

## UTILIZACIÓN DE LA LÚDICA PARA LA ENSEÑANZA DEL M.R.P. I

### RESUMEN

El artículo presenta una justificación descriptiva de una práctica constructivista destinada a mejorar la enseñanza de un tema especializado de Ingeniería Industrial. También relaciona la difusión de la práctica en varias universidades y describe el contexto propio de dicha práctica. Esa descripción incluye información sobre los productos, la planta de producción y el Modus Operandi. Y termina con algunas observaciones y conclusiones desde la experimentación en los salones de clase.

**PALABRAS CLAVES:** Planeación de los requerimientos de materiales, mudas, planeación de la producción, Documento de Materiales, lúdica.

### ABSTRACT

*This paper presents a descriptive justification of a pedagogic exercise based on constructivism. This exercise looks to facilitate the learning of an specific subject on industrial engineering. This article also covers the expansion of the use of the exercise on several universities and describes how it was contextualized during the process. This description includes information about the products, the production plant and the Modus Operandi. The paper finishes with observations and conclusions draw directly from experimentation in the classrooms.*

**KEYWORDS:** Materials Requirement Planning, wastes, production scheduling, Bill of Materials, games.

### 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ingeniería suele presentarse de forma cerrada, escasamente contextualizada y el proceso pedagógico se aborda de manera mecánica, surge entonces la necesidad de un método que sirva de base al **“Aprender Haciendo”**

En lugar de una transmisión de saberes y conclusiones, la persona que enseña comunica material en forma no acabada creando situaciones que generan inquietud conceptual.

El Grupo de la Enseñanza de la Investigación de Operaciones GEIO de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, trabaja desde hace más de 3 años en la búsqueda de elementos que faciliten la enseñanza de los conceptos de la Investigación de Operaciones y de la Ingeniería Industrial en general.

Si el objeto de estudio es observable se genera información, cuya utilidad es inmediata para plantear alternativas, esto ubica a los estudiantes en un camino simulado que ayuda a asimilar.

Para la enseñanza del M.R.P. I Materials Requirement Planning, se creó la lúdica denominada Rouge River y las Mudadas, que tiene por objetivos la enseñanza de los conceptos básicos del sistema M.R.P. I y la identificación

### MARILUZ OSORIO QUICENO

Estudiante de X semestre de  
Ingeniera Industrial  
Universidad Tecnológica de Pereira  
mariluz@utp.edu.co

### CESAR JARAMILLO

Profesor, M.Sc  
Universidad Tecnológica de Pereira  
cejana@utp.edu.co  
geio@utp.edu.co

de Mudadas, perdidas o wastes más comunes en un sistema productivo. Recibe el nombre de Rouge River en honor a Henry Ford.

El aprendizaje se facilita cuando el estudiante participa activamente en el proceso de aprendizaje; en la lúdica los participantes logran identificar los diferentes niveles del documento de materiales, visualizan el efecto de disminución en los inventarios de materias primas, inventarios de subensambles e inventario de producto final.

Esta simulación ha sido aplicada a estudiantes de tercer a noveno semestre de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira y a participantes de diferentes Universidades del país como La Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Universidad de Córdoba, Pontificia Universidad Javeriana de Cali y la Unidad Central del Valle del Cauca en Tulúa.

Inicialmente se describe la planta de producción y se muestran los productos, en segundo lugar se describe el procedimiento a seguir para la realización de la lúdica; se describe un ejercicio realizado en el salón de clase en el primer semestre del 2006 con integrantes del grupo GEIO y estudiantes del curso de Sistemas de Producción y de Inventarios, por último se presentan algunas conclusiones.

