistemas. Un proceso responde al interrogante ¿qué se hace? (Qualitas Hodie, 1999). O como se indica en la Norma ISO 9000:2015, un proceso es el “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (ISO, 2015, p. 12).

Es importante decir que la diferencia entre un proceso y un procedimiento es el nivel de descripción de las actividades de la organización. Si bien los procesos son el conjunto de actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en los elementos de salida, y los procedimientos tienen una estructura similar, estos últimos conforman una descripción detallada de las actividades o, en otras palabras, responden al interrogante ¿cómo se hace? Un procedimiento contiene los protocolos de actuación, instrucciones operativas o de trabajo, que al ser repetibles permiten la estandarización. Al recoger la información de una actividad y transformarla en un proceso o procedimiento conservamos el conocimiento que la organización genera; por eso es importante entender que, como afirma Rinaldi (2003) “la observación, documentación e interpretación se tejen juntas” y que la documentación de las actividades permite “articular el conocimiento” que se genera en la organización (Rinaldi, p, 18, 2006).

La documentación de las actividades en las organizaciones comprende una primera fuente de información para la mejora. Es fundamental ver esta actividad como necesaria en el proceso de aprendizaje organizacional, tomando en cuenta que la percepción de estas cambia en función de la creación y valoración del conocimiento (Garzón y Fisher, 2008).

Las organizaciones pueden realizar sus actividades de manera natural por la sola costumbre de hacerlas. Sin embargo, cuando una organización pretende formalizar sus actividades puede iniciar, por lo general, una estructura de procesos, que no es otra cosa que documentar las actividades que se realizan plasmándolas en documentos que permitan visualizar la forma en que realiza sus actividades. Para documentar, lo más común es utilizar formatos para recoger la información, tal como lo indica la Norma ISO 9001:2015 en su punto 7.5 Información documentada. Lo anterior, permite ver como la organización deberá tomar la decisión de qué procesos y procedimientos serán los que documente y qué hará con la información que los mismos arrojen al iniciar los registros propios de las actividades.

Así, la organización define lo que necesita documentar y puede hacerlo en formatos redactados en prosa o diagramar los procesos y procedimientos, es decir, mostrarlos gráficamente, en mapas que permitan de manera visual entender las entradas, salidas e interacciones de los mencionados procesos y procedimientos. En otras palabras, un mapa o diagrama de procesos o procedimientos es una “herramienta completa (general), coherente, que facilita la comunicación entre los procesos y los usuarios de los procesos” (Hernández, 2016, p. 56).

## 9.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la novena lúdica es que al finalizar la sesión el participante sea capaz de definir un proceso, partiendo de las instrucciones de otra persona, plasmarlo en un diagrama y comprender su utilidad. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Utilizar las habilidades de observación y escucha al entrevistar una persona en su puesto de trabajo para documentar el o los procesos en que participa.
- b. Definir diagramas de flujo, partiendo de las ideas obtenidas en una entrevista.
- c. Comprender la utilidad de los diagramas como representación gráfica de contenidos, estructuras, funciones, actividades relaciones y resultados.

## 9.3 ¿Qué necesitamos?

### 9.3.1 Recursos materiales

- Computador portátil.
- Proyector.
- Rotafolios.
- Hojas de colores.
- Marcadores.

### 9.3.2 Recursos humanos

Para esta lúdica se permite máximo 20 participantes. Este ejercicio se debe realizar preferentemente con grupos reducidos, ya que la interacción de los participantes puede generar distracciones.

### 9.3.3 Recursos físicos

Un aula con espacio suficiente para ejercicios que implican movimiento. Es fundamental que se tenga la amplitud para el trabajo de 4 a 5 equipos que utilizarán el área de manera activa, ya que este ejercicio implica realizar algunas escenificaciones que permitirán al participante vivir la experiencia de mejor manera y dar rango de visión al instructor.

### 9.3.4 Recursos didácticos

- Ejercicio de escucha.
- Ejercicio de reconocimiento de símbolos para diagramas.
- Ejercicio “La receta de la abuelita”.
- Entrevista.
- Diagrama.

## 9.4 ¿Cómo se hace?

Este ejercicio está dirigido a estudiantes de los semestres primero a tercero de las carreras relacionados con temas de productividad, calidad y procesos, ya que usarán los conocimientos adquiridos los siguientes semestres, pero en todo caso esta lúdica puede usarse de manera previa a un ejercicio de documentación en cualquier organización. Se pretende que el estudiante tenga un primer acercamiento a los conceptos de proceso, procedimiento, flujogramas y la simbología, en la que se incluye la normatividad, toma de decisiones e indicadores en el proceso y procedimiento. Se espera que con este ejercicio el estudiante identifique la utilidad de los diagramas de flujo a través de casos prácticos, que trabaje su habilidad de escucha, que lo conecte con las personas a quienes entrevista para hacerlo capaz de pasar de la observación y escucha de las actividades a su posterior redacción en el orden correcto, que lo lleve a la generación de diagramas que plasmen los saberes de quien o quienes ejecutan las actividades. Todo lo anterior pensando en que los procedimientos mapeados en su conjunto comprenderán un depósito del conocimiento que la organización, registra y mejora con el tiempo.

Para dar inicio a la lúdica, se explica cómo cumplir los objetivos de aprendizaje de los estudiantes con el ejercicio, se da una guía de las actividades a seguir desde la presentación de sus objetivos, el sustento teórico y los ejercicios, y se termina con la ronda de cierre donde se da pie a la conclusión grupal. A continuación, se desarrollan las etapas que conforman esta lúdica.



### 9.4.1 Etapa 1

Se inicia el ejercicio con una presentación, tanto de la lúdica y sus objetivos, como de los participantes. En este punto es necesario que se den algunos acuerdos en el grupo que permitan un ambiente propicio para el aprendizaje, donde se establezcan reglas de escucha, participación y respeto entre los participantes. Además, se realiza una evaluación inicial sobre el conocimiento que los participantes puedan tener del tema y las expectativas de la lúdica; este breve diagnóstico es deseable, ya que permite identificar el nivel de conocimiento del grupo y hacer ajustes en el desarrollo del ejercicio.

### 9.4.2 Etapa 2

Se realiza el ejercicio 1 “Aprendiendo a escuchar” en equipos. Este se describe en la Imagen 22, Ejemplo de figuras para el Ejercicio 1.

Este ejercicio busca reflexionar sobre la escucha activa, que implica, entre otros aspectos, ofrecer disponibilidad y mostrar interés por la persona que habla (Stapleton, 2008). Se pueden hacer las siguientes preguntas detonadoras para iniciar la discusión en el grupo:

- ¿Escucho con cuidado a las demás personas?
- ¿Reflexiono lo dicho por mi interlocutor? (puedo verificar la indicación repitiéndola).

Se da la indicación de conformar equipos de al menos de 3 personas, y de elegir, en cada equipo, una persona que dé las indicaciones. Los otros compañeros escucharán con atención las indicaciones para hacer un dibujo “sin decir cuál es la figura que realizarán”. Nota: solo podrán solicitar que se repita la indicación (no pedir información adicional).

La persona encargada debe dar las indicaciones y los demás desarrollarlas en una hoja en blanco (un ejemplo de esto se muestra en la imagen 22); las indicaciones deben ser frases cortas, por ejemplo:

- Un círculo a la derecha y arriba de la cuarta parte de la hoja.
- Un cuadrado a la izquierda y arriba.
- Un rectángulo al centro de la hoja.



**Imagen 22.** Ejemplo de figuras para el Ejercicio 1.

Fuente: imágenes de libre acceso.

