

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA ENSEÑANZA Y  
APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE  
OPERACIONES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
A TRAVES DE GAMIFICACION (GAME BASED LEARNING)**

**PAOLA ANDREA LÓPEZ ESPITIA**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D. C.  
2014**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA ENSEÑANZA Y  
APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE  
OPERACIONES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
A TRAVES DE GAMIFICACIÓN (GAME BASED LEARNING)**

**PRESENTADO POR:**

**PAOLA ANDREA LÓPEZ ESPITIA**

**TRABAJO DE GRADO**

**DIRECTOR**

**ELIANA MARÍA GONZÁLEZ NEIRA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

## TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. JUSTIFICACIÓN.....	8
3. OBJETIVOS .....	10
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
5. ANTECEDENTES.....	13
5.1 REVISIÓN LITERARIA DE LA GAMIFICACIÓN (GBL) .....	13
5.2 RESULTADOS DE CASOS DE APLICACIÓN DE GAMIFICACIÓN (GBL) .....	15
5.3 PROCESO DE SERVICIO DE ENSEÑANZA A MEJORAR DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE BASADO EN GAMIFICACIÓN .....	16
5.4 NECESIDAD DE IMPLEMENTAR GAMIFICACIÓN EN OPTMIZACIÓN DE OPERACIONES.....	20
6. METODOLOGÍA.....	23
7. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE .....	27
7.1 LISTADO DE TEMAS COMPRENDIDOS EN LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES.....	28
8. SELECCIÓN DEL JUEGO.....	31
8.1 SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE JUEGO .....	31
8.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS MINIMOS CUMPLIDOS POR CADA POSIBLE JUEGO SELECCIONADO .....	32
8.3 SELECCIÓN DEL JUEGO DE ESTRATEGIA .....	33
8.4 SELECCIÓN DEL JUEGO DE GRANJA.....	33
8.5 ESTUDIO DE VARIABILIDAD PARA EL JUEGO MÁS OPCIONADO DE ESTRATEGIA: HAY DAY .....	34
8.5.1 CREACIÓN DE TRES DIFERENTES USUARIOS PARA CADA PLATAFORMA VIRTUAL DEL JUEGO SELECCIONADO.....	35
8.5.2 LISTADO DE DECISIONES TOMADAS EN CADA UNA DE LAS PLATAFORMAS VIRTUALES .....	36
8.5.3 RESULTADOS DE LAS DECISIONES TOMADAS EN CADA NIVEL PARA CADA USUARIO.....	37
9. RETOS SEMANALES DE LA ASIGNATURA OO POR MEDIO DE GAMIFICACIÓN (OUTPUT DEL PROCESO) .....	39
9.1 CONTEXTO DE CADA ESCENARIO: PARÁMETROS, DEMANDAS Y REQUISITOS. ....	39
9.2 LISTADO DE RETOS SEMANALES A CUMPLIR PARA CUMPLIR LAS TEMÁTICAS DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES.....	44

9.3 MODELOS MATEMÁTICOS Y SOLUCIONES OBTENIDOS EN EL JUEGO SELECCIONADO PARA CADA RETO SEMANAL .....	44
9.3.1 FORMULACIÓN COMPACTA .....	46
9.3.2 SOLUCIÓN PARA EL ESCENARIO 16 (PROPUESTO) .....	48
9.3.3 TIEMPO REQUERIDO POR EL ESTUDIANTE PARA PASAR UN NIVEL.....	50
9.3.4 ¿QUÉ CAMBIOS TENDRÍA LA FORMULACIÓN MATEMÁTICA SI LO QUE SE QUIERE ES REALIZAR UN MODELAMIENTO GLOBAL? .....	51
9.3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTENIDO SEMANA A SEMANA - ¿CÓMO REALIZAR LA PRUEBA PILOTO? .....	54
10. GUÍA DE EVALUACIÓN PROPUESTA PARA EL PROFESOR .....	55
10.1 MATRIZ DE CALIFICACIÓN PARA CADA RETO SEMANAL PROPUESTO.....	55
10.2 RETROALIMENTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE (PROFESORES DE LA ASIGNATURA OO) .....	56
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## GLOSARIO

**E-LEARNING:** El concepto de e-Learning (o de otros similares como teleformación, educación virtual, cursos on line, enseñanza flexible, educación web, docencia en línea, entre otros) es una modalidad de enseñanza-aprendizaje que consiste en el diseño, puesta en práctica y evaluación de un curso o plan formativo desarrollado a través de redes de ordenadores y puede definirse como una educación o formación ofrecida a individuos que están geográficamente dispersos o separados o que interactúan en tiempos diferidos del docente empleando los recursos informáticos y de telecomunicaciones. Lo característico del e-Learning es que el proceso formativo tiene lugar totalmente o en parte a través de una especie de aula o entorno virtual en el cual tiene lugar la interacción profesor-alumnos así como la actividades de los estudiantes con los materiales de aprendizaje. (Moreira & Segura; 2009).

**GAMIFICACIÓN (GAME BASED LEARNING):** GBL por sus siglas en inglés, se refiere a todo aprendizaje basado en juegos. Según Connolly et al. (2007), GBL puede definirse como el uso de un juego para ofrecer, apoyar y mejorar la enseñanza, el aprendizaje, la evolución y la evaluación.

**JUEGOS DE ESTRATEGIA:** la teoría de juegos de estrategia puede ser entendida como una teoría matemática de decisiones por parte de los participantes en un entorno competitivo. La teoría de los juegos de estrategia concierne en el problema de escoger acciones óptimas teniendo en cuenta todas las posibles opciones y eventos del participante en el entorno. Ejemplos de juegos de estrategias pueden ser juegos de naturaleza militar, de construcción de ciudades, de roles de ganadería y agricultura, Un juego de estrategia contiene una serie de reglas y misiones que deben ser cumplidas por parte del participante para lograr avanzar en los distintos niveles de cada plataforma virtual (Dresher, 1961)

**OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES:** La optimización de operaciones es uno de los principales instrumentos para modelar situaciones de la vida real en diferentes tipos de sistemas. Utiliza criterios cuantitativos y cualitativos para determinar factores de decisión, los cuales son determinantes para establecer un discernimiento en cualquier tipo de investigación. Todo esto lo podrá asimilar el estudiante a través del conocimiento de técnicas de optimización tales como programación lineal, programación dinámica, control de inventarios, pronósticos, análisis de decisión, y teoría de colas. (SIU Pontificia Universidad Javeriana, 2013)

**M-LEARNING:** M-Learning es un nuevo paradigma de aprendizaje que explota el uso de dispositivos móviles en la educación (Sharples et al., 2002). Jones y Jo (2004) añadieron que M-Learning incluye el concepto de cualquier momento / en cualquier lugar. Los sistemas M-Learning pueden ser una plataforma ideal para GBL, ya que estos sistemas pueden mejorar el aprendizaje de por vida y puede proporcionar los métodos educativos más versátiles (Lavín-Mera et al., 2008).

MODELO ARCS: Keller (1979, 1983) ha desarrollado una teoría de cuatro factores para explicar la motivación. El primero es la atención (A), el segundo relevancia (R), el tercero de confianza (C), y la cuarta satisfacción (S). El modelo también contiene las estrategias que pueden ayudar a un instructor estimular o mantener cada elemento motivacional.

-Factor de atención: La atención de un estudiante tiene que suscitar y sostenerse. Esta categoría también incluye las cosas que se relacionan con la curiosidad y la búsqueda de sensaciones.

-Factor de relevancia: Después de que se ganó la atención del estudiante, un estudiante puede preguntarse cómo el material dado se relaciona con sus intereses y metas. Si el contenido se percibe como útil en el logro de los objetivos de uno, entonces es más probable que estén motivados.

-Factor de confianza: Los estudiantes tienen que saber que probablemente será un éxito antes de completar una tarea dada. Tienen que sentir algo de confianza. El éxito no está garantizado y la gente disfruta de un desafío.

-Factor de satisfacción: Si los resultados de los esfuerzos de un alumno son consistente con sus expectativas y se sienten relativamente bien con esos resultados, se mantienen motivados.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, los avances en el campo de la ciencia y la tecnología influyen en gran medida nuestro estilo de vida, afectan nuestras vidas y causan cambios en todos los aspectos de ellos. Estos acontecimientos también afectan a las formas de enseñanza y aprendizaje. Como resultado las innovaciones tecnológicas revelan una nueva generación de herramientas educativas diseñadas para ayudar a los estudiantes a aprender de una manera no tradicional. Hoy en día tener ordenadores en las aulas, a menudo, no es suficiente para acoger a los estudiantes con conocimientos tecnológicos. Por lo tanto, la enseñanza a través de juegos y simulaciones tiene un potencial para involucrar a los estudiantes de la actualidad que son maestros de la tecnología de la información y la comunicación. Por otra parte, los juegos de ordenador o dispositivos electrónicos tienen entornos virtuales interesantes y entretenidos que pueden ser aprovechados como una herramienta importante para apoyar los procesos de enseñanza (Yigit, 2007; Tüysüz, 2009).

La motivación y las características envolventes de los juegos de ordenador pueden ayudar y animar a los estudiantes a mantener su interés y trabajo sobre un tema específico en el ámbito educativo formal y no formal. Los juegos pueden ayudar a los educadores en donde la matemática es significativa y pueden motivar a los estudiantes a involucrarse y participar activamente en las actividades de aprendizaje en un contexto que simula la vida real (Demirbilek; Tamer, 2010).

Teniendo en cuenta como se ha revolucionado el mundo de la enseñanza actualmente, este trabajo busca aportar al pensum académico de la materia Optimización de Operaciones, del Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, una propuesta para aplicar un juego de estrategia comercial ya existente para promover la enseñanza lúdica y facilitar al estudiante la capacidad de aplicar los conceptos de la materia en un simulador de una actividad de la vida real. Así se permite ver de manera inmediata los resultados de una decisión y cultivar el pensamiento crítico en el estudiante que lo conlleve a mirar cuáles serían las decisiones a tomar para lograr un objetivo específico. Análogamente dicha propuesta facilitará al profesor de la asignatura el hecho de tener que buscar o estructurar un caso final semejante a una situación de la realidad en donde el estudiante se vea obligado a aplicar los conceptos aprendidos durante el semestre.