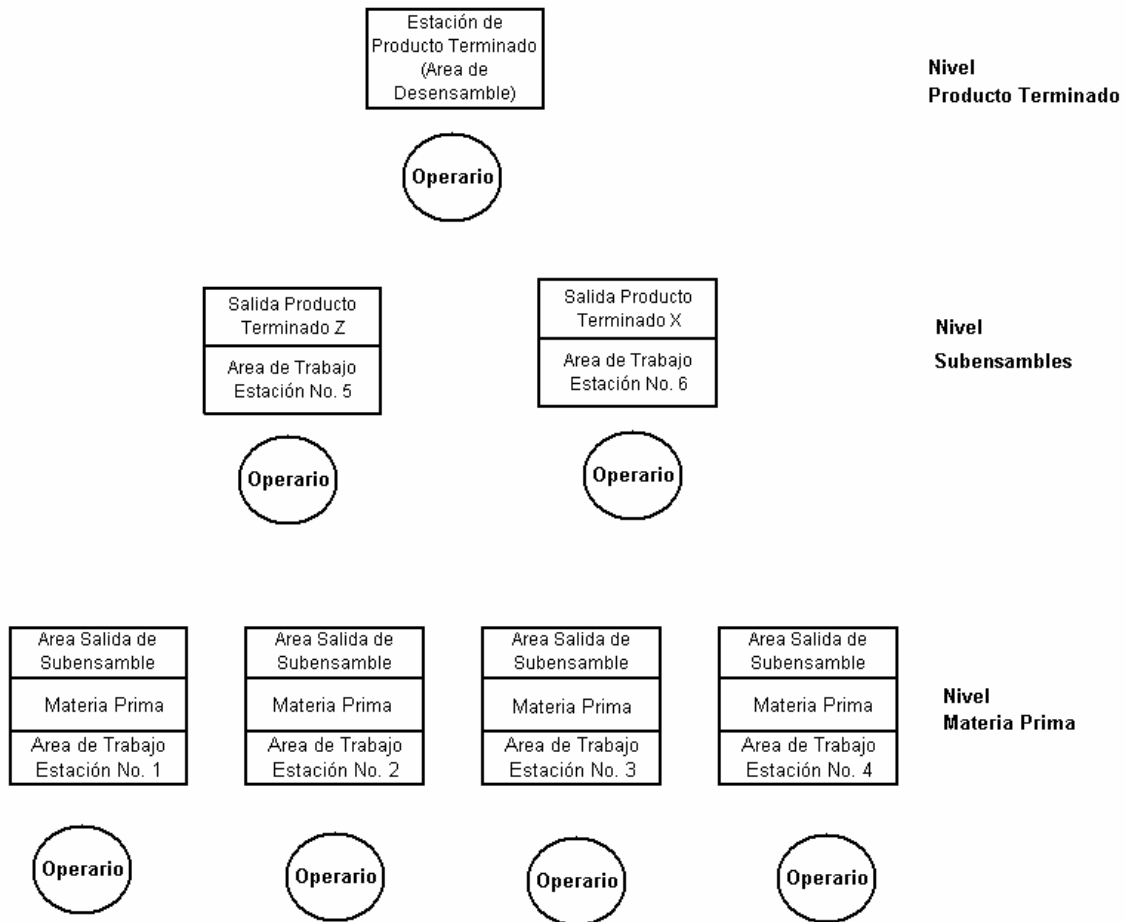


Figura 1. Distribución de planta  
Fuente: Autores

## 2. LA PLANTA DE PRODUCCIÓN Y LOS PRODUCTOS

La simulación de la Planta de Producción tiene como base la utilización de las fichas de lego para la fabricación de productos. Los productos son una adaptación de lo propuesto en el paper "The product X, The product Z, Production Laboratory" por Robert J. Schesinger [2]. El proceso de producción consiste en ensamblar 13 fichas en 4 subensambles diferentes para el producto X, (figura 2 y 4), y 10 fichas en 3 subensambles para el producto Z, (figura 3 y 5)

Se diseñó una planta con 6 estaciones de trabajo y un área de producto terminado (ver figura 1). Cada estación de trabajo es atendida por un operario; en la distribución de planta se pueden apreciar diferentes niveles: Materia Prima, Subensambles y Producto Terminado, que es una representación aproximada de un Documento de

Materiales<sup>1</sup>, uno de los tres componentes básicos del sistema M.R.P. I.