Al concluir las indicaciones, revisar quién se aproximó más al modelo. En equipo hacer una reflexión a partir de las siguientes preguntas:

- ¿La figura realizada con base en la escucha se parece a la del modelo?
- ¿Escucho reflexivamente?
- ¿Qué nos falló?
- ¿Qué hicimos bien todos?

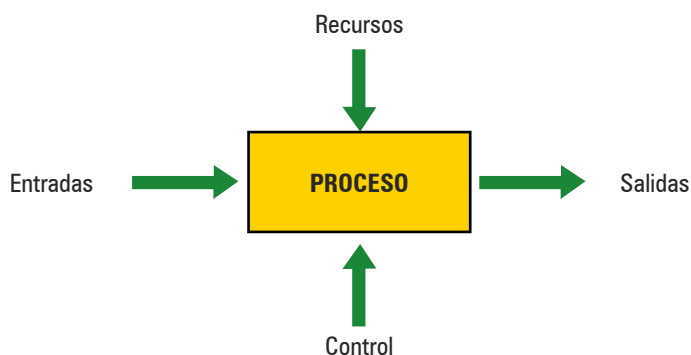
### 9.4.3 Etapa 3

En primer lugar, en esta etapa, se da el sustento teórico del tema central de la lúdica. Partiendo de idea de que la documentación de actividades aporta a la organización y memoria del conocimiento desarrollado; además, que una base documental puede contener procesos, procedimientos, instructivos y diversos formatos que permiten almacenar la información de manera ordenada, transmitir

el conocimiento al personal de nuevo ingreso y entrar en procesos reflexivos de mejora continua.

En este ejercicio lúdico de aprendizaje documentaremos un procedimiento sencillo pero ilustrativo partiendo de la entrevista que bien puede ser en un puesto de trabajo, donde es deseable que se observen las actividades realizadas por un operario si estas tienen un alto contenido manual, o simplemente la entrevista que, con una escucha activa, sea capaz de obtener datos relevantes para la documentación.

Un concepto clave para el desarrollo de esta lúdica es el de *proceso*. Una organización tiene procesos que pueden definirse, medirse y mejorarse; estos interactúan para proporcionar resultados coherentes con los objetivos de la organización y cruzan límites funcionales como se observa en la figura 34. Los procesos tienen actividades interrelacionadas con entradas que generan salidas (Norma ISO 9000:2015) y que, de manera específica, pueden ser documentados en procedimientos, esto es, la forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso (Norma ISO 9000:2015); lo anterior, se muestra en las actividades, responsables e interacción que existen al realizar una actividad.



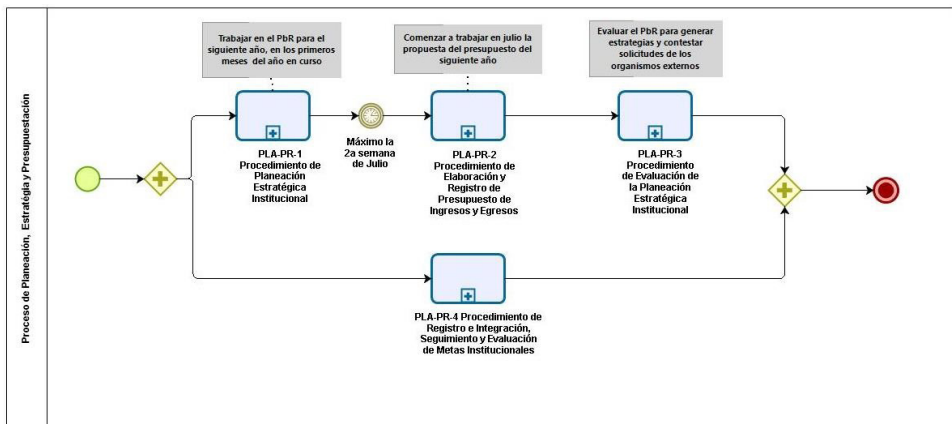
**Figura 34.** Descripción de un proceso.

Otro concepto clave es *instructivo*, definido como el documento que indica cómo ejecutar un procedimiento de manera específica; puede conocerse también como *instrucción de operación*. Los

instructivos están contenidos en los procedimientos, incluyen reglas de una actividad, recetas, experimentos, manuales de uso, entre otros.

En segundo lugar, en esta etapa, se presentan los símbolos que se usan en los diagramas y las personas (de las organizaciones) que participan en las actividades.

Las formas en que se pueden representar un procedimiento son variadas, siendo el flujograma una de las más utilizadas. Un flujograma es la representación gráfica de un proceso; un ejemplo de este se observa en la figura 35. Estos pueden ser verticales u horizontales; en el ejemplo de la figura 35 se usa la forma horizontal, y en la figura 36 se observa un procedimiento igualmente horizontal en el que se detallan los participantes en la cabecera.



**Figura 35.** Ejemplo de un flujograma de proceso.

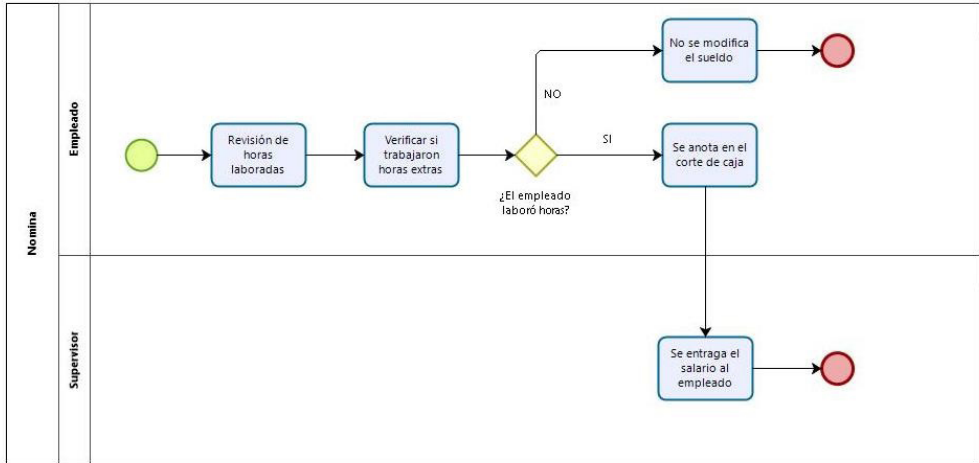
En este punto se sugiere incentivar una discusión entre los participantes a partir de dos preguntas detonadoras:

- ¿Para qué sirven?
- ¿Dónde se usan?

Es importante en el desarrollo del ejercicio lúdico hacer un alto y reflexionar “lo que hemos aprendido hasta el momento”

- Los flujogramas son herramientas para definir los procesos o procedimientos.

- Los puede usar cualquiera que tenga conocimientos básicos.
- Los flujogramas son usados para definir actividades.
- Las actividades tienen por los menos un responsable.



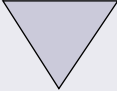
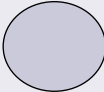
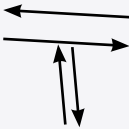

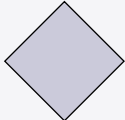
**Figura 36.** Ejemplo de un flujograma de procedimiento.

El uso de esta herramienta es para cualquier oficio o profesión que requiera documentar sus actividades.

Existen diversas figuras que se utilizan en los flujogramas tradicionales. Se pueden usar figuras y hacer un flujograma de forma manual o usar un modelador comercial que tendrá menos figuras, pero que dará un sentido de orden a las actividades.

En todos los casos las siguientes figuras son básicas, aunque dependiendo del tipo de flujograma habrá otras figuras que se puedan utilizar. Lo anterior se detalla en la tabla 20.