Dicha propuesta se verá como un proceso de servicio existente, en este caso el curso optimización de operaciones, en donde se quiere mejorar el proceso de aprendizaje por medio de un proveedor tercerizado (implementación de un juego de estrategia comercial existente) en donde el cliente en este caso serán tres profesores con los cuales se tendrá un acompañamiento durante el proceso para lograr el cumplimiento de los requerimientos y expectativas, teniendo en cuenta que son ellos los que tienen el conocimiento pleno de los temas que se deben abarcar para cumplir con los objetivos de la materia. Este proceso de servicio tendrá como salida una guía completa de cómo desarrollar la materia Optimización de Operaciones a través de la gamificación, con sus respectivas indicaciones de cómo evaluar el progreso semana.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La materia Optimización de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana busca en el estudiante inculcar la habilidad para reconocer problemas potenciales de Programación Lineal, fomentar el pensamiento crítico y lograr que el estudiante se transporte a una realidad para saber qué decisiones tomar. Pero para el maestro, transportar al estudiante a esta realidad no es fácil, puesto que ellos no se ven enfrentados directamente a las consecuencias que conlleva una decisión, pues simplemente se aplica al problema para obtener una utilidad o disminuir costos, sin facilitar la retroalimentación inmediata de lo que esto conlleva.

Siendo así, es como se quiere por medio de esta propuesta vincular un juego que le permita al estudiante enfrentarse a una realidad que le permita ver de manera inmediata las consecuencias de sus decisiones, permitiendo crear un proceso netamente estocástico en donde el estudiante logra ver cómo una decisión puede llevarlo a otra situación totalmente distinta en donde tiene que volver a pensar qué hacer y cómo hacerlo para lograr uno o varios objetivos establecidos.

Es por esto que se pretende usar el aprendizaje basado en juego para esta asignatura, ya que es una herramienta efectiva usada para el aprendizaje (Kebritchi & Hirumi, 2008) que promueve las experiencias académicas de los estudiantes (Papastergiou, 2009). Según Connolly et al. (2007) *Game Based Learning* (GBL por sus siglas en inglés) puede ser definido como el uso de un juego enfocado a entregar, soportar y mejorar la enseñanza, aprendizaje, valoración y evaluación.

Kebritchi & Hirumi (2008) identificaron las cinco siguientes razones para definir GBL como una efectiva herramienta para el aprendizaje.

- GBL utiliza la acción en vez de la explicación
- GBL crea motivaciones y satisfacciones personales
- GBL acopla múltiples estilos de aprendizaje y habilidades
- GBL refuerza el dominio de las habilidades
- GBL provee e interactúa con un contexto de decisiones

Ahora bien, teniendo en cuenta las ventajas del uso de la gamificación (GBL) se decidió trabajar para este proyecto de grado con un juego de estrategia gratuito existente en el mercado, por dos razones: intereses de los jóvenes y semejanza con procesos industriales o de servicios. En términos de los intereses de los jóvenes, según estudios publicados en el año 2008 por The Entertainment Software Association, se reveló que el juego de computador más vendido para el año 2007 fueron los de la categoría de estrategia (33.9%) y juegos de roles (18.8%) mientras los juegos de violencia y armas solo un 11.6%; en donde dentro de la categoría de juegos de estrategia podemos encontrar juegos de construcción, juegos de agricultura, juegos de medicina. En cuanto a la semejanza con procesos industriales o de servicios los juegos de estrategia involucran a la toma de decisiones para conseguir beneficios que se asemejan a entornos reales, ya que se tienen recursos limitados, se buscan



objetivos y con base en ello hay que decidir. Adicionalmente aunque los juegos de violencia podrían cumplir con esa característica se descartan dado que tienen un componente no ético pues involucran asesinatos dentro del juego. Se entrarán a evaluar algunos de los juegos de estrategia gratuitos más utilizados por los jóvenes para determinar cuál de éstos debe ser el mejor para lograr óptimos resultados en la propuesta.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una guía completa con objetivos y resultados para la utilización de un juego de estrategia gratuito (ya existente en el mercado) como herramienta de enseñanza y puesta en práctica de los conocimientos de la asignatura Optimización de Operaciones

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los requerimientos mínimos que debe cumplir un juego de estrategia gratuito para ser utilizado como herramienta de aprendizaje y enseñanza de la asignatura Optimización de Operaciones.
- Realizar una evaluación de diferentes juegos de estrategia gratuitos para seleccionar el más adecuado en términos de menor variabilidad y mayor cercanía a la realidad de un entorno industrial con los requerimientos solicitados por tres profesores de la asignatura Optimización de Operaciones.
- Plantear los retos semanales a lograr en el juego de estrategia gratuito seleccionado con sus posibles modelos matemáticos y sus respectivas soluciones.
- Evaluar la calidad de los retos semanales propuestos para lograr el cumplimiento de los objetivos y contenidos de la asignatura Optimización de Operaciones con tres profesores de la misma.
- Realizar una guía para el profesor de cómo evaluar el progreso semanal de los retos con la aprobación de tres profesores de la asignatura Optimización de Operaciones.

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una creciente creencia que los estudiantes y métodos de aprendizaje están cambiando. Los estudiantes de hoy en día han crecido en una generación diferente de la de sus padres. Estos han crecido con juegos de computadores y otras tecnologías que llevan a un cambio en sus preferencias de estilo, sus interacciones sociales y aun así sus preferencias de aprendizaje (Bekebrede et al., 2011).

Es también como está extensamente aceptado que este nuevo estilo de aprendizaje requiere una nueva manera de enseñanza por parte de los maestros, ya que la generación de hoy en día requiere una manera de enseñanza que les cause nuevas motivaciones y capture su atención, enganchándolos en el proceso de aprendizaje (Csikszentmihalyi, 1990).

En los últimos años, el uso de dispositivos móviles como plataformas para GBL ofrece nuevas opciones para proveer nuevas y mejores experiencias del aprendizaje. Los dispositivos móviles pueden cambiar el comportamiento de los jóvenes e interactuar entre ellos (Motiwalla, 2007). M-Learning es un nuevo paradigma de la enseñanza que explota el uso de dispositivos móviles en la educación (Sharpley et al., 2002).

El sistema M-Learning puede ser una plataforma ideal para GBL porque puede proveer nuevos métodos más versátiles para la educación (Laving–Mera et al., 2008). El extenso uso de plataformas de juegos portátiles entre personas jóvenes hace que GBL móvil sea verdaderamente relevante porque en ciertos momentos ociosos del día pueden ser tenidos en cuenta como momentos de oportunidad para aprender (Virvov & Alepsis, 2005).

La educación en gerencia de operaciones (OM) emplean una amplia gama de juegos (Riis & Mikkelsen, 1995), ranqueando desde el simple “tabletop” (Robinson & Robinson, 1994) y los experimentos “read bead” (Deming, 1986) a sistemas de simulación como el de la cerveza (Forrester, 1961) y los juegos de fabricación “Cuppa” (Ammar & Wright, 1999) hasta interacción de más complejos escenarios como “Training Factory” (Haapsalo & Hyvönen, 2001).

Los juegos y simuladores de OM conciernen en que “aspectos interesantes y retadores son difíciles de transmitir eficientemente en un ambiente puramente teórico porque los estudiantes necesitan de alguna manera la experiencia directa con el problema de operaciones del sistema productivo al que se están enfrentando” (Ammar & Wright, 1999).

Por ejemplo, para el año 1997, dos profesores jóvenes, que dictaban en distintas facultades un MBA de operaciones en la universidad de Stanford (Sunil Kumar y Samuel Wood), se vieron enfrentados a diferentes dudas de los estudiantes de cómo se podían observar variables operacionales en la vida real. Decidieron crear un juego para PC en donde los profesores pueden decidir qué tipo de juego o simulación ponerle a sus estudiantes: si una fábrica de alta tecnología llamado Little Field

Technologies o un servicio de pruebas de sangre llamado Little Field Labs. Los estudiantes se dividen en equipos para competir entre ellos y se enfrentan a diferentes situaciones como: compra y venta de capacidad, cotizaciones, tiempos de entrega, cambio de parámetros cuando se tiene mucho inventario o poco, planificación de la producción, etc. El juego busca crear en el estudiante la capacidad de analizar los procesos, gestionar la capacidad, pronosticar demandas, controlar la producción y los inventarios, los sistemas de cola, y llevar la gestión de tiempo. Los profesores proveen las dos horas para jugar en clase para cumplir objetivos y competir entre ellos, y 7 días por fuera, es decir trabajo por cuenta de los alumnos.

Como se puede observar la anterior herramienta fue diseñada exclusivamente para el aprendizaje de temáticas de Investigación de Operaciones, Producción y Logística pero *¿es posible utilizar uno de los tantos juegos de estrategia gratuitos más utilizados por los jóvenes en un dispositivo móvil, para llevar a cabo el aprendizaje y evaluación de los temas vistos en la asignatura de Optimización de Operaciones?* Este interrogante surge porque se ve la necesidad de utilizar una metodología de enseñanza que sea interactiva, motivadora y llamativa para el aprendizaje de los estudiantes, pero que al mismo tiempo asemeje las condiciones reales de un entorno empresarial, de tal manera que se pueda evaluar la capacidad y competencia de los estudiantes para la toma de decisiones a través de modelos, sin necesidad de hacer una aplicación directa en una empresa real, pero con todas las características de una empresa real.

Es así pues como la pregunta de investigación que nos surge es *¿cómo debe ser el esquema de trabajo con un juego de estrategia gratuito en el mercado, tanto a nivel de tareas asignadas como de evaluaciones, para cubrir la puesta en práctica de los temas de Optimización de Operaciones y evaluar la capacidad de toma de decisiones de los estudiantes con modelos matemáticos y métodos heurísticos?*

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1 REVISIÓN LITERARIA DE LA GAMIFICACIÓN (GBL)

La capacidad de resolver problemas ha sido reconocida como una habilidad crítica para ser adaptada a la manera de vivir en el siglo 21 (Kuo et al., 2012). Dicha capacidad consiste de seis habilidades: reconocer la naturaleza del problema, determinar los pasos para desarrollar el problema, determinar estrategias para llegar a la solución del problema, escoger la información apropiada, localizar los recursos necesarios y monitorear el proceso de la resolución del problema (Stenberg, 1988).