Los operarios deben ensamblar los productos dependiendo de los diseños, por facilidad, se le llama "8 amarillo" a una ficha de ocho pines de color amarillo, "6 azul" a una ficha de 6 pines de color azul, "4 rojo" a una ficha de cuatro pines de color rojo y así respectivamente a cada ficha.

Los patinadores se encargan de pasar los subensambles de las 4 primeras estaciones a las estaciones 5 y 6, y de las estaciones 5 y 6 al área de Producto Terminado; en el área de Producto Terminado que funciona también como área de desensamble, un operario cumple la función de proveedor de Materia Prima para las estaciones 1, 2, 3 y 4.

<sup>1</sup>En el Documento de Materiales se describen los artículos que entran en las diferentes fases del sistema productivo, se conoce también como lista de materiales o explosión

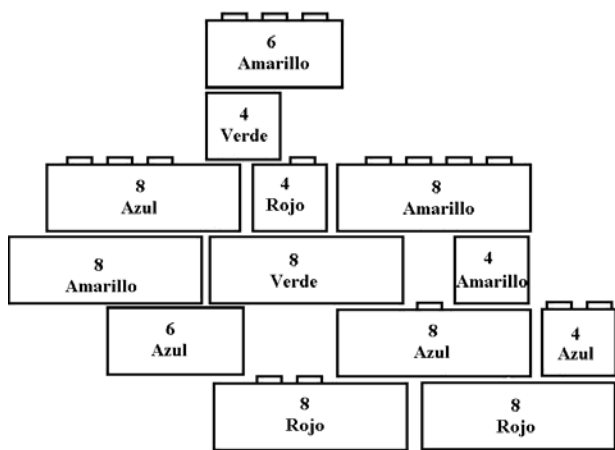


Figura 2. Producto X  
Fuente: Autores

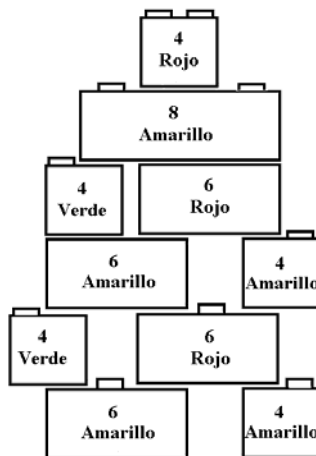


Figura 3. Producto Z  
Fuente: Autores

### 3. LA LÚDICA

En esta planta se producen dos tipos de productos, el producto X y el producto Z. En un Flow Shop a lo largo de seis estaciones de trabajo se ejecuta el ensamble de las fichas de lego, (Materia Prima), que conforman cada uno de los subensambles y las dos estaciones restantes realizan el ensamble de estas piezas que conforman los productos. Las estaciones 1, 2, 3 y 4 cuentan con contenedores donde se almacena el material requerido para realizar los subensambles.

Las órdenes de producción se generan de manera aleatoria con la ayuda de un mazo de cartas y una función de distribución de probabilidad, en la que cada carta está asociada a una cantidad y producto determinado. Los productos son fabricados en lotes de 5 y las órdenes son de 5, 10, 15 o 20 unidades. La estación número 1 cuenta con plantillas para colocar el subensamble.