**Tabla 20.** Símbolos utilizados comúnmente en los flujogramas.

Símbolo	Nombre y significado
	<b>Archivo</b> Archivo temporal o definitivo de algún documento.
	<b>Documento</b> Documento generado o requerido por el procedimiento. Cuando existen copias, se pueden representar y enumerar asignando al original, indistintamente, la letra "O" o el número "1", y al duplicado y demás copias la numeración correlativa.
	<b>Terminal</b> Identifica el inicio y el fin de un procedimiento, según la palabra que se utilice dentro del óvalo.
	<b>Actividad</b> Representa una actividad, la cual se describe brevemente dentro del rectángulo.
	<b>Conector</b> Indica continuidad de una acción con otra dentro de una misma página.
	<b>Líneas de flujo</b> Conectan elementos del procedimiento e indican la secuencia a seguir.
	<b>Conector de página</b> Conecta una actividad con otra de una página diferente. Opcionalmente se puede colocar el número de la página a la que se conecta.
	<b>Decisión</b> Señala un punto en el proceso en el que hay que tomar una decisión. A partir de ahí, el procedimiento puede tomar dos vías y la selección de una de ellas depende la respuesta a la pregunta que se describe dentro del rombo.

Fuente propia a partir de Ruiz (2010)

En tercer lugar, si la actividad a documentar es realizada de forma manual o implica actividades manuales se recomienda hacer un ejercicio de observación y describir lo observado de forma inicial:

- a. Iniciar una entrevista con escucha activa a quien realiza la actividad.

- b. Hacer un registro de las actividades, incluyendo al responsable de cada una de ellas, el nombre del área a la que pertenece, los instrumentos y documentos que utiliza, detallando los insumos que se requieren para cada actividad.
- c. Anotar si se requiere de algún instructivo o documento para autorización.
- d. Definir los tiempos destinados a la realización de cada actividad.
- e. Realizar un primer diagrama.
- f. Revisar con el o los responsables de las áreas si las actividades quedaron correctamente plasmadas, y realizar los cambios necesarios hasta que el diagrama sea aprobado.

En cuarto lugar, se realiza el Ejercicio 2: “La receta de la abuelita” que permite adentrarse en el tema. Este ejercicio tiene como propósito ejercitar lo aprendido hasta el momento: la escucha activa, redacción de la entrevista y, posteriormente, creación de un flujograma. Los pasos para el Ejercicio 2 son:

- a. Establecer los roles de los participantes:
  - Empleado entrevistado.
  - Entrevistador.
  - Redactor.
- b. El equipo propone una receta que uno de los integrantes conozca bien; quien propone la receta fungirá como el empleado entrevistado.
- c. El entrevistador realizará las preguntas necesarias para determinar el orden de las actividades descritas y si existe algún punto en el que se asegure de que las actividades llevarán al resultado deseado.
- d. El redactor del equipo la escribe paso por paso.
- e. Entre todos realizan un flujo de la receta con el material didáctico (papel de colores y plumones) en un rotafolio.
- f. Al final se revisan los pasos de las recetas.
- g. Se recomiendan las siguientes preguntas detonadoras:

- ¿Quedaría bien?
  - ¿Faltó algún paso?
- h. Se declara un ganador en caso de que el facilitador así lo determine.

#### 9.4.4 Etapa 4

Por último, se realiza una discusión grupal a partir de las siguientes preguntas: ¿dónde se usa? y ¿para qué sirven los procesos?; se reflexiona sobre el uso de la técnica ejecutada; y se dan las conclusiones del ejercicio.

Se sugieren las siguientes preguntas detonadoras para iniciar el cierre del ejercicio.

- ¿Me servirían?
- ¿Los usaría?
- ¿Para qué?

### 9.5 Implementación

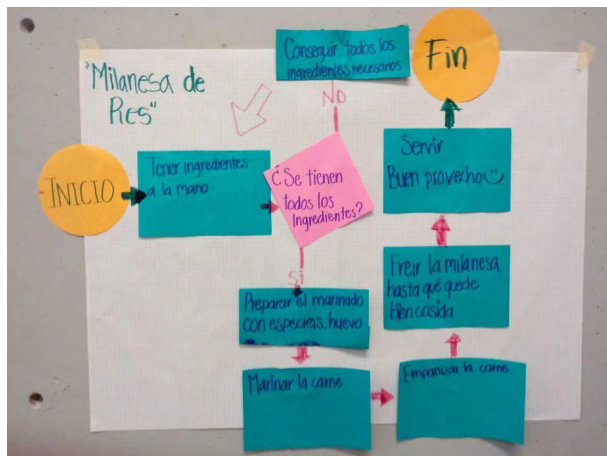
Este ejercicio lúdico se realizó dentro del marco de las Terceras Jornadas Lúdicas entre México y Colombia. Participaron 20 estudiantes de la Licenciatura en Administración de la Calidad y la Productividad (imagen 23). El perfil de egreso de los estudiantes de esta Licenciatura, en su punto 7, dice que el estudiante al egreso es capaz de “alinear los procesos y productos de las organizaciones a los modelos de calidad total”, y como paso previo a esto, es necesario que los estudiantes comprendan cómo hacer el levantamiento, documentación y registro de un proceso o procedimiento que les permita hacer acopio de la información relevante para la organización (imagen 24).





**Imagen 23.** Actividad en aula DCEA, con estudiantes de la Licenciatura en Administración de la Calidad y la Productividad.

Este ejercicio aportó conocimiento para el ejercicio futuro de la profesión, siendo una actividad de aprendizaje lúdico que da al estudiante una experiencia vívida para reflexionar en sus propios procesos de escucha, reflexión, orden y redacción de este tipo de documentos que le serán de utilidad en las actividades laborales.



**Imagen 24.** Ejercicio didáctico en el aula.



# Lúdica 10

## Optimización de una línea de ensamble

### 10.1 ¿De dónde partimos?

En el diseño del sistema productivo hay decisiones, relacionadas con la estructura productiva de la empresa, que afectan la capacidad productiva en lo atinente a factores físicos como las características del proceso productivo, el diseño de plantas, maquinaria y equipos, pero también relacionados con el factor más importante: *la mano de obra*. Estas decisiones surgen por la necesidad de mejorar rendimientos en todas aquellas actividades que involucran actividades físicas y mentales, para obtener un producto o servicio determinado.

Estas propuestas de mejora se originan mediante un estudio del trabajo aplicando las herramientas de ingeniería de métodos con el objetivo de disminuir los esfuerzos y movimientos innecesarios que no agregan valor al producto y factores que afectan la productividad de la organización por demoras, disminución de la calidad, menores volúmenes de producción, riesgos laborales, mayor fatiga y aumento en los costos de producción.

Frederick W. Taylor conocido por sus contribuciones a la organización del trabajo moderno, aborda el estudio de la organización del trabajo y de la producción en busca de la mayor eficiencia e incorpora el estudio del trabajo y de los movimientos buscando la implementación de mejores métodos y la estandarización de las operaciones. Posteriormente, Frank y Lillian Gilbreth se centraron en el estudio de tiempos y movimientos buscando determinar la simplificación del trabajo y de sus movimientos para maximizar su eficiencia (Barba, 2010).