Debido a la popularidad de los computadores y comunicaciones tecnológicas, estudios recientes muestran que las capacidades para la resolución de problemas por parte de los estudiantes puede ser fomentada conduciendo actividades lúdicas de enseñanza en la web (Chen, 2010; Hwang et al., 2008; Kim & Hannafin, 2011; Merrill & Gilbert, 2008) denominadas actividades basadas en la web para la resolución de problemas. Varios estudios han mostrado resultados positivos en cuanto a la efectividad de éstas para la resolución de problemas en varias áreas del conocimiento, tales como ciencias sociales (Kuo et al., 2010), apreciación de la música (Chandra & Watters, 2012), matemáticas (Rae & Samuel, 2011) y biología (Yu et al., 2010).

Cada vez más se han encontrado estudios en donde se descubre que los estudiantes pueden llegar a perderse o sentirse frustrados mientras buscan información para resolver problemas complejos sin una guía de aprendizaje o acompañamiento en el internet (Hargittai, 2006; Li & Kirkup, 2007). Como consecuencia, investigadores han enfatizado la importancia de proveer al estudiante un soporte académico para la web, basado en actividades de resolución de problemas, que fortalezca el desarrollo del conocimiento del estudiante adentrándolos en un proceso donde disfruten aprender (Kauffman et al., 2008).

Dentro de las aplicaciones para el aprendizaje que se pueden encontrar en la web, están los juegos. La educación basada en juegos tiene varias características relevantes, tales como representación, diversión, metas, resultados, retroalimentación, competencia, retos, resolución de problemas, tareas, historia, etc. (Félix & Johnson, 1993; Prensky, 2001) que ayudan a incrementar la motivación del estudiante, ya que les permite “aprender haciendo”.

Los juegos de computadores conocen las necesidades actuales y los intereses de los niños y se han convertido en la actividad más popular en el mundo de los computadores, brindando un nuevo modo de interactuar. Algunas de las ventajas de estos juegos se ven atribuidas por que son atractivas, proveen una nueva atmosfera y ayudan a mantener el foco de aprendizaje por medio de las tareas o misiones del juego (Heinich et al., 2002).

Los niños, como los humanos, aman el hecho de aprender cuando este aprendizaje no es forzado: los modernos juegos para computador o videojuegos en consolas proveen una oportunidad de aprendizaje cada segundo o fracción que transcurre en el

desarrollo del juego y permiten a las personas recrearse en nuevos mundos logrando archivar no solo un momento de recreación si no también profundos conocimientos (Prensky; Gee, 2003).

Algunos educadores consideran que un aprendizaje basado en juego es una herramienta poderosa en el acercamiento del seguimiento de instrucciones. (Von Wangenheim & Shull, 2009). Kinzie & Joseph (2008) indicaron que un juego es una actividad inmersiva, voluntaria y agradable en donde una meta restante es perseguida y alcanzada según las reglas iniciales. Yang (2012) descubrió que la utilización de un juego con fines académicos era muy útil para promover en los estudiantes las habilidades en la resolución de problemas.

El uso de juegos en el aprendizaje puede llegar a beneficiar a los estudiantes en múltiples campos. En primer lugar está demostrado que en los juegos las habilidades, conocimientos y práctica son más fáciles de transferir y enseñar que cuando se usa un sólo tipo de problema. Una vez dominado, el conocimiento y las habilidades son empleados además de proveer un sobre-aprendizaje. Esto lleva a que el aprendizaje y las habilidades se vuelvan automatizadas y consolidadas en la memoria haciendo que el estudiante se enfoque conscientemente en la comprensión y aplicación (Gentile & Gentile, 2005).

Por otra parte los juegos tienen una secuencia en aumento de dificultad y complejidad según el avance del juego en niveles, demostrando el cumplimiento de metas según el avance. Esto puede ser usado como una herramienta educacional ya que se tienen objetivos claros, avanzando la dificultad múltiple que se vive al adaptarse a cada nivel según el conocimiento y habilidades de cada nivel (Gentile & Gentile, 2005).

El tiempo que los jóvenes dedican en juegos digitales es un factor importante que puede determinar si la educación con juegos puede ser interesante para los jóvenes. Investigaciones Americanas indican que la popularidad de los juegos digitales sigue creciendo pues tienen un gran atractivo desde finales de los 90s, cuando Anderson (US Senador, 2000) reclamó que los juegos digitales estaban consumiendo una cantidad considerable de tiempo cada año. El promedio de los estudiantes de séptimo grado estaban dedicando cuatro horas por semana a los juegos electrónicos, y cerca del 50% de esos juegos eran violentos. Por otro lado 77% de los niños reportaron que jugaban en casa algunas veces mientras que 24% reportó que jugaban todos los días. Significativamente, más del 60% de los niños reportó que jugaba más tiempo del que tenían destinado a jugar (Cesarone, 1998).

Los últimos descubrimientos por Entertainment Software Association (ESA) (2009), revelaron que el 68% de los hogares juegan en computadores o video juegos. Adicionalmente, el número de hogares jugando se incrementó 3% desde el 2008 representando el crecimiento de los software de entretenimiento (Paraskeva, Mysirlaki, Papagianni, 2010).

Ahora bien considerando los juegos de preferencias, un estudio reciente sugirió que las dos categorías de juegos más jugados por niños de séptimo y octavo grado, son

juegos que involucran violencia (preferido por un 32%) y juegos de deporte (preferido por un 29%) (Funk, 1993).

Hoy en día dicha preferencia ha cambiado, pues los juegos de estrategia y roles parecen ser los más populares que los juegos de armas y violencia. El centro de entretenimiento de USA (ESA) (2008) reveló que el juego de computador más vendido para el año 2007 fueron los de la categoría de estrategia (33.9%) y juegos de roles (18.8%) mientras los juegos de violencia y armas solo un 11.6%. (Paraskeva et al., 2010).

Los estudiantes del siglo 21 gastan un tiempo considerable jugando digitalmente. Los juegos digitales basados en aprendizaje (DGBL) ofrecen una serie de beneficios únicos a la educación: a) involucran desafíos, curiosidad, control y fantasía incrementando el interés de los estudiantes y una motivación intrínseca para la educación (Dickey, 2006; Provenzo, 1991) b) Mezclar prácticas y ejercicios llevando a que los estudiantes retengan de una manera más fácil la información (Dondi & Moretti, 2007) c) proveen una retroalimentación inmediata, permitiendo a los estudiantes probar hipótesis y aprender de sus acciones (Sung, Chang & Lee, 2008) y d) Ofrecen oportunidad para una autoevaluación a través del mecanismo del puntaje y alcanzar diferentes niveles (Sykes, 2006).

## 5.2 RESULTADOS DE CASOS DE APLICACIÓN DE GAMIFICACIÓN (GBL)

En el año 2008 Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, Sierra y Fernández-Manjon encontraron un número considerable de juegos que fueron creados con ámbitos comerciales más no académicos, pero que aun así sus contenidos y modelos son tan ricos y detallados que pueden tener un valor educacional si se manejan de la mejor manera. Uno de dichos juegos comerciales denominado SimCity se concentra en la gerencia y economía práctica de diferentes ambientes y situaciones, en donde deben construir ciudades, tener ciudadanos, tener fábricas, empresas, tiendas, automóviles, teniendo en cuenta una serie de misiones que el juego pone como retos para poder avanzar de nivel. Así mismo se encontraron los juegos denominados SimFarm y SimHealth que han sido utilizados con fines académicos por Starr (1994). El primero de ellos trata de situaciones agrícolas, es decir, en donde el jugador, debe enfrentarse a diferentes misiones teniendo en cuenta objetivos y restricciones de capacidad o producción. Es así como estos ejemplos demuestran una alternativa para encontrar el balance perfecto entre los dos extremos, la modificación de un juego comercial existente para mejorar el valor de la educación (Purushotma, 2005).

A continuación se presenta el resumen de dos investigaciones que intentaban probar la efectividad del uso de un juego en el aprendizaje de los estudiantes:

En 2012, Cheng y Chung aplicaron el modelo ARCS para observar los resultados que podían obtenerse al someter a dos grupos a un proceso diferente de aprendizaje: un grupo experimental que realizó su aprendizaje por medio de un juego y un grupo control que realizó el método tradicional *face – to – face*. El factor de interés fue el método de enseñanza: mientras que el grupo experimental realizó sus lecciones en computador el grupo control tuvo clases regulares manteniendo los mismos

profesores. Fueron controlados los contenidos del curso, en donde tanto el grupo experimental como el de control trataron los mismos temas y; las horas de aprendizaje que fueron de 3 horas semanales para ambos grupos.

Se realizó un pre – test y un post – test para mirar las diferencias de los conocimientos adquiridos a los dos grupos, teniendo en cuenta que tuvieron los mismos tiempos cada grupo: 100 minutos.

Como resultados, el grupo experimental tuvo un mejor cumplimiento del aprendizaje en el post – test; el promedio de la motivación fue de 3.83>3 el cual resalta la relevancia y satisfacción de los factores del modelo ACRS. El grupo experimental demostró un nivel de aprendizaje mucho mayor que el grupo de control. Estos resultados demostraron que el juego como base del aprendizaje es un sistema que mejora las metas de aprendizaje de los estudiantes. Como recomendaciones a futuros estudios relacionados los autores sugirieron un mayor uso de recursos de multimedia para enriquecer las gráficas y contenidos del juego con el fin de aumentar la motivación de aprender por parte de los estudiantes.

Hwang, Wu & Chen (2012) desarrollaron un diseño de experimentos en un juego online que consistía en cumplir ciertas tareas y responder a ciertas preguntas del área de conocimiento de ciencias. El estudiante se veía enfrentado a diversas situaciones al momento de lanzar un dado en el tablero electrónico que le indicaba su meta o tarea la cual, si respondía de manera acertada o cumplía en su debido tiempo, sumaba puntos. Los participantes incluían dos clases de un colegio en Tainan, Taiwan. Una clase fue asignada a realizar el proceso de aprendizaje con ayuda de un juego mientras que la otra simplemente se enfrentó a la manera tradicional de estudiar el contenido del curso. Los resultados del experimento mostraron que el grupo de estudiantes que realizó su proceso de aprendizaje con ayuda de un juego no sólo mejoraron la capacidad de retención de conocimiento (memoria) sino que también llegaron a situarse en un estado de pleno involucramiento con el juego, concentración y ante todo diversión. Los autores recomendaron tener en cuenta la aplicación de herramientas tecnológicas que permitan a los estudiantes tener metas aún más retantes y una inmediata retroalimentación con el fin de evaluar de una manera más precisa el periodo de duración de diferentes escenarios para lograr ciertos objetivos.