Los datos correspondientes a la generación de la orden, Lead Time, producto y cantidad a producir, son registrados en el tablero de control de la producción, ver tabla No. 1

TIME	W.O.	CAR	X	Z	Q.L.T.	L.T.
0	1					
1	2					
2	3					
3	4					
4	5					
5	6					
6	7					
7	8					
8	9					
9	10					

Tabla No. 1 Tablero de Control de la Producción  
Fuente: Autores

La tabla No. 1 nos muestra en el primer renglón que en el tiempo cero (TIME 0) se genera la primera orden (W.O. Work Order), que una carta (CAR) está asociada a un producto y a una cantidad; se estableció un tiempo prometido de entrega (Q.L.T.) de 1 minuto para 5 unidades, 2 minutos para 10 y 15 unidades y 3 minutos para 20 unidades, en la casilla final L.T. (LEAD TIME) se anota el tiempo en que sale el producto terminado.

#### 3.1. Personal requerido

- Un Gerente General
- Un Gerente de Producción
- 7 Operarios
- 2 Patinadores

#### 3.2. Elementos requeridos

- 7 Centros de trabajo
- Contenedores de Materia Prima para las estaciones 1, 2, 3 y 4
- Materia Prima, (fichas de lego)
- Diseño del producto en cada estación de trabajo
- Plantillas de soporte para la estación No. 1
- Tablero de Producción
- Un cronómetro
- Un Marcador
- Contenedores en estación de producto terminado

#### 3.3. Procedimiento

Esta simulación se inicia con la generación de una orden de producción cada minuto. El Gerente de Producción generará nueve órdenes más de producción. Si la orden generada es del producto X

- Los operarios de las estaciones 1, 2, 3 y 4 realizarán los subensambles correspondientes
- El operario de la estación 5 recibe los subensambles de la estación 1 y 2, realiza la operación de ensamble de las dos piezas y el patinador lo pasa a la estación 6.
- El operario de la estación 6, recibe la pieza de la estación 5 y los subensambles de la estación 3 y 4, ensambla las tres partes colocando primero el subensamble que viene de la estación 3 y luego el subensamble que llega de la estación 4, finalmente el subensamble que viene de la estación 5
- Cuando está terminada la orden de producción en su totalidad, el operario de la estación 6 anuncia al Gerente de Producción la salida del producto terminado X
- El Gerente de Producción anota en el tablero de control de la producción, el tiempo en que la orden sale.

Si la orden generada es del Producto Z

- Los operarios de las estaciones 1, 2 y 3 realizan los subensambles correspondientes
- El operario de la estación 5 recibe los tres subensambles y realiza la operación de ensamble de las tres piezas, subensamble que llega de la estación 2 sobre el 1, por último el subensamble que viene de la estación 3.
- Cuando está terminada la orden de producción en su totalidad, el operario de la estación 5 anuncia al Gerente de Producción la salida del producto terminado Z
- El Gerente de Producción anota en el tablero de control de la producción, el tiempo en que la orden sale.

A medida que se desarrolla la lúdica, el Gerente General, ilustra a los participantes sobre los principales componentes del M.R.P. I (Plan Maestro de Producción, Documento de Materiales y Sistema de Mínimo de Stock [1]), nombra las Mudras, perdidas o wastes más comunes e invita a los participantes a que identifiquen dichas perdidas en el proceso de producción de X y Z. En la foto No. 1 se pueden apreciar las primeras 4 estaciones de la planta donde hay contenedores con materia prima.

En la lúdica se logran apreciar las mudras de: esperar partes, cuando los operarios de la estación 5 y 6 esperan los subensambles de las estaciones 1, 2, 3 y 4; los operarios de las 4 primeras estaciones deben contar las fichas de lego que deben ensamblar, esta es la Muda de Contar Partes; Almacenar Inventario cuando la producción en alguna estación está retrasada y esta influye en el trabajo de los operarios de la siguiente estación se genera inventario de producto en proceso a la

vez que representa tiempo ocioso; y el Reproceso se puede dar en las seis estaciones de trabajo cuando un operario ensambla de manera equivocada una ficha o un subensamble. Entre más variabilidad, más se afectará el proceso, pero como siempre hay variaciones el desempeño perfecto es imposible [3].