A partir de los principios de Gilbreth y ampliados por diferentes autores como Barnes, los principios de economía de movimientos se pueden agrupar en tres categorías: el uso del cuerpo humano; el arreglo y las condiciones del lugar de trabajo; y el diseño de herramientas y equipos (Niebel y Freivalds, 2009); (Kanawaty, 2011)

Kanawaty (2011), sintetiza algunos de estos principios dentro de los cuales se pueden destacar los siguientes:

**Tabla 21.** Principios de economía de movimientos

<b>Algunos principios de economía de movimientos</b>	
Utilización del cuerpo humano	<p>Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.</p> <p>Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez.</p> <p>Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.</p> <p>Los movimientos de las manos y del cuerpo deben ser lo más simples posibles.</p> <p>Debe aprovecharse el impulso para minimizar esfuerzo.</p> <p>Utilizar guías, plantillas para facilitar movimientos</p> <p>Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos con cambios de dirección repentinos.</p> <p>El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.</p>
Distribución del lugar de trabajo	<p>Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales.</p> <p>Utilizar depósitos y medios de abastecimiento por gravedad.</p> <p>Las herramientas, materiales y controles deben situarse tan cerca del trabajador como sea posible.</p> <p>Cuando que sea posible, utilizar dispositivos que permitan al operario dejar caer el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos.</p>
Diseño de máquinas y herramientas	<p>Evitar que las manos estén ocupadas sosteniendo la pieza cuando esta pueda sujetarse con una plantilla.</p> <p>Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.</p> <p>Los controles deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y un mínimo esfuerzo</p>

Fuente: Kanawaty (2011).

Adicionalmente, como herramienta de apoyo para el análisis de los puestos de trabajo es útil la lista de chequeo sugerida por Niebel y Freivalds (2009) (véase tabla 22).

**Tabla 22.** Lista de chequeo para análisis de puestos de trabajo

<b>Suboperaciones</b>	<b>si</b>	<b>no</b>
<b>1. ¿Puede eliminarse una suboperación?</b>		
a) ¿Cómo innecesaria?		
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?		
c) ¿Mediante un cambio en la herramienta o el equipo?		
d) ¿Mediante un cambio en la distribución del lugar de trabajo?		
e) ¿Mediante la combinación de herramientas?		
f) ¿Mediante un ligero cambio de material?		
g) ¿Mediante un ligero cambio en el producto?		
h) ¿Mediante un sujetador de acción rápida en los soportes o guías?		
<b>2. ¿Puede hacerse más fácilmente una suboperación?</b>		
a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?		
b) ¿Mediante la modificación de la distribución del trabajo?		
c) ¿Mediante el cambio de las posiciones de los controles o herramientas?		
d) ¿Mediante el uso de mejores contenedores de material?		
e) ¿Mediante el uso de la inercia cuando sea posible?		
f) ¿Haciendo menos estrictos los requisitos de visibilidad?		
g) ¿Mediante mejores alturas del lugar de trabajo?		
<b>Movimientos</b>		
<b>1. ¿Puede eliminarse un movimiento?</b>		
a) ¿Cómo innecesario?		
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?		
c) ¿Mediante la combinación de herramientas?		
d) ¿Mediante un cambio en las herramientas o en el equipo?		
e) ¿Mediante la eliminación del depósito de material terminado?		
<b>2. ¿Puede hacerse el movimiento más fácil?</b>		
a) ¿Mediante un cambio en la distribución acortando distancias?		
b) ¿Mediante el cambio de la dirección de los movimientos?		
e) ¿Mediante el uso de diferentes músculos?		
Uso del primer grupo de músculos que sea lo suficientemente fuerte para la tarea:		
1. ¿Dedo?		
2. ¿Muñeca?		
3. ¿Antebrazo?		
4. ¿Brazo superior?		
5. ¿Tronco?		
d) ¿Mediante movimientos continuos en lugar de movimientos bruscos?		

**Paros**

1. ¿Puede eliminarse el sostener? (Sostener es extremadamente fatigoso)

- a) ¿Cómo innecesario?
- b) ¿Mediante un dispositivo simple de sujeción o soporte?

2. ¿Puede hacerse más fácil el sostener?

- a) ¿Mediante el acortamiento de su duración?
- b) ¿Utilizando grupos de músculos más fuertes, tales como las piernas?

**Retrasos**

1. ¿Puede eliminarse o acortarse un retraso?

- a) ¿Cómo innecesario?
- b) ¿Mediante un cambio en el trabajo que cada miembro realiza?
- c) ¿Equilibrando trabajo entre los miembros del cuerpo?
- d) ¿Trabajando de manera simultánea en dos artículos?
- e) ¿Alternando el trabajo con cada una de las manos haciendo el mismo trabajo pero fuera de fase?

**Ciclos**

1. ¿Puede configurarse el ciclo para que se realice más trabajo manual durante el tiempo de operación?

- a) ¿Mediante la alimentación automática?
- b) ¿Mediante el suministro automático de material?
- c) ¿Mediante un cambio en la relación de fase del hombre y la máquina?
- d) ¿Mediante el corte automático de alimentación o en caso de una falla de la herramienta o material?

**Tiempo máquina**

1. ¿Puede reducirse el tiempo de máquina?

- a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?
- b) ¿Mediante el uso de herramientas combinadas?
- c) ¿Mediante el uso de alimentación y velocidades más rápidas?

Fuente: Niebel y Freivalds (2009).

## 10.2 ¿Qué buscamos?

El objetivo general de la décima lúdica es aplicar los principios básicos de estudio de tiempos y de economía de movimientos de para incrementar la producción en una línea de ensamble. Y los objetivos específicos de esta lúdica son:

- a. Aprender a identificar cuellos de botella y cómo estos restringen la tasa de salida de una línea de ensamble.
- b. Desarrollar la capacidad de identificar las áreas de oportunidad en donde se pueden aplicar los principios de economía de

movimientos para lograr que el trabajo se realice en el menor tiempo posible.

- c. Demostrar cómo al aplicar los principios de economía de movimientos se incrementa la producción en un puesto de trabajo.

## 10.3 ¿Qué necesitamos?

### 10.3.1 Recursos materiales

- a. Materia prima para el ensamble (véase imagen 25):
  - Hojas tamaño carta para cortar (15 hojas por equipo).
  - Tornillos pequeños y su respectiva tuerca de 10 mm de largo o similar (60 por equipo).



**Imagen 25.** Materia prima para el ensamble.

- b. Herramientas de trabajo para los operarios (véase imagen 26):
  - Tijeras: una por equipo.
  - Regla: una por equipo.
  - Lapiceros: 6 por equipo.
  - Cronómetro o celular con cronómetro: 5 por equipo para los analistas, así como cuaderno u hojas para registrar los tiempos.



**Imagen 26.** Herramientas.

c. Insumos para mejorar puestos de trabajo (véase imagen 27):

- Cinta de enmascarar.
- Cartón.

Se puede suministrar cualquier tipo de material reciclado como icopor (poliestireno expandido), plásticos, tablillas, entre otros, es decir, material que los participantes puedan manipular, recortar y doblar para diseñar los puestos de trabajo aplicando los principios de economía de movimientos.



**Imagen 27.** Insumos para mejorar puestos de trabajo.



### 10.3.2 Recursos humanos

Para la lúdica se conforman dos o más equipos de trabajo, teniendo en cuenta que cada equipo debe estar formado por 9 personas. Se simulará una línea de ensamble con 4 estaciones de trabajo y en cada estación (operación) hay un operario y un analista de métodos y tiempos. En relación con las funciones que debe ejecutar cada participante en esta lúdica, en la tabla 23 se presentan los requerimientos de personal de cada equipo de trabajo:

**Tabla 23.** Requerimientos de personal para lúdica por cada equipo.

Función	Operario	Analista de tiempos
Operación 1: marcación de hojas para corte	1	1
Operación 2: corte de hoja	1	1
Operación 3: marcado y perforación de agujeros	1	1
Operación 4: colocación de tornillos	1	1
Supervisor: inspección final, registro de producto terminado, control producción	1	

### 10.3.3 Recursos físicos

Para el desarrollo de esta lúdica se requiere una mesa rectangular por cada equipo de trabajo o en su defecto una mesa por cada operación del proceso, pero ubicados en secuencia.