### **5.3 PROCESO DE SERVICIO DE ENSEÑANZA A MEJORAR DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE BASADO EN GAMIFICACIÓN**

La implementación y el uso de la tecnología permiten hoy en día un incremento de la eficacia, eficiencia y efectividad de los procesos que dan vida a la prestación de todos los servicios que se ofrecen en las áreas de la economía y educación. La brecha existente entre los servicios que se ofrecen en la actualidad y la satisfacción total durante un proceso que el cliente espera recibir sólo se puede salvar empleando los avances científico-técnicos y la tecnología de punta existente con el soporte de personal que posea los conocimientos que permiten solventar los problemas actuales. (Parra Ferié et al., 2009)



Pero siendo así, ¿qué personal podría manejar y llevar de la mejor manera este proceso que requiere de un total acompañamiento entre el productor y el cliente? He aquí donde la Ingeniería Industrial juega un rol importante. El ingeniero industrial no sólo diseña, controla, opera y dirige las organizaciones y sistemas productivos; en la actualidad, la Ingeniería Industrial puede ser hallada no sólo en la producción sino en todos los tipos de industria, manufacturera, de distribución, de transporte, comercio, de servicios, y además en todas las clases de organizaciones, administrativas, gubernamentales o institucionales. La Ingeniería Industrial es arte de hacer las cosas, organiza, evalúa y busca las mejores formas de hacer las cosas (Parra Ferié et al., 2009).

Ahora bien consideremos la propuesta de este proyecto de grado como un proceso de servicio existente (el proceso de aprendizaje de la materia optimización de operaciones) en donde por medio de un juego de estrategia (tercerización del servicio) se quiere llegar a mejorar el rendimiento de los estudiantes a lo largo del semestre académico (mejoramiento del proceso) con acompañamiento total por parte del cliente (los profesores) a lo largo del proceso.

Pero entonces, ¿qué entendemos por servicio? Para Funch (1968), es el acto por el cual se añade valor al producto. Según el enfoque dado por Kotler (1979), se puede definir al servicio como toda actividad o beneficio que una parte ofrece a otra, ésta es esencialmente intangible y no culmina en la propiedad de la cosa. Su producción no está necesariamente ligada a un producto físico. En el caso de esta propuesta el servicio resulta siendo el mejoramiento del proceso de enseñanza de la asignatura Optimización de Operaciones por medio de la aplicación de la gamificación como una herramienta adicional para lograr obtener un conocimiento práctico de la asignatura en donde los conceptos temáticos sean aplicados a un entorno semejante a la realidad.

Cuando se habla de servicios, el concepto expresa una particularidad del proceso donde actividad y resultados coinciden en tiempo y espacio. Lo que se produce es al mismo tiempo lo que se consume. Schroeder (2006) señala que el servicio es algo que se produce y se consume en forma simultánea. Un servicio, por lo tanto, nunca existe, solamente se puede observar el resultado después del hecho. Acoplado este aporte de Schroeder a la propuesta del proyecto de grado podemos ver como las actividades en este caso serán los retos y objetivos semanales para lograr los requerimientos mínimos. Éstos deben cumplir con las especificaciones del cliente (los profesores) para lograr abarcar los objetivos académicos de la asignatura, en donde se verán los resultados a medida que se produce el servicio, es decir al mismo tiempo que se consume.

Ahora bien mirando más allá de la propuesta de este trabajo, podemos ver el proceso de gamificación (GBL) como un proceso productivo completo, en donde el proceso de manufactura en este caso se ve transformado en un proceso de conocimiento y evaluación.

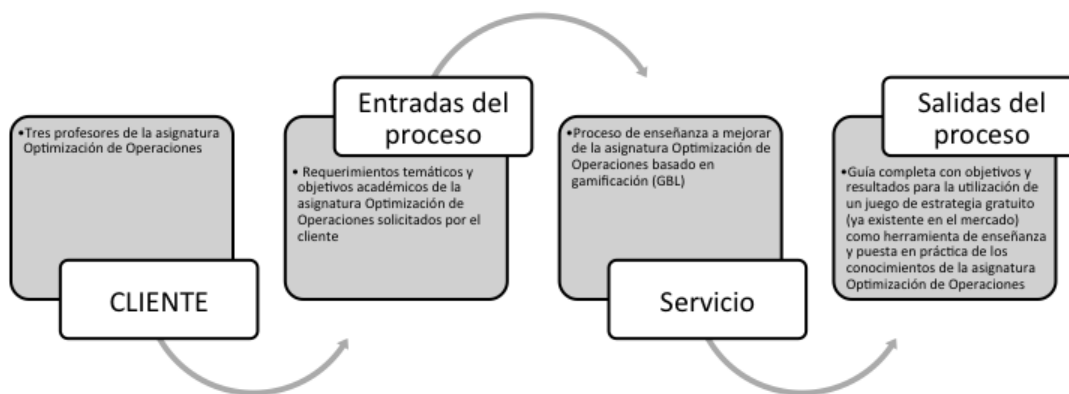
En la Figura 1 se observan los componentes claves de un proceso: entradas, transformación y salidas. Las entradas resultan siendo los contenidos académicos de la

asignatura Optimización de Operaciones de la Pontificia Universidad Javeriana y las características mínimas, que debe cumplir el juego con el que se quiere mejorar el proceso de aprendizaje, proporcionadas por el cliente (profesor).

Cabe aclarar que para el proceso de gamificación el proveedor del servicio a brindar serán los juegos, en donde se deben someter a un proceso de selección cumpliendo estándares de calidad. Para el caso particular de este proyecto de grado, los proveedores serán tercerizados, es decir, se contará con juegos gratuitos existentes en el mercado que permitan acoplarse al contenido de la asignatura, en otras palabras, se contratará un agente externo al productor para proveer un servicio al cliente, en este caso particular, los profesores.

Esta selección de proveedores no sólo debe llevar una evaluación de calidad si no también un estudio de calidad del servicio y/o información suministrada para asegurar que el servicio prestado por el ente externo esté en las condiciones adecuadas para cumplir con el objetivo final: mejoramiento del proceso de aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones.

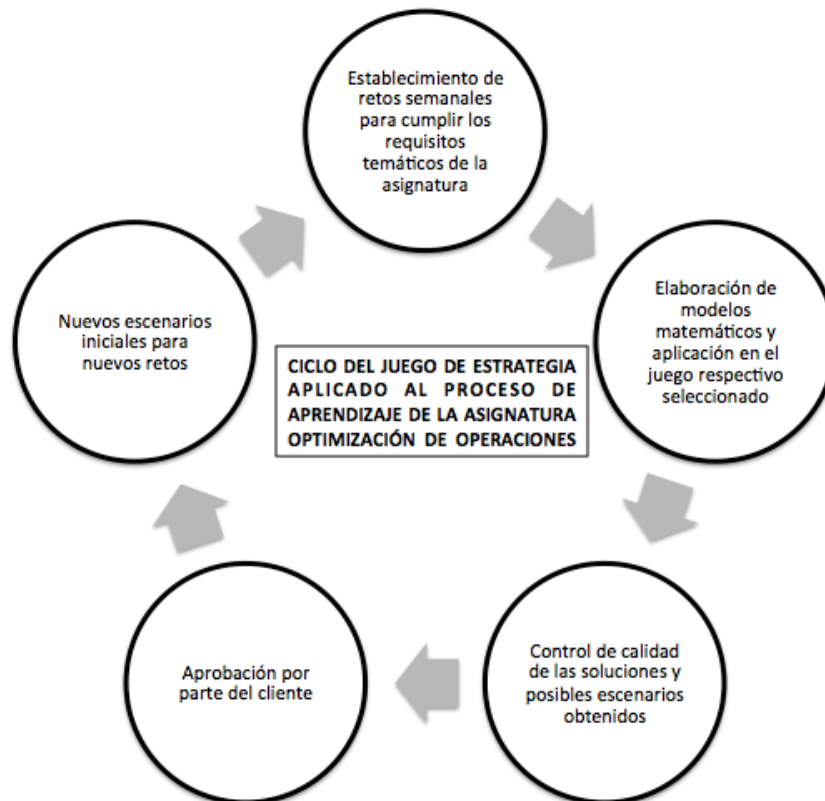
Ahora bien, analizando nuevamente la Figura 1 podemos observar que en la parte del proceso existe una retroalimentación continua del sistema teniendo en cuenta el comportamiento de los resultados de juego y el criterio de calidad del cliente. Esto permite lograr la relación continua entre el cliente, proveedor y productor para tener un mejoramiento continuo en el servicio brindado.



*Ilustración 1. Modelo de gamificación (GBL) (Garris et al, 2002) adaptado al proyecto de grado por el autor.*

Finalmente para Garris et al. (2002) el producto de dicho proceso, es decir la salida del modelo de gamificación, es todo el conocimiento y aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones enriquecida y mejorada gracias a la utilización de un

sistema basado en juegos; es decir, es un bien intangible en donde se produce y se consume de manera simultánea como logramos observar en la Ilustración 2, en donde a medida que se producen los retos semanales del juego, se ven enfrentados a un proceso de calidad, los cuales son aprobados por el cliente permitiendo un nuevo escenario para la producción de otro reto semanal.



*Ilustración 2. Ciclo del juego de estrategia aplicado al proceso de aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones. Elaborado por el autor*

Al vernos enfrentados a un proceso de servicio, en donde el cliente está involucrado de manera directa durante el proceso para asegurar un mejoramiento constante en los resultados, nos vemos enfrentados a lo que se denomina en el ámbito industrial un benchmarking.