Foto No. 1 Estaciones 1, 2, 3 y 4, estudiantes y profesores de la Unidad Central del Valle del Cauca en Tulúa participando en el desarrollo de la lúdica  
Fuente: Autores

### 3.4. Los subensambles

El Producto X se compone de 4 subensambles y el Producto Z de 3.

Para el Producto X el operario de la estación 1 debe ensamblar 4 fichas (2 de fichas de 8 rojo, 1 ficha de 8 azul y 1 ficha de 4 azul); el operario de la estación 2 ensambla 5 fichas (6 azul, 8 amarillo, 8 verde, 8 azul y 4 rojo), el operario de la estación 3 ensambla dos fichas (8 amarillo y 4 amarillo) igualmente el operario de la estación 4 ensambla dos fichas (8 amarillo y 4 verde) .

Para el Producto Z los operarios de las dos primeras estaciones deben ensamblar 4 fichas (6 amarillo, 4 amarillo, 4 verde y 6 rojo) y el operario de la estación 3 ensambla 2 fichas (8 amarillo y 4 rojo).

Los Subensambles pasan a las estaciones 5 y 6 dependiendo del proceso de producción definido para cada producto

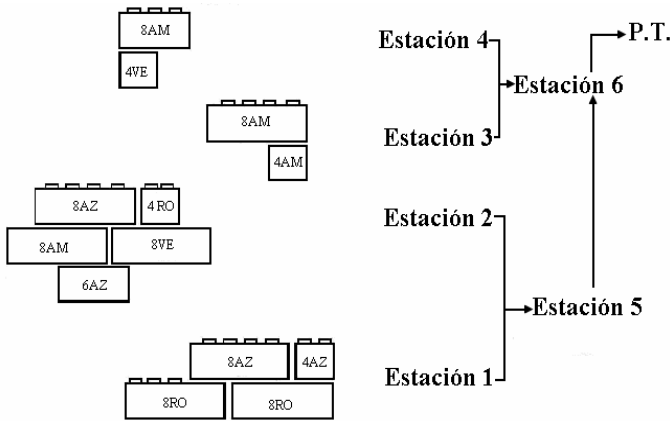


Figura 4. Subensambles del Producto X  
Fuente: Autores

Orden No.	Demanda 1	Demanda 2	Demanda 3	Demanda 4	Tasa de Producción (Promedio)	Capacidad
1	5	15	5	5	7,5	5
2	5	15	10	5	8,75	5
3	5	15	10	15	11,25	10
4	5	5	15	15	10	10
5	5	15	5	10	8,75	5
6	5	5	10	5	6,25	5
7	5	10	15	10	10	10
8	10	5	10	10	8,75	5
9	15	15	5	10	11,25	10
10	15	20	20	10	16,25	15

Tabla No. 2 Demandas Históricas, tasa de producción y capacidad de la planta por orden de producción  
Fuente: Autores

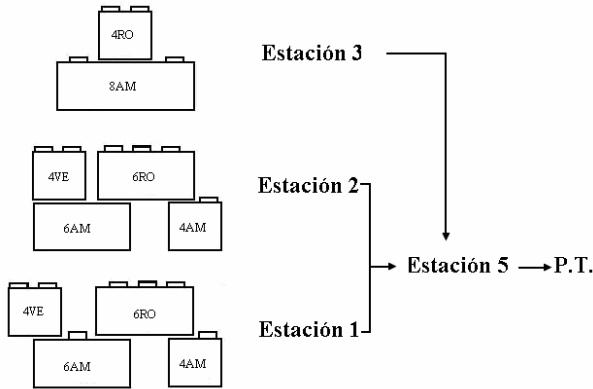


Figura 5. Subensambles del Producto Z  
Fuente: Autores

Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda Pronosticada	5	5	10	15	10	5	5	10	10	10
Capacidades	5	10	10	10	10	5	10	10	10	15

Tabla No. 3 Demandas pronosticadas y capacidades para cada orden  
Fuente: Autores

#### 4. EXPERIMENTACIÓN EN EL SALON DE CLASE

En el laboratorio del grupo GEIO, se realizaron 4 corridas de producción para obtener datos históricos de producción y obtener el pronóstico de la demanda, se estableció que  $k=50$  pesos (Costo de Pedir),  $I=20\%$  y  $C=5$  pesos (costo de mantener inventario) que es el mismo para todas las fichas.