## 10.4 ¿Cómo se hace?

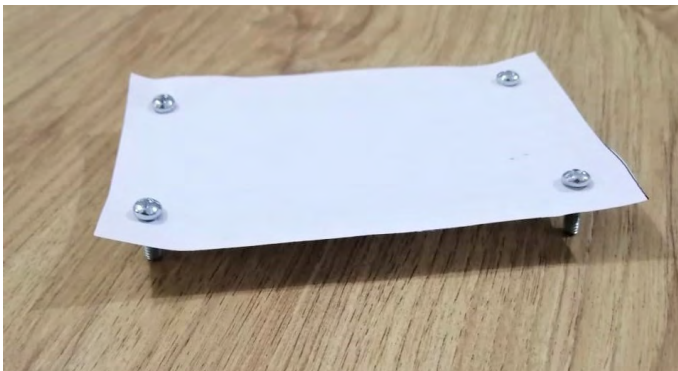
La presente lúdica ilustra cómo tomar decisiones referentes a maximizar la producción en una línea de producción, resultado de identificar cuellos de botella para luego analizar los medios y métodos de producción y aplicar los principios de economía de movimientos en el diseño de los puestos de trabajo. Tiempo propuesto de la lúdica: 2 horas.

### 10.4.1 Preparación de la lúdica

El docente inicia la lúdica con un pedido de una docena de mesas. Se forman equipos de trabajo con cargos, de acuerdo con la tabla 22. Cada equipo será una fábrica con una línea de ensamble para fabricar el producto: *mesa con patas tornillo*; y por separado debe desarrollar las etapas que se describen en esta lúdica. Pueden ser uno o más equipos de trabajo.

### 10.4.2 Descripción del producto

Mesa de papel con dimensiones de  $12 \times 9$  cm y 4 patas compuestas por tornillo y tuerca ajustada hasta el tope por el lado inferior de la mesa (imagen 28).



**Imagen 28.** Mesa con patas tornillo.

### 10.4.3 Descripción del proceso

El proceso se desarrolla en una línea donde cada operación depende de la anterior. Cada operación es desarrollada por un solo operario.

Las estaciones están vacías sin producto en proceso, pero con el inventario de materia prima necesario para realizar el trabajo: en la estación 1, hojas de  $14 \times 11$  cm y en la estación 4, tornillos y tuercas.

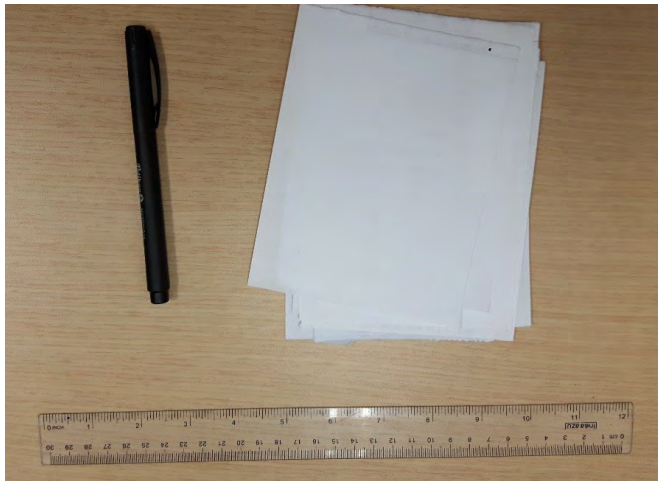
Cada operario inicia su operación y en cada estación de trabajo (operación) debe haber un analista para cronometrar y registrar el tiempo de las tareas.

En el estudio de tiempos se propone solo una utilización básica de cronometrajes para obtener unos tiempos de ciclos del proceso y sus respectivas operaciones, cuyo resultado final va a ser la obtención de un tiempo promedio que será el que se adopte como tiempo representativo de las mediciones efectuadas. Pero el objetivo es identificar los cuellos de botella más no calcular un tiempo estándar preciso.

Todos los grupos (líneas) inician simultáneamente para al final revisar qué grupo completó el pedido en menor tiempo y cumpliendo con los requerimientos de calidad.

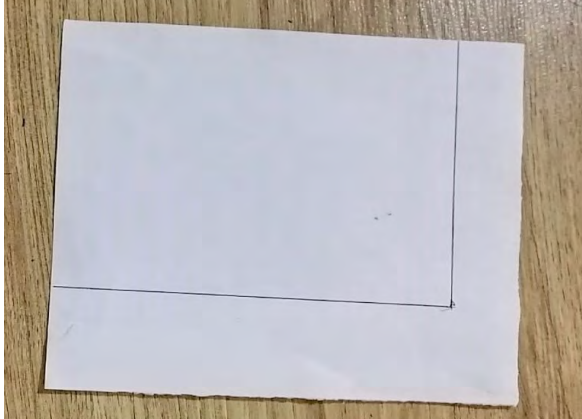
A continuación, se describen las cuatro operaciones.

**Operación 1: marcación de hojas para corte.** Se le entrega al operario su materia prima, que son las hojas tamaño carta partidas en 4 partes iguales, las cuales quedan con una dimensión de  $14 \times 11$  cm, que representan la tabla de la mesa. En su puesto de trabajo tiene la materia prima y sus herramientas, que son regla y lapicero (imagen 29).



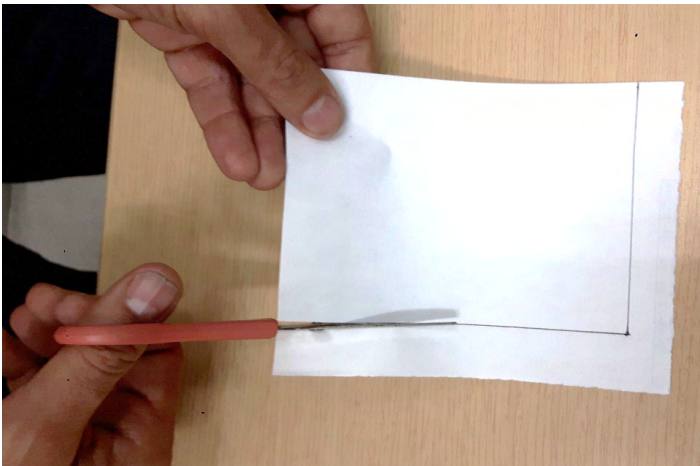
**Imagen 29.** Operación 1: marcación de hojas para corte.

El operario debe marcar con lapicero cada pieza de papel “tabla” de acuerdo con las dimensiones del producto especificadas  $12 \times 9$  cm (imagen 30).



**Imagen 30.** Producto marcado, listo para ir a operación 2.

**Operación 2: corte de hoja.** El operario recibe su tabla marcada para ser cortada por la línea. La línea tiene una sola herramienta de corte (tijera) y el operario solo puede cortar una hoja al tiempo (no varias capas), pues por especificaciones de calidad se restringe, ya que el producto queda mal cortado (imagen 31).



**Imagen 31.** Operación 2: corte de hoja.

**Operación 3: marcado y perforación de agujeros.** El siguiente operario recibe la hoja recortada de acuerdo con las dimensiones especificadas para marcar cuatro puntos cerca de las esquinas, con una distancia de 1 cm del borde lateral y 1 cm del borde superior en cada lado. Cada punto debe ser perforado con el lapicero antes de pasar a la siguiente operación (imagen 32). En su puesto de trabajo, el operario tiene las siguientes herramientas: lapicero y regla.