El benchmarking es un proceso permanente y continuo de evaluar los procesos, productos, funciones, estrategias y todas las áreas de una empresa, en este caso el curso optimización de operaciones, para mejorar el proceso de aprendizaje, implementarlos y evaluarlos (Agudelo Tobón, 2007). El benchmarking es permanente, no se hace por única vez, por el contrario debe realizarse de manera continua y compararse con los demás para tener de donde mejorar (Watson, 1995). En esta propuesta se realizará un proceso de evaluación y mejora continua por parte del cliente para poder observar qué se puede mejorar en el proceso de aprendizaje, aplicarlo y lograr obtener resultados, en donde el cliente estará totalmente de acuerdo con la implementación.

Análogamente el benchmarking implica mejorar y superar al competidor (Watson, 1995) en este caso la manera tradicional del proceso de aprendizaje de la asignatura denominada “face – to – face”. Pero específicamente a ¿qué tipo de benchmarking nos vemos enfrentados en esta propuesta? Como lo describe Agudelo (2007) existen cinco tipos diferentes de benchmarking (BMK):

- BMK competitivo: se da cuando las empresas buscan conocer y mejorar más que las partes de un producto, sus procesos.
- BMK genérico: cuando los procesos que analiza y mejora son de cualquier industria o sector de mercado.
- BMK estratégico: lo que se pretende es conocer, aplicar y mejorar las estrategias de los mejores.
- BMK interno: aplicar (mejorando) las practicas que tenga una empresa en sus diferentes áreas.
- BMK funcional: si el interés no es por productos, ni procesos, ni estrategia si no una función total de cualquier negocio para mejorarlo y aplicarlo

Adaptando estos aportes de Agudelo (2007) a la aplicación de la Ingeniería Industrial para el mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones, se puede establecer como ésta se ve influenciada por la idea propia de no sólo un tipo de benchmarking si no de varios, en donde se presentan los siguientes aspectos:

- El benchmarking competitivo es acoplado de manera correcta a esta propuesta, pues lo que se busca con la implementación de la gamificación a un proceso existente, denominado el aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones, es mejorarlo enfocándose netamente en el proceso de aprendizaje.
- El benchmarking estratégico también juega un rol importante dentro de esta propuesta ya que lo que se pretende es, en primer lugar, aplicar una tendencia tecnológica que ha tomado fuerza en el ámbito de la educación (gamificación) para mejorar un proceso ya existente dentro del mercado, es decir, la pedagogía de la asignatura optimización de operaciones de la Pontificia Universidad Javeriana.

Siendo así, cabe resaltar como el hecho de aplicar un concepto de mejoramiento continuo, en este caso el proceso de gamificación a un proceso ya existente, conlleva a aplicar herramientas de la Ingeniería Industrial para lograr tener óptimos resultados. Dentro de estas herramientas está no sólo un exhaustivo control de calidad, sino también un acompañamiento total por parte del cliente en el proceso para asegurar la satisfacción del mismo, estudios de variabilidad para asegurar resultados confiables y congruentes que permitan optimizar la manera de aplicar conceptos de la asignatura Optimización de Operaciones a un entorno industrial muy cercano a la realidad.

## **5.4 NECESIDAD DE IMPLEMENTAR GAMIFICACIÓN EN OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES**

¿Que nos hace pensar que la asignatura Optimización de Operaciones necesita esta intervención de la gamificación? Retrocediendo un poco, exactamente al año 2005, los estudiantes graduados del programa Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad

Javeriana, José Fernando Jiménez Gordillo y Alejandra Mantilla Martínez realizaron el trabajo de grado “Diseño y desarrollo de un juego pedagógico soportado en una herramienta didáctica virtual para la asignatura de diseño de cadenas de abastecimiento de la Pontificia Universidad Javeriana”. Esta fue una alternativa de solución a la complejidad académica de enseñanza de los conceptos teóricos para ser aplicados en diversas situaciones dentro de la vida profesional de un ingeniero industrial. El objetivo primario de la solución de este trabajo de grafo fue brindar una serie de elementos para que el estudiante experimentara una metodología pedagógica constructivista en la que, con la interacción de tres aspectos como son: la teoría aprendida en la universidad, la práctica dada por la simulación del Juego y su propia experimentación en la situación, pudiera obtener conocimiento para su propio aprendizaje. (Jiménez; Mantilla, 2005).

Dichos estudiantes en el trabajo de grado analizaron el estudio realizado por Edgar Ibarra Ayerbe: “Actualización y modernización del currículo en la Ingenierías”, en donde se pudo demostrar que para el año 1996, la enseñanza en las universidades se basaba en unos temas teóricos que presuponían que el estudiante es un receptor pasivo, en el cual se deposita todo el saber. Ante esto, se dedujo que para ese momento la academia no estaba enfocada en formar al estudiante con la capacidad de cuestionar y enfrentar problemas prácticos como los que posteriormente se le presentaría en la vida laboral.

Uno de los grandes fundamentos de este trabajo de grado se encuentra solventado por una entrevista realizada a la entonces directora de la carrera Marcela Cuevas Garavito para el año 2005 en donde se permitió constatar que aun cuando el contenido programático de las carreras de Ingeniería Industrial en Colombia estaba encaminado a realizar trabajos prácticos en los que se descubra el conocimiento gracias a la experimentación, se continuaban presentando casos en los que al considerarse el docente el único dueño del conocimiento, su metodología giraba en torno a la imposición de conceptos sin ningún sentido lógico ni práctico (Jiménez; Mantilla, 2005).

Por otro lado, en dicho trabajo de grado se descubrió que los lineamientos anteriormente mencionados son lo que han prevalecido durante el proceso de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes de Ingeniería Industrial, en donde se encontró la necesidad tomar acciones dentro de este proceso. Dichas acciones se derivan de la necesidad latente, expresada por los mismos estudiantes (análisis resultados encuestas usuarios finales, Pontificia Universidad Javeriana), que manifiestan que, en su concepto, el valor agregado de la Ingeniería Industrial radica esencialmente en la aplicabilidad de los conceptos aprendidos a vida real. De acuerdo con lo anterior, los estudiantes lograron concluir que la necesidad observada es el soporte para que en las organizaciones académicas se presente un cambio en cuanto la metodología de enseñanza empleada.

Ahora bien, para los autores de este trabajo de grado, la manera para satisfacer esta necesidad fue buscar una metodología en la que los estudiantes dentro de su proceso de aprendizaje interactuaran entre la práctica, la experimentación y el análisis de casos, para así estar en capacidad de generar las ideas, propuestas y razonamientos

respectivos, con el objetivo de dar soluciones óptimas a situaciones que se les presenten en la vida profesional.

La necesidad latente fue identificada por parte de Jiménez y Mantilla (2005) en principio en un grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, pero luego realizaron una verificación para determinar que dicha necesidad sobre la que se iba a trabajar no fuera la particular de un grupo de estudiantes sino que por el contrario se identificara como global para los mismos. Para esto se emplearon la sesión de grupo, como método de recolección de datos, en donde el objetivo central de la misma era determinar cómo estudiantes de Ingeniería Industrial percibían la falta de practicidad a lo largo de la carrera como una carencia del sistema de educación vigente.

Por medio de la sesión los autores encontraron tres aspectos claves, el primero fue el hecho de que los estudiantes han venido desarrollando su proceso de aprendizaje, desde temprana edad, basados en la pedagogía tradicional, la cual debido a su enfoque de clases magistrales, en contadas ocasiones, brinda la posibilidad de aplicar prácticamente lo visto en las diferentes asignaturas. Por otra parte, presentaron su deseo por ser parte activa, más que de una clase, de la asignatura como tal y, por lo tanto, de lo que en la misma se plantea y desarrolla. Finalmente manifestaron que el desarrollo de casos y trabajos prácticos facilitaba la aplicación de los conceptos que se adquirirían tanto dentro como fuera de clase.

De esta manera, se comprobó que la necesidad encontrada no corresponde a una necesidad puntual sino generalizada de los estudiantes de la carrera, tanto en las asignaturas básicas de formación como en las propias de la carrera, en donde especialmente en estas últimas se esperaba se tuviera la posibilidad de aplicar lo que hasta el momento se ha aprendido (Jiménez; Mantilla, 2005).

Utilizando como antecedente clave este trabajo de grado realizado en el año 2005 por José Fernando Jiménez y Alejandra Mantilla, podemos tener como punto de referencia importante la necesidad de que los estudiantes de Ingeniería Industrial vean la necesidad de implementar los conocimientos adquiridos en las clases magistrales en un caso práctico de la vida real, y por qué no en un juego de estrategia, en donde los escenarios asemejan de total manera circunstancias de la vida real. Un juego en el que se deben tomar decisiones según las condiciones del entorno para lograr un fin específico, teniendo en cuenta que cumple con los componentes estocásticos que asemejan aún más el comportamiento de la realidad.