Usando los tiempos de producción promedio por orden se determinó la Tasa de producción promedio, y ajustando esta tasa por debajo a un número de lote coherente con la producción, se logró determinar la capacidad.

A los estudiantes del grupo 2 de Sistemas de Producción y de Inventarios de la Facultad de Ingeniería Industrial del I semestre del 2006 se les presentó información concerniente a demandas históricas, tasa de producción promedio por orden y la capacidad, ver tabla No. 2, se calculó un pronóstico para la demanda, ver tabla No. 3.

En general, después de presentada la lúdica se le entrega a los participantes el formato, Estructura del Documento de Materiales en blanco, para X y para Z, y en un ejercicio grupal dirigido por el gerente general se construye el documento llenando estos espacios con la información que brinda cada estación (información sobre Materia Prima, Subensamblé o Producto Terminado); a los estudiantes del grupo 2 de Sistemas de Producción y de Inventarios no se les entregó el formato y se les solicitó que realizaran dicho documento para cada producto.

Después de realizada la lúdica, el trabajo de los estudiantes comprendió la realización del Documento de Materiales para los dos productos, y con los datos proporcionados utilizaron las siguientes técnicas para la programación de la producción: Programación maestra por niveles, cantidad económica de pedido, heurística de Silver Meal, dimensionamiento de lote con restricciones de capacidad y la técnica aproximada de desplazamiento de lote.

La lúdica permite ver el comportamiento de los inventarios, los operarios de las cuatro primeras estaciones llevan un control de la cantidad de materia prima utilizada en cada subensamblé y con esta información es posible construir la gráfica que ilustra su disminución, en cada orden de producción se gasta o consume una cantidad de materia prima que disminuye los niveles de inventario iniciales (cantidad económica de pedido), ver foto No. 2.



Foto No.2 Estudiante de VI semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, integrante del grupo GEIO y del equipo de trabajo de Rouge River y las Mudas, realizando la gráfica del comportamiento de los inventarios de materia prima de la fábrica Rouge River.

Fuente: Autores

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con ésta técnica pedagógica, los estudiantes del grupo 2 de la materia Sistemas de Producción y de Inventarios, lograron VER LOS CONCEPTOS, logrando relacionar muy bien la teoría con la práctica.

Permitir que el estudiante registre en el Documento de Materiales lo que esta sucediendo con el proceso, se puede considerar una explosión de creatividad cinética, que produce una apropiación plena del conocimiento.

El uso de la lúdica en éste tipo de actividades, dispara la creatividad. Los estudiantes que carecen de los conocimientos básicos, plantean muchas inquietudes conceptuales sobre los temas tratados.

Para quienes poseen los conocimientos básicos, el uso de referentes no populares, muy participativos, les permite una fuerte fijación de los conceptos en su dimensión comprensiva. Son quienes dicen: ahora SI ENTENDÍ, O ESO NO SE ME OLVIDARÁ.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] FONOLLOSA GUARDIET, Joan B. Nuevas Técnicas de Gestión de Stock: MRP y JIT primera edición, 144 páginas, Ramón Companys Pascual, México, 1999.
- [2] SCHESINGER, Robert J. Paper "The Product X, The Product Z, Production Laboratory" Con relación al congreso en Atlanta IFORS meeting 2002

- [3] SPERMAN, Mark L. White Paper Series. To Pull or not to Pull, What is the questions? Part II Making Lean Work in your plant, 2002.