**Imagen 32.** Operación 3: marcado y perforación de agujeros.

**Operación 4: colocación de tornillos.** El operario recibe la hoja (tabla de la mesa) perforada y lista para introducir por cada pequeño agujero las patas, que son 4 tornillos con su respectiva tuerca. El operario no tiene herramientas en su puesto de trabajo, pues es una operación manual. Se debe garantizar por calidad que la tuerca quede totalmente apretada (imagen 33).



**Imagen 33.** Operación 4: colocación de tornillos.

Después de esta operación la mesa ya está terminada. Al final de la línea el supervisor verifica la calidad del producto: dimensiones, apariencia, distancias de las patas, ajuste de tuercas. El supervisor registra el producto terminado, tipo de defectos y la hora de salida de cada producto terminado.

Al finalizar el ensamble de las doce mesas se procederá a:

- Diagramar las operaciones del proceso, cada una con su tiempo promedio.
- Verificar dónde existió inventario en proceso acumulado.
- Identificar el cuello de botella.
- Comparar el tiempo de la operación cuello de botella vs. el tiempo de salida.
- Analizar por qué hubo diferencia en tiempos y cuál fue el grupo que completó el pedido en el menor tiempo.
- Comparar métodos de producción.

Del análisis anterior se debe demostrar que el cuello de botella es el que limita la producción y que mejorar el método en cualquier estación no cuello de botella no se reflejará en la tasa de salida.

Cada grupo procede a analizar el método de producción en el cuello de botella y a mejorar el método aplicando los principios de economía de movimientos y la lista de chequeo propuesta en la tabla 21. Según el nivel de formación de los alumnos podrán valerse de diagramas de operación para analizar el método.

A cada grupo se le entregan los insumos para mejorar la distribución del puesto de trabajo, demarcar áreas de trabajo, diseñar topes, guías, etc. El docente podrá llevar para su lúdica cinta de enmascarar y materiales reciclados como cartón, icopor, recipientes plásticos, tablillas y otros materiales con los que los estudiantes puedan mejorar el método de producción y rediseñar los puestos de trabajo para aplicar los principios de economía de movimientos.

Cada grupo tendrá 15 minutos para mejorar el método y eliminar el cuello de botella.

Se realiza una segunda corrida de producción con la misma demanda (12 mesas). Se sigue el mismo procedimiento de ensamble

y los analistas nuevamente cronometran los tiempos de cada operación.

Se analizan los resultados de la segunda corrida de producción, el tiempo para producir las doce unidades, y se revisan cuáles fueron los resultados en cuanto a calidad y rechazo de productos.

Se analizan los tiempos de cada operación; en cuánto tiempo se mejoró la operación cuello de botella. Se analiza cuál es la nueva operación cuello de botella.

Se verifica en cuánto aumentó la productividad de cada uno de los grupos, las mejoras y los principios de economía de movimientos aplicados.

Se analiza por qué la variación en los resultados en cada grupo de acuerdo con el método establecido.

Por último, las conclusiones deben centrarse en identificar en qué operaciones del proceso se deben aplicar los principios de economía de movimientos para eliminar cuellos de botella y maximizar la tasa de salida. Para esto se recomienda que cada equipo responda las siguientes preguntas:

- ¿Qué pasa si aplico la reducción de tiempos en un proceso no cuello de botella?
- ¿Cuál sería la producción diaria antes de aplicar la mejora del método y después de mejorar el método?
- Si la demanda diaria de mesas es de 300 unidades, ¿cuál debe ser el tiempo para la operación que más demore?
- De acuerdo con lo observado, ¿qué es la curva de aprendizaje de un operario?
- ¿Cuál fue el principio aplicado de economía de movimientos que tuvo un impacto más significativo en la reducción del tiempo de la operación?
- ¿Por qué hay diferencias en los tiempos de los diferentes equipos, si se utilizó la misma materia prima y el mismo número de personas?

## 10.5 Implementación

La lúdica es sencilla de realizar, pero permite la aplicación de muchas teorías y principios de la ingeniería industrial y puede realizarse en diferentes niveles de profundidad o diferentes sesiones de acuerdo con las competencias que el docente quiera impartir a los estudiantes, aunque el énfasis está dado por los principios de economía de movimientos.

La lúdica permite aplicar diferentes niveles de análisis de puestos de trabajo; por ejemplo, el docente define si realiza un análisis más detallado de los métodos mediante el cursograma analítico o diagrama bimanual, pero la lúdica está diseñada para que el estudiante pueda visualizar fácilmente cuáles principios de economía de movimientos puede aplicar apoyado en la lista de chequeo propuesta (tabla 21).

En la ejecución de la lúdica el estudiante podrá identificar y proponer mejoras de una manera creativa utilizando diferentes recursos y aplicando fácilmente algunos principios básicos como redistribución de puestos de trabajo, demarcación de zonas, movimientos simultáneos, topes, guías, aprovisionamiento por gravedad, mínimos recorridos y movimientos de las manos.

Al registrar los tiempos de la operación: el tiempo total del proceso, el docente podrá aplicar si quiere unos principios básicos de balanceos de línea mediante cálculo del *takt time* y reasignación de tareas entre operaciones.

Si se quiere ampliar el tiempo y alcance de la lúdica, podría hacerse una calificación de ritmo para calcular tiempo tipo y asignar unos suplementos mínimos para asignar como estándar.

Una discusión importante al obtener los resultados de la lúdica, y después de la primera corrida, es analizar el tiempo requerido para obtener las doce unidades y cuál sería la producción del día en 8 horas. Antes de realizar la segunda corrida se les preguntó a los estudiantes: ¿para obtener el doble de producción qué debíamos hacer?, y generalmente contestaron que debemos poner el doble de personas. Pero al realizar la segunda corrida con el método mejorado se ha obtenido el doble o más de la producción inicial con la



misma cantidad de personas y las mismas restricciones de herramientas (una sola tijera).

La lúdica brinda diferentes elementos para discutir en el aula. Igualmente, posibilita un aprendizaje significativo y entretenido a los estudiantes, en el que pueden desarrollar su creatividad además de asumir diferentes roles.



# Conclusiones

Con el desarrollo de estas actividades en las que se combinó la teoría con la práctica a través de la lúdica, se evidenció la importancia de promover diferentes estrategias pedagógicas que motiven a estudiantes y docentes a apropiarse del conocimiento, aprovechando sus diferentes tipos de inteligencia.

Adicionalmente, en cada lúdica se contemplaron los tres saberes fundamentales (ser, hacer, conocer) para la apropiación de una competencia específica, de tal manera que los participantes salieron de cada lúdica con un mayor entendimiento de los conceptos teóricos que reciben en sus aulas de clase.

Cada lúdica presentada en este libro está enmarcada en las áreas de producción, productividad y calidad, permitiendo de tal manera que los estudiantes de ingeniería industrial y de carreras afines fortalezcan sus competencias en dichas áreas y tengan una perspectiva diferente a la adquirida en la clase magistral sobre los usos y ventajas que tienen las herramientas abordadas.

Las lúdicas presentadas en este libro se enfocaron principalmente en potencializar y afianzar conceptos (*job shop*, planificación de requerimiento de material, kanban, calidad, sistemas de producción en células de trabajo, medición del trabajo, teoría de colas, sistemas de alertas: Andon), a través del aprendizaje experiencial guiado por una persona capacitada.

Por medio de la representación de un taller de camisas se evidenciaron las utilidades y la forma de operar con la herramienta *job shop* desde un ambiente de un proceso productivo que permitió visualizar las utilidades de programar una producción enfocada en los procesos con múltiples productos y múltiples operaciones.