## 6. METODOLOGÍA

Tabla 1. Metodología para cumplir Objetivos Específicos

Objetivos específicos	Actividades	Herramientas de la carrera	Fuentes de información	Resultados Esperados
Establecer los requerimientos mínimos que debe cumplir un juego de estrategia gratuito para ser utilizado como herramienta de aprendizaje y enseñanza de la asignatura Optimización de Operaciones.	Realizar un listado de los temas que comprenden la asignatura Optimización de Operaciones	<b>Procesos Industriales:</b> listado de requerimientos por parte del cliente	Cliente: los tres profesores escogidos de la asignatura Optimización de Operaciones Contenido programático de la asignatura Optimización de Operaciones	Listado de Requerimientos mínimos esperados por el cliente
	Realizar un listado de objetivos mínimos a cumplir semana a semana para facilitar el cumplimiento de los temas	<b>Procesos Industriales:</b> listado de entradas (input) para desarrollar el proceso seleccionado	Cliente: los tres profesores escogidos de la asignatura Optimización de Operaciones Contenido programático de la asignatura Optimización de	Entradas(input) del proceso
	Realizar una matriz de cruce entre los temas y objetivos para asegurar el cumplimiento de los temas con sus respectivos objetivos.	<b>Gestión de Calidad:</b> matriz de evaluación de factores	Requerimientos y entradas del proceso	Matriz de Evaluación para establecer si los objetivos conllevan al cumplimiento de los temas de la asignatura Optimización de Operaciones
	Asegurar que los objetivos y temas sean concretos y permitan el cumplimiento del pensum académico por medio de una aprobación por parte de los tres profesores	<b>Gestión de Calidad:</b> retroalimentación por parte del cliente para lograr la aprobación que indique que se cumplen los requerimientos mínimos	Cliente: los tres profesores escogidos de la asignatura Optimización de Operaciones Contenido programático de la asignatura Optimización de Operaciones	Requerimientos con estándares de calidad aprobados por el cliente para lograr establecer el contenido temático que debe abarcar el proveedor (juego de estrategia) para lograr ser seleccionado

Fuente: Realizado el 2 de Noviembre del 2013 por Paola Andrea López Espitia

Objetivos específicos	Actividades	Herramientas de la carrera	Fuentes de información	Resultados Esperados
Realizar una evaluación de diferentes juegos de estrategia gratuitos para seleccionar el más adecuado en términos de menor variabilidad y mayor cercanía a la realidad de un entorno industrial con los requerimientos solicitados por tres profesores de la asignatura Optimización de Operaciones	Realizar una comparación entre las subcategorías de construcción y granja de juegos de estrategia para establecer la subcategoría adecuada para el desarrollo	<b>Procesos Industriales:</b> selección de proveedores según los requerimientos mínimos establecidos por el cliente	Brief de cada subcategoría de juegos de estrategia en donde se obtengan las ventajas, desventajas y distintas aplicaciones de cada uno.	La subcategoría de juegos de estrategia adecuada para la realización del trabajo, cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos por el cliente
	Seleccionar tres juegos de estrategia de la subcategoría elegida para ser sometidos a un proceso de evaluación por parte del cliente		Diferentes proveedores (juegos de estrategia) de la subcategoría seleccionada	Adquisición de los tres proveedores (juegos de estrategia) de la subcategoría para ser sometidos a un proceso de evaluación
	Realizar una evaluación de los proveedores para establecer los que más se asemejan a un entorno industrial con total acompañamiento por parte de los profesores de la asignatura	<b>Ingeniería de procesos - Gestión de Calidad:</b> cumplimiento de estándares de calidad por parte de los suministros y/o proveedores necesarios para la realización del proceso	Proveedores: juegos de estrategia de la subcategoría seleccionada	Dos juegos de estrategia de la subcategoría que tengan mayor cercanía al entorno industrial
			Cliente: profesores de la asignatura que evalúen la semejanza al entorno industrial de cada proveedor	
	Crear cuatro usuarios diferentes para la plataforma de cada uno de los juegos	N/A	Proveedor : plataforma virtual de cada uno de los juegos preseleccionados	Cuatro cuentas de usuarios diferentes para cada plataforma virtual de cada proveedor
	Jugar bajo cada usuario, de cada plataforma, tomando las mismas decisiones para observar que tan variables son los resultados al estar bajo las mismas circunstancias	<b>Gestión de Calidad:</b> proceso de selección de proveedores realizando pruebas de calidad para lograr establecer el que tenga mayor beneficio, en este caso menor variabilidad	Proveedor: plataforma virtual de cada juego de estrategia preseleccionado	Resultados obtenidos bajo cada circunstancia en cada usuario de cada una de las plataformas virtuales de los juegos previamente seleccionados
			Cliente: profesores de la asignatura presentes en el proceso de selección	
Realizar una evaluación de cada proveedor para determinar el de menor variabilidad y mayor cercanía al entorno industrial	<b>Gestión de Calidad:</b> QFD (casa de la Calidad) que permite seleccionar el proveedor con mayor beneficio.	Resultados de variabilidad obtenidos y la calificación de cada juego respecto a mayor cercanía al entorno industrial	Proveedor seleccionado que cumpla con las especificaciones de los clientes y menor variabilidad para ser empleado en el trabajo	

Fuente: Realizado el 2 de Noviembre del 2013 por Paola Andrea López Espitia



Objetivos específicos	Actividades	Herramientas de la carrera	Fuentes de información	Resultados Esperados
Plantear los retos semanales a lograr en el juego de estrategia gratuito seleccionado con sus posibles modelos matemáticos y sus respectivas soluciones	Establecer los retos semanales del juego a cumplir teniendo en cuenta los objetivos de la materia y las solicitudes del cliente	<b>Ingeniería de Procesos:</b> establecimiento de insumos necesarios para el cumplimiento adecuado del proceso	Cliente: acompañamiento total de los profesores para establecer los retos semanales Listado de requerimientos temáticos aprobados por parte del cliente	Listado de retos semanales del juego de estrategia seleccionado aprobados por el cliente
	Realizar un modelo matemático para cada reto semanal con sus respectivas restricciones	<b>Optimización de operaciones:</b> se requiere conocimiento de la asignatura para realizar los diferentes modelos matemáticos	Listado de retos semanales Cliente: acompañamiento total de los profesores durante la realización de los modelos matemáticos Libros y Artículos sobre el tema	Modelo matemático de cada uno de los retos semanales
	Aplicar el modelo matemático de cada reto semanal en los cuatro distintos usuarios del juego para obtener las posibles soluciones	<b>Inferencia estadística:</b> coeficiente de desviación de los datos para asegurar datos confiables	Modelo matemático para cada reto semanal	Soluciones a cada reto semanal aprobadas por los profesores, las cuales serán el escenario inicial del siguiente reto a cumplir
<p><b>NOTA:</b> Es necesario aclarar que las actividades de este objetivo específico se realizarán todas de manera simultánea, puesto que al establecer el primer reto, realizar su respectivo modelo y aplicarlo en el juego esto conlleva a otro escenario totalmente distinto en donde se debe volver a establecer el reto a alcanzar, teniendo un modelo matemático distinto con diferentes condiciones iniciales, lo que conlleva a un resultado diferente que será el escenario inicial del siguiente reto.</p>				

Fuente: Realizado el 2 de Noviembre del 2013 por Paola Andrea López Espitia

Objetivos específicos	Actividades	Herramientas de la carrera	Fuentes de información	Resultados Esperados
Evaluar la calidad de los retos semanales propuestos para lograr el cumplimiento de los objetivos y contenidos de la asignatura Optimización de Operaciones con tres profesores de la misma	Evaluar los retos semanales según la congruencia que tengan con el tema asignado de la asignatura Optimización de Operaciones para ser presentados a los diferentes profesores.	<b>Gestión de Calidad:</b> retroalimentación por parte del cliente para evaluar el servicio prestado	Requerimientos y entradas del proceso: Listado de objetivos académicos que conllevan al cumplimiento de las temáticas de la asignatura Optimización de Operaciones	Aprobación por parte del cliente respecto a los retos semanales propuestos para el cumplimiento de las temáticas abarcadas por la materia Optimización de Operaciones
		<b>Gestión de Calidad:</b> realización de la herramienta QFD para comparar los objetivos académicos de un tema con los retos semanales		Cliente: retroalimentación del proceso

Fuente: Realizado el 2 de Noviembre del 2013 por Paola Andrea López Espitia

Objetivos específicos	Actividades	Herramientas de la carrera	Fuentes de información	Resultados Esperados
Realizar una guía para el profesor de cómo evaluar el progreso semanal de los retos con la aprobación de tres profesores de la asignatura Optimización de Operaciones	Asignar a cada reto semanal una escala de calificación según los resultados obtenidos en cada escenario	<b>Gestión de Calidad:</b> matriz de Evaluación de resultados para cada uno de los retos semanales	Resultados obtenidos para cada reto semanal	Matriz de calificación para cada reto semanal aprobado por parte de los tres profesores
			Cliente: retroalimentación y aprobación de cada matriz de calificación para cada reto semanal	
	Formalizar de manera clara y concisa la explicación de cómo realizar semana a semana cada reto del juego con sus respectivos parámetros de evaluación	N/A	Cliente: acompañamiento total para la realización de la guía de evaluación	Guía completa de evaluación para el profesor de cada reto semanal
		Retos semanales con su respectiva matriz de calificación		

Fuente: Realizado el 2 de Noviembre del 2013 por Paola Andrea López Espitia

## 7. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Como se comentó en la metodología, el desarrollo de este trabajo de grado fue hecho bajo el acompañamiento tres profesores de la asignatura que pudieran dar sus requerimientos y revisar el desarrollo y avances del proceso de gamificación de la asignatura Optimización de Operaciones (OO) ya que ellos tienen un conocimiento pleno de las temáticas y se dedican a la enseñanza de la misma.

Como los profesores son los clientes del proceso de mejoramiento de la enseñanza de la asignatura OO, ellos proporcionaron las especificaciones iniciales para la selección del juego adecuado y dieron aprobación a los objetivos propuestos, logrando así un control de calidad de la información propuesta.

Como fase inicial, se procedió a explicarles a los clientes la dinámica del trabajo de grado y el rol de cada uno de ellos dentro del proceso. Para lograr que los profesores entendieran en contexto cómo el juego podría ayudar al desarrollo de la asignatura, se les hizo entrega de un cuadro (Tabla 1) en donde se relacionan las temáticas y objetivos de la asignatura con el juego, y se les explicó cómo podría ser cada objetivo cumplido y cómo evaluarlo.