A través del análisis de la demanda para la venta de un álbum para el Mundial 2018, se logró que los participantes evidenciaran el proceso de planeación de la producción por medio de la herramienta

MRP (planificación de requerimiento de material). Igualmente, identificaron la importancia de tener elaborado un buen pronóstico que sirva como insumo correcto para la elaboración del plan maestro de producción (MPS).

Por medio de dinámicas dirigidas a través de siete estaciones, se logró que los participantes trabajaran la parte conceptual de la calidad, enfocándose en las siete herramientas de la calidad. Este tipo de lúdicas permite que temas teóricos se tornen más dinámicos en pro de lograr una mayor disposición para su aprendizaje y comprensión.

A través de la lúdica “KanbanBalls” se puede evidenciar la utilidad que tienen los kanban para controlar y reducir la cantidad de inventario presente en un proceso productivo. Adicionalmente, se pudo observar cómo a través del buen uso de los kanban se puede poco a poco llegar a la meta de un mínimo de inventarios sin sacrificar los tiempos de entrega al cliente final.

Por medio del trabajo en equipo y la organización de un sistema productivo en células de trabajo se pudo evidenciar cómo interactúan las personas con sus diferentes habilidades en pro de entregar un producto funcional. Lo anterior no solo facilita el trabajo, sino que permite identificar los diferentes roles y competencias que tienen las personas más desarrollados y, a su vez, permite identificar debilidades en su formación para ser mejoradas en un futuro.

A través del ensamble de una lámpara de mano, se pudo realizar un estudio de tiempos bajo diferentes situaciones problemáticas que les permitieron a los participantes analizar y evaluar las diferentes técnicas que se utilizan en estos casos y determinar las mejores prácticas para lograr un estudio adecuado con un mínimo de errores posibles.

Por medio de la simulación de un servicio de ventas de helados los participantes pudieron visualizar la problemática que se genera en las líneas de espera y corroboraron el comportamiento de las medidas de desempeño del sistema real versus el calculado teóricamente. Lo anterior permitió que ellos entendieran el significado real de cada una de las medidas de desempeño para plantear soluciones

según la naturaleza del proceso y asimilar las implicaciones de un cambio en alguna característica del sistema de servicio analizado.

Se pudo evidenciar cómo cada participante cambia su manera de pensar y actuar ante situaciones de dificultad, a medida que transcurre la lúdica y se confronta en una primera fase con los resultados obtenidos instintivamente y luego con los resultados de una segunda fase soportada en una explicación de la técnica objeto de estudio de la lúdica. Por ejemplo, en la lúdica de Andon se tuvo problemas de mantenimiento, producción y calidad, donde los estudiantes claramente presentaron una mejoría en el informe de soluciones a estas problemáticas, una vez se dio la retroalimentación y explicación respectiva de las bondades de la técnica Andon. Esto permite reforzar la importancia del aprendizaje activo, puesto que el participante presenta un mayor entendimiento de la herramienta al verla en uso con todos los pros y contras.

Se pudo evidenciar la importancia de saber realizar diagramas de procesos para poder hablar en el mismo lenguaje a la hora de elaborar un producto o prestar un servicio, puesto que entre más sencillo y más ilustrativo sea dicho diagrama, mejor será la respuesta de las personas involucradas en su elaboración.

Dado lo anterior, se cumple con uno de los fines de este libro: generar difusión y divulgación de experiencias lúdicas como metodologías de aprendizaje y formación en competencias para áreas de estudio tan importantes como la productividad, la producción, la calidad y la logística.

Es importante resaltar que, por medio de este tipo de aprendizaje basado en problemas, se fortalecen las estrategias de aprendizaje activo, ya que el estudiante, a la vez que va solucionando las problemáticas presentadas en las lúdicas, va construyendo conocimiento y formación interdisciplinaria, dados los diferentes roles que se dan en el desarrollo de las actividades. Lo anterior estimula y fortalece la apropiación de conocimientos y el desarrollo de habilidades y competencias que no se pueden abordar de forma efectiva en el aula de clase.

Las competencias abordadas en el desarrollo de las lúdicas que tuvieron un mayor impacto fueron el trabajo en equipo, la comunicación, el pensamiento lógico, la solución de problemas, el análisis crítico, la toma de decisiones enfocadas en el mejoramiento de los procesos productivos y la aceptación de la crítica.

Es significativa la utilidad de este libro, para un proceso de enseñanza-aprendizaje que se proponga la apropiación activa del conocimiento y que tienda a llevar efectivamente la teoría a la práctica. Este compendio de lúdicas es una herramienta valiosa para el desarrollo y el fortalecimiento de habilidades y competencias en los futuros profesionales, no solo para llevarlas al ámbito empresarial, sino también para aplicarlas en su diario vivir.

# Referencias

- Abbas, M., A. Abbas y W.A. Khan, (2016). Scheduling Job Shop - A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 146 (1). doi: 10.1088/1757-899X/146/1/012052.
- Adler, P.S. (1993). Time-and-Motion Regained. *Harvard Business Review* 71 (1), 97-108.
- Amaya, A. J. (2009). *Toma de decisiones gerenciales: métodos cuantitativos para la administración*. Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES (2ª ed.). Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Américatv. (5 de abril de 2018). *Rusia 2018: Panini hizo este anuncio con respecto al álbum del Mundial*. Recuperado de <https://www.americatv.com.pe/deportes/seleccion/rusia-2018-panini-hizo-este-anuncio-respecto-al-album-mundial-n316840>
- Angulo, B. G. (2003). *Formación en tiempos de cambio*. México, D. F., México: ECISIA.
- Arango, M., Campuzano, L. y Zapata, J. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 221-233.
- Arias, L. Portilla, L., y Fernández, S. A. (2010). Análisis de Líneas de Espera a través de Teoría de Colas y Simulación. *Scientia Et Technica*, 3(46), 56-61.
- 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>
- Ávila, J. M. y Téllez, J. A. (2018). *Proyecto extenso Rally de Calidad*. Guanajuato, México: NA.
- Barba, A. (2010). Frederick Winslow Taylor y la administración científica: contexto, realidad y mitos. Gestión y estrategia: A 100 Años de la Administración Científica. *Repensando a Taylor*, 19(38), 17-30. Recuperado de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/2955>
- Bejarano, A. R., Zapata, R. L., Pérez, J. C. y Olvera, H. (2012). Implementación de Pull System y Kanban en el Área de Fabricación de Tablillas. *Memorias de Estadía Industrial*, 7-15.
- Bohórquez, N. y Pinzón, S. (2014). *Modelo de Capacitación GEIO-Empresas*. Documento de trabajo del grupo de investigación GEIO producto de convocatoria Joven Investigadores e Innovadores Colciencias año 2013.
- Botia-Mendivelso, M., Suárez-Valderrama, M. y Romero-Villalobos, O. (2016). Aplicación del método Kanban a un software CRM basado en plataforma Open Source Vtiger. *Investigación*, 12(20), 9-22.
- Carro, R. y Gonzáles, D. (2012). *Estrategia de producción y operaciones*. Mar de Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de [http://nulan.mdp.edu.ar/1608/1/03\\_estrategia\\_operaciones.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1608/1/03_estrategia_operaciones.pdf)
- Castro, C. A. (2008). *Planeación de la producción*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad Eafit.