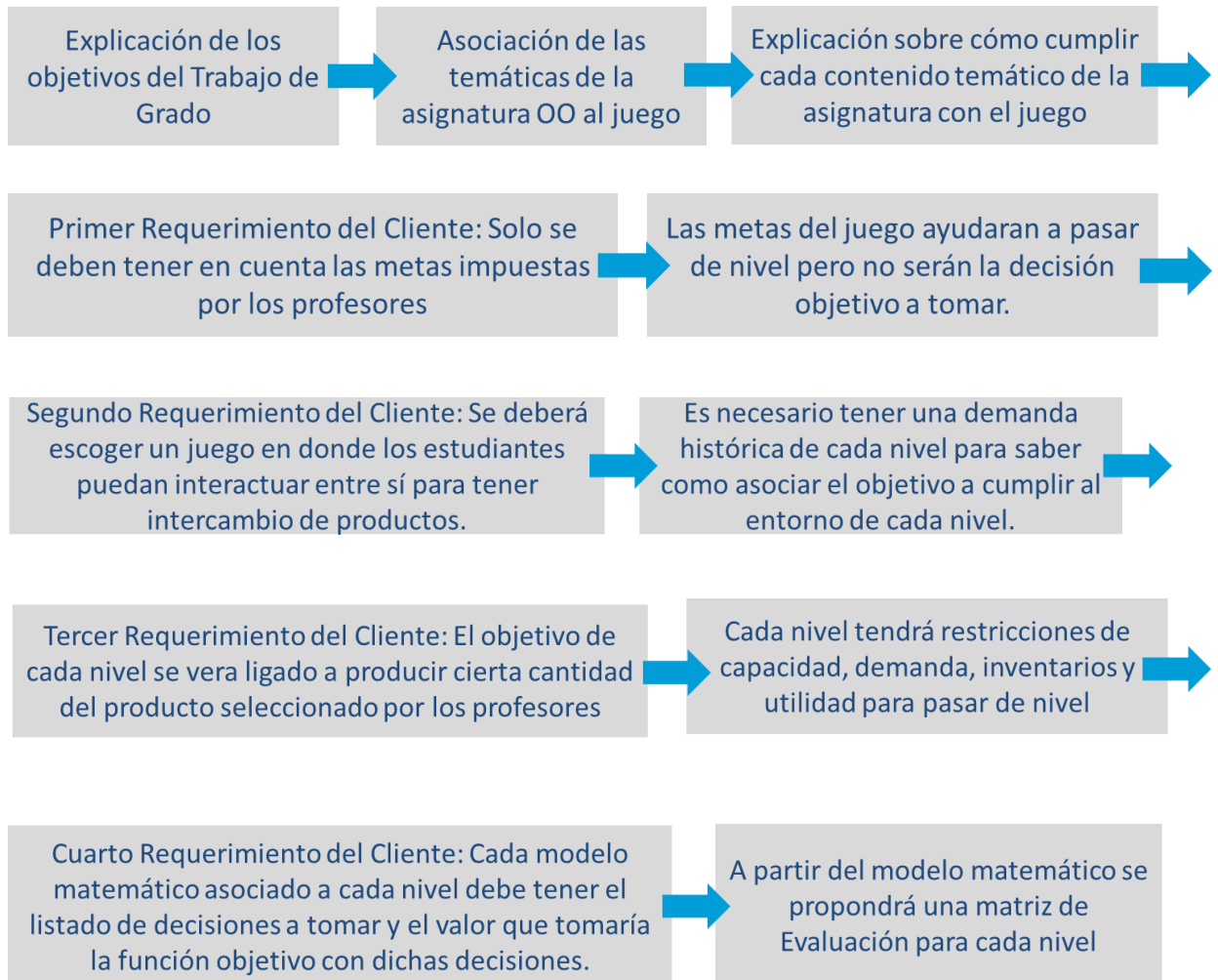
En dicha tabla se puede observar cómo con la implementación del juego se pueden abordar los aspectos generales de la asignatura enfrentando al estudiante a un escenario práctico en donde la toma de decisiones es una actividad constante. Así mismo presenta cómo se tratan los temas de programación lineal básica, análisis de sensibilidad, modelos de transportes, mezclas, asignación e inventarios.

## 7.1 LISTADO DE TEMAS COMPRENDIDOS EN LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA	CONTENIDOS TEMÁTICOS		¿CÓMO CUMPLIRLO?	¿CÓMO EVALUARLO?
	EJE VERTICAL	EJE HORIZONTAL		
Identificar un proceso/problema que pueda ser acometido mediante técnicas de optimización.	Programación lineal, entera y mixta.	Modelos de planeación y programación de la producción	Al reconocer el entorno de cada nivel del juego y el objetivo dado en cada uno, el estudiante deberá establecer parámetros, conjuntos, restricciones y variables de decisión que lo conlleven a cumplir con el objetivo utilizando técnicas de optimización	Para cada nivel del juego, el Profesor tendrá el listado de parámetros, restricciones y conjuntos para lograr evaluar el desempeño del mismo identificando dichos aspectos
Asociar el proceso/problema a un esquema de formulación y tener la capacidad de modelarlo matemáticamente.	Programación lineal, entera y mixta; Programación multi-objetivo.	Modelos de planeación y programación de la producción; Modelos para la gerencia de inventarios	En el proceso de gamificación, cada nivel del juego será un problema o proceso en donde el estudiante se vera enfrentado a diferentes tomas de decisiones en donde deberá hacer uso de las distintas técnicas de optimización para resolver cada objetivo planteado	El estudiante deberá realizar un modelo matemático para cada nivel del juego seleccionado, en donde el Profesor tendrá acceso a una formulación ideal, con su respectiva matriz de calificación.
Proponer y aplicar eficientemente una técnica para el hallazgo de una solución óptima o cercana al óptimo	Programación lineal, entera y mixta; Programación multi-objetivo: Introducción a heurísticas avanzadas.	Modelos para el Diseño estratégico de la cadena de abastecimiento	Al realizar un modelo matemático para cada nivel del juego seleccionado, cada estudiante tendrá resultados óptimos o más cercanas al óptimo logrando que los estudiantes propongan diferentes maneras de llegar a la solución ideal. Así mismo se pueden proponer soluciones con heurísticas avanzadas	Para cada nivel del juego, el Profesor tendrá el listado de parámetros, restricciones y conjuntos para lograr evaluar el desempeño del mismo identificando dichos aspectos.
Analizar la solución obtenida en términos de sus posibilidades de aplicación en un entorno y realizar un análisis post-óptimo.	Programación lineal, entera y mixta; Programación multi-objetivo	Modelos de planeación y programación de la producción; Modelos para el Diseño estratégico de la cadena de abastecimiento	El estudiante podrá realizar en base a los resultados obtenidos diferentes análisis de sensibilidad para realizar un análisis post-optimio	Presentaciones sobre los análisis post-óptimos realizados según los resultados obtenidos en los diferentes niveles del juego

Tabla 2. Relación de las temáticas de la asignatura Optimización de Operaciones con el juego y el cumplimiento de las mismas.

Al dialogar con los profesores la manera en que se iba a llevar a cabo la implementación del juego a la asignatura OO se pasó por un proceso de discusión sobre cómo llevar a cabo el proceso de incorporar cierto juego a la asignatura. Dicho proceso se establece en la Ilustración 3 que se encuentra a continuación:



*Ilustración 3. Proceso de establecimiento de requerimientos por parte del cliente aplicado al proceso de aprendizaje de la asignatura Optimización de Operaciones. Elaborado por el autor*

Como resultado de dicho proceso se estableció un listado mínimo de requerimientos que se debían tener en cuenta a la hora de seleccionar el juego y la metodología que se debía a llevar a cabo para el desarrollo del trabajo de grado. En la Tabla 3 se ilustra dicho listado de requerimientos.

REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN	RAZÓN
1	No se tendrán en cuenta las metas que la plataforma del juego imponga para avanzar de nivel. Las metas se impondrán únicamente por los profesores	Para el cliente, no es válido que el estudiante deba cumplir direcciones por dos entes diferentes: la plataforma del juego y los objetivos de los profesores. Es por esto que se decide que los objetivos semanales de la asignatura serán establecidos únicamente por el profesor.
2	Se debe escoger un juego en donde los estudiantes puedan interactuar entre ellos, para comprar o vender insumos.	Promover la interacción del grupo de clase para el cumplimiento de los objetivos. Crear el ambiente de compra y venta de un entorno industrial.
3	Realizar un listado de parámetros por nivel, en donde se detalle de manera específica el entorno de cada uno.	Poder tener un escenario completo y detallado por nivel para lograr obtener un comportamiento similar al de la demanda histórica, y así poder establecer el objetivo a cumplir en cada nivel.
4	Cada modelo matemático asociado a cada nivel debe tener el listado de decisiones a tomar y el valor que tomaría la función objetivo con dichas decisiones.	Establecer una matriz de calificación acorde a las diferentes restricciones y parámetros que se evidencian en cada nivel.

Tabla 3. Listado inicial de Requerimientos por parte del Cliente.

Al tener el listado de requerimientos mínimos por parte de los tres profesores de la asignatura, se procede a realizar la selección del juego adecuado que cumpla con las especificaciones y así también se adapte de manera ideal a un escenario de toma de decisiones.

## 8. SELECCIÓN DEL JUEGO

Para poder aplicar la gamificación a la asignatura OO, es necesario la selección de un juego gratuito existente en el mercado que se acople de manera exitosa con las temáticas de la asignatura.

Hoy en día existe una gran diversidad de juegos gratuitos en el mercado, accesibles a todo el mundo. Empezando por juegos militares, de inteligencia, de roles y estrategias, de competencia, multi jugadores, entre otros. La idea común de estos juegos es llevar al jugador a un nivel más avanzado a medida que se cumplen las metas y objetivos impuestos por la plataforma del juego con el fin de obtener un puntaje establecido para avanzar de nivel.

### 8.1 SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE JUEGO

Después del análisis mencionado en el Capítulo 5: REVISIÓN LITERARIA DE LA GAMIFICACIÓN (GBL), se concluyó que el juego elegido estaría en una de las dos siguientes categorías: de roles y estrategias y de inteligencia. Los juegos de roles y estrategias cuentan con la característica común de crear escenarios en donde el jugador se ve enfrentado a cumplir ciertas reglas para poder avanzar de nivel y así mismo le permite crear al jugador realidades según el rol que cumplan: pueden ser granjeros, obreros, socialistas, entre otros. Los juegos de inteligencia son aquellos en donde se debe cumplir de manera obligatoria un objetivo establecido por la plataforma del juego con el fin de avanzar de nivel y en su mayoría de veces tienen la obligación de cumplir con un tiempo límite establecido para cumplir cada misión.

Dentro de los juegos de roles y estrategias encontramos entre los más famosos a CityVille (construcción), FarmVille (agricultor), Hay Day (Agricultor y Producción). Entre los juegos de Inteligencia más destacados encontramos: Tetris (acomodar de la mejor manera fichas en una misma línea para obtener el mayor puntaje), Candy Crush (lograr movimientos en un tablero para lograr mayor puntaje y pasar de nivel) y Jewels Quest (lograr juntar el mayor número de diamantes del mismo color en un tablero para obtener el mayor puntaje).

Para poder seleccionar la categoría adecuada del juego, se procedió a realizar una tabla comparativa de las dos categorías (estrategia y roles con inteligencia) con el fin de identificar la más apropiada para el marco temático de este trabajo (ver Tabla 4).