- Centro Regional de Desarrollo de Optimización y Desarrollo de Equipo, CRODE. (2019) *Manual de Operación y Prácticas, Mesa Rotatoria Octogonal*. Celaya, México.
- Comisión Regional de Competitividad de Risaralda. (2008). Plan Regional de Competitividad de Risaralda. Recuperado de <http://www.competitivas.gov.co/sites/default/files/documentos/risaralda.pdf>
- De los Ríos, J. (2015). *Implementación del método Kanban en las empresas constructoras pequeñas y medianas en la ejecución de un proyecto en Colombia*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Díaz, H. Á. (2006). *La función lúdica del sujeto: una interpretación teórica de la lúdica para transformar las prácticas pedagógicas*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Fernández, F. H. y Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación universitaria*, 6(5), 29-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062013000500005>
- García, R. (2005) *Estudio del trabajo*. México D.F., México: Ed. Mc. Graw Hill Higher Education.
- Garzón, M. A. y Fisher, A. L. (2008). Modelo teórico de aprendizaje organizacional. *Pensamiento & Gestión*, (24), 195-224.
- GEIO (2013a). *Cartilla de trabajo del grupo: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la ingeniería industrial. Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la ingeniería*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- GEIO. (2013b). *Cartilla: recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la ingeniería industrial. Facultad de Ingeniería Industrial. Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la ingeniería*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- GEIO. (2019). Guía metodológica de estrategias basadas en la lúdica para potenciar procesos de enseñanza-aprendizaje en la ingeniería industrial y afines. Facultad de Ciencias Empresariales. Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la ingeniería. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gobernación de Risaralda. (2020). *Plan de Desarrollo 2016-2019. Risaralda sentimiento de todos*. Recuperado de <https://www.risaralda.gov.co/documentos/150204/plan-de-desarrollo-2020---2023/>
- González, Á. L. (2010). *Manual práctico de investigación de operaciones I* (3º ed). Barranquilla, Colombia. Universidad del Norte.
- González-Mariño, C. (2009). TIC y la transformación de la práctica educativa en el contexto de las sociedades del conocimiento. *Revista de Universidad Sociedad y Conocimiento* 5(2), 1-8. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/780/78011201003.pdf>
- Grupo Latino Editores. (2010). *Consultor del ingeniero industrial*. Colombia: Grupo Latino Editores.
- Guerrero, J. (9 de octubre de 2017). *ANDON*. Recuperado de <http://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/09/andon/>



- Hernández, J. G. V. (2016). *Las reglas cambiantes de la competitividad global en el nuevo milenio. Las competencias en el nuevo paradigma de la globalización*. Red Internacional de Investigadores en Competitividad.
- Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México, D.F.: McGraw-Hill (9ª ed.). Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Iglesias, J. (2002). El aprendizaje basado en problemas en la formación inicial de docentes. *Perspectivas*, 32(3), 1-17. Recuperado de [http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS\\_METODOLOGIAS/ABP/igless\[1\].pdf](http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ABP/igless[1].pdf)
- ISO. (2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad–Fundamentos y vocabulario*. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Kanawaty, G. (2011). *Introducción al estudio del trabajo*. México, D.F, México: Limusa.
- Kjell B. Zandin. Manual de ingeniería industrial de Maynard, quinta edición. MEDICIÓN DE TRABAJO, Capítulo (McGRAW-HILL, 2001, 1992, 1971, 1963, 1956).
- Klabbers, J. H. G. (2008). *The magic circle: principles of gaming & simulation* (2ª ed.). Rotterdam, Países Bajos: Sense Publ.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey, EE. UU.: Prentice Hall.
- Kolb, A. y Kolb, D. (2005). Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education Experience-Based Learning. *Academy of Management Learning & Education* 4(2), 193-212. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/40214287?origin=JSTOR-pdf&seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/40214287?origin=JSTOR-pdf&seq=1#metadata_info_tab_contents)
- Krajewski, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis* (5ª ed.). México, D.F.: Pearson Educación.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. y Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. México, D.F.: Pearson Educación.
- Liker, J. (2011). *Toyota: Como el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. México. D.F.: Grupo Editorial Norma.
- Llaca, P. L. (2007). *Soluciones a Tareas Magistrales*. Morelia, México: Centro de Distribución Editorial.
- Lombana J. y Rozas, S. (2009). Marco analítico de la competitividad: Fundamentos para el estudio de la competitividad regional. *Revista científica Pensamiento y Gestión* 26(38), 1-38. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/view/854/4942>
- López J.; Alarcón E. y Rocha M.A. (2013). *Estudios del Trabajo. Una Nueva Visión*. México D. F., México: Ed. Patria.
- Mojarro-Magaña, M., Olgún-Tiznado, J., García-Alcaráz, J., Camargo-Wilson, C., López-Barreras, J. y Pérez-López, R. (2018). *Impact of the Planning from the Kanban System on Sustainability*, 10(2506), 1-24.
- Monsalve, G. P. (2019). *Programación y control para sistemas productivos y de servicios*. Colombia: Fondo editorial ITM.

- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: McGraw Hill.
- Ortiz-Triana, V. K. y Caicedo-Rolón, A. J. (2014). Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado – en Colombia. *Ingeniería Industrial*, 35(2), 114-127.
- Ovais, M. (2016). *Exploring Kanban in Software Engineering*. Oulu, Finlandia: Juvenes Print.
- Porter M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Vergara.
- Qualitas Hodie, (1999). Excelencia, desarrollo sostenible e innovación; julio: 62.
- Quesada, V. (1997). La teoría de colas. *Revista Panorama Económico*, 5(5), 19-28. Recuperado de <http://revistas.unicartagena.edu.co/index.php/panoramaeconomico/article/view/549>
- Rinaldi, C. (2001). The Pedagogy of Listening: Listening Perspectiva from Reggio Emilia. En *Innovations in Early Education: The International Reggio Exchange*. Vol. 8. No. 4.
- Ruiz, D. K. y Pérez, J. G. (2012). *Aprendizaje experiencial, una herramienta estratégica en el desarrollo de competencias organizacionales*. (Tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá- Colombia.
- Salazar, B. (31 de octubre de 2019a). *Manufactura celular*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/manufactura-celular/>
- Salazar, B. (1 de noviembre de 2019b). *Andon: Control visual* Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>
- Scheinder, S. (2005). *Cómo desarrollar la inteligencia y promover capacidades*. Buenos Aires, Argentina: Reymo.
- Senge, P., Roberts, C., Ross, R., Smith, B. y Kleiner, A. (1994). *La quinta disciplina en la práctica*. New York, EE. UU.: Doubleday.
- Stapleton, L. M. (2008). *Toward Present Listening: Practices and Verbal Response Patterns in Small Groups of Teacher Candidates and University Supervisors*, ProQuest.
- Suárez, J. (2015). *Análisis de los efectos de la implementación de un sistema Andon en una planta ensambladora de vehículos para el aumento de la productividad: caso Aymesa S.A.* (Tesis de maestría). Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Unalmed. (20 de noviembre de 2013). *Andon. Implementación paso a paso de la herramienta*. Recuperado de <http://andon2013.blogspot.com/2013/11/implementacion-paso-paso-de-la.html>
- Valpuesta, M. (2016). *Ejemplo de aplicación de herramientas Lean en una fábrica del sector automoción*. (Tesis de grado). Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91057/fichero/TFG+Ejemplo+de+aplicaci%C3%B3n+de+herramientas+Lean+en+una+f%C3%A1brica+del+sector+automoci%C3%B3n.pdf>
- Viveros, R. y Salazar, E. (2010). Modelo de planificación de producción para un sistema multiproducto con múltiples líneas de producción. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 24, 89-102.



*10 LÚDICAS PARA EL APRENDIZAJE  
DE HERRAMIENTAS DE PRODUCTIVIDAD*

Tipografía: Georgia

IUE, Institución Universitaria de Envigado  
Carrera 27 B # 39 A Sur 57 - Envigado Colombia  
2020