## 8.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS MINIMOS CUMPLIDOS POR CADA POSIBLE JUEGO SELECCIONADO

LISTADO	REQUISITO	JUEGOS DE ROLES Y ESTRATEGIA			JUEGOS DE INTELIGENCIA		
		¿CUMPLE CON EL REQUISITO?			¿CUMPLE CON EL REQUISITO?		
		SI	NO	POR QUÉ	SI	NO	POR QUÉ
1	¿Permite crear escenarios en donde se vea la necesidad de insumos, producción, output para la toma de decisiones que conlleven a la creación de otro escenario?	x		En los juegos de construcción y ganadería es necesario tener materia prima para realizar un producto o terminar cierta construcción y al culminar dicho proceso se conlleva a la realización de otro diferente en base a lo que ya se tiene		x	El único objetivo de los juegos es cumplir el requerimiento de la plataforma para alcanzar cierto puntaje y avanzar de nivel.
2	¿El juego promueve los escenarios de toma de decisiones?	x		El jugador debe enfrentarse ante distintas circunstancias en donde debe decidir que elementos cosechar o comprar para la construcción o siembra de diferentes productos	x		El jugador debe elegir que movimientos realizar en un tablero dinámico para lograr apilar fichas de un mismo color o figuras específicas
3	¿Dichas decisiones se ven involucradas con modelos de programación lineal ?	x		El jugador puede realizar distintos modelos matemáticos que lo ayuden a tomar la mejor decisión para cumplir el objetivo		x	Las decisiones que debe tomar el jugador dependen de las fichas que tenga alrededor y la decisión es de moverse a la derecha, arriba, a la izquierda o abajo
4	¿El juego permite interactuar con demás jugadores para cumplir el objetivo ?	x		Ciertas plataformas de los juegos de estrategia permiten que entre jugadores se compren y vendan insumos para ayudar a cumplir los objetivos		x	La única interacción que se logra ver es la solicitud de vidas o de tiempo
5	¿La plataforma del juego permite avanzar de nivel a pesar de no cumplir los requisitos establecidos por el juego en cada nivel ?	x		El hecho de cumplir los requisitos del juegos permite al jugador avanzar de manera más rápida los niveles, si no se cumplen se puede avanzar realizando diferentes actividades		x	Es de carácter obligatorio cumplir los requisitos del juego para avanzar de nivel

Tabla 4. Matriz de calificación de las categorías seleccionados



Al realizar la matriz de calificación de las dos categorías se logró observar que la categoría que más requisitos cumple es la categoría de estrategia y roles. , Los juegos pertenecientes a esta categoría permiten crear escenarios de tomas de decisiones que comparten características similares a los ambientes de negocios o empresariales y, permiten interactuar con otros jugadores para cumplir objetivos propios del juego o impuestos por el profesor.

Por otro lado, vale la pena aclarar, que los juegos de inteligencia tienen un inconveniente para este trabajo, ya que para el mismo nivel el juego cuenta con una variabilidad muy alta pues para diferentes usuarios el tablero de fichas es totalmente diferentes, al igual que la cantidad de las fichas de mismos colores o la ubicación de estas en el mismo.

Siendo así, se decide para este trabajo adoptar como herramienta principal para el proceso de gamificación de la asignatura OO a los juegos de estrategia.

### **8.3 SELECCIÓN DEL JUEGO DE ESTRATEGIA**

Ahora bien, teniendo la categoría de juego seleccionada de manera correcta, se debe proceder a seleccionar el juego adecuado. Para poder seleccionar el juego en la categoría de Rol y estrategia que fue seleccionada, en primer lugar se debe escoger la subcategoría adecuada en entre las dos siguientes: construcción o granja.

Los juegos de granja permiten al jugador gestionar una granja con animales, cuidar un huerto, fabricar alimentos para venderlos y obtener ingresos con los que invertir en la granja, creando escenarios muy cercanos al entorno industrial, teniendo una planta productiva, con optimización de procesos por medio de la adquisición de máquinas como tractores, que ayudan a la recolección de materia prima, hornos, amasadoras, etc. Mientras que en los juegos de construcción únicamente se tratan temas de recolección de dinero en ciertas viviendas que se construyen para mantener a los habitantes.

Siendo así, por diversidad de opciones y de escenarios completos que se ofrece, se selecciona la subcategoría de granja que permite abarcar de manera más concreta y específica los temas de la asignatura OO.

### **8.4 SELECCIÓN DEL JUEGO DE GRANJA**

En el mercado gratuito de las plataformas Androide y iOs existe una gran variedad de juegos de granja disponibles para el jugador que decide adentrarse a este mundo. Ahora bien, para la realización de este trabajo de grado se decide evaluar dos posibles opciones de juegos, que cumplen con los requisitos anteriores de calidad establecidos por los profesores y por contenido temático: FarmVille y Hay Day.

Tanto FarmVille como Hay Day son plataformas virtuales que funcionan con ayuda de la plataforma de Facebook para lograr interactuar con otros usuarios en la red.

Asimismo los dos juegos permiten crear escenarios diferentes de toma de decisiones en donde los problemas de programación lineal juegan un rol importante para lograr avanzar de nivel. Al ser juegos muy parecidos de manera general, cualquiera podría ser escogido para ser usado como herramienta de gamificación en este trabajo de grado. A continuación se muestra un listado de diferencias del juego Hay Day vs FarmVille ya que Hay Day cuenta con características adicionales haciéndolo un juego más atractivo como uso de herramienta para este trabajo de grado (Tabla 5).

<b>DIFERENCIAS vs. FARM VILLE</b>
<b>HAY DAY</b>
Cuenta con minas de oro y plata, en donde también se necesitan maquinas especiales para desarrollar el proceso de producción de lingotes
Cuenta con zona de pesca, en donde se pueden crear escenarios distintos a los de cosecha y producción, pues se necesitan insumos diferentes
Tiene la posibilidad de poner en venta los productos producidos o cosechados en la granja en un boletín virtual en donde cualquier usuario de la plataforma puede comprarlos
Existe la posibilidad de avanzar de nivel sin la necesidad de cumplir los retos y metas impuestos por el juego.
Cuenta con restricciones de capacidad de almacenamiento de materia prima y producto terminado

Tabla 5. Diferencias del juego Hay Day vs. FarmVille

Al tener características adicionales que permitan tener una herramienta más robusta para el proceso de gamificación de la asignatura OO, se decide trabajar con el juego de estrategia de granja denominado Hay Day.

## **8.5 ESTUDIO DE VARIABILIDAD PARA EL JUEGO MÁS OPCIONADO DE ESTRATEGIA: HAY DAY**

Para poder asegurar calidad en los resultados en el proceso de mejoramiento del aprendizaje de la asignatura OO por medio de la gamificación, se debe asegurar en primer lugar un valor mínimo de variabilidad en las decisiones tomadas a lo largo del juego.

Para realizar este estudio, se procedió a crear tres usuarios diferentes en Facebook y tomar las mismas decisiones los primeros 5 niveles del juego en los tres usuarios, con el fin de observar si los resultados obtenidos son los mismos o si varían en cierto porcentaje.

A continuación se detalla de manera específica la decisión tomada y los resultados obtenidos para cada usuario.

### 8.5.1 CREACIÓN DE TRES DIFERENTES USUARIOS PARA CADA PLATAFORMA VIRTUAL DEL JUEGO SELECCIONADO

Para poder comprobar la variabilidad del juego Hay Day, se procedió a crear tres usuarios diferentes en Facebook, ya que el juego únicamente funciona con un perfil en esta red social o con una cuenta en Apple Store, cómo se muestra en la Ilustración 4. Se decidió crear los perfiles en Facebook y no en Game Center (Apple Store) ya que los estudiantes pueden tener plataforma Androide para jugar y siendo así tendrían que crear también un usuario en Facebook.



Ilustración 4. Screenshot de los Ajustes del Juego Hay Day para crear un usuario

Por otro lado para la creación de un perfil en Facebook es necesario tener una cuenta de correo electrónico creada, ya sea Gmail, Hotmail o Yahoo. Es por esto que se crearon tres cuentas diferentes bajo la plataforma de Hotmail. A continuación se detallan los usuarios y contraseñas para cada correo. (Tabla 6)

USUARIO	CORREO ELECTRÓNICO	CONTRASEÑA
Usuario 1	<a href="mailto:usuno@outlook.com">usuno@outlook.com</a>	javerianak7
Usuario 2	<a href="mailto:usdos@outlook.com">usdos@outlook.com</a>	javerianak7
Usuario 3	<a href="mailto:ustres@outlook.com">ustres@outlook.com</a>	javerianak7

Tabla 6. Correos Electrónicos y Contraseñas para los tres diferentes usuarios

### 8.5.2 LISTADO DE DECISIONES TOMADAS EN CADA UNA DE LAS PLATAFORMAS VIRTUALES

Para los tres usuarios diferentes se jugaron los cinco (5) primeros niveles del Juego Hay Day, y en las tres plataformas se tomaron las mismas tres decisiones, que se establecen a continuación en la Tabla 7.

NIVEL	DECISIONES TOMADAS
1	Pintar la casa Pintar el granero Pintar el Silo Comprar 3 gallinas Alimentar 3 gallinas Recoger 3 huevos
2	Comprar la Maquina "Panadería" Hornear un Pan
3	Comprar la Máquina "Moledora" Cosechar 3 Semillas Maíz Vender un Pan Cosechar 4 Semillas de Trigo
4	Recoger 4 huevos Vender 4 trigos Vender 3 maíz
5	Vender 13 trigos Vender 2 maíz Vender 4 huevo Vender 1 pan

Tabla 7. Decisiones tomadas en los primeros 5 Niveles para 3 Usuarios distintos

### 8.5.3 RESULTADOS DE LAS DECISIONES TOMADAS EN CADA NIVEL PARA CADA USUARIO

Para cada decisión tomada existe un beneficio en unidades de experiencia dentro del juego, en donde a mayor unidad de experiencias más rápido pasar de nivel. Cada nivel exige un valor mínimo para pasar al siguiente nivel. Para los tres usuarios diferentes en los 5 primeros niveles del juego los resultados de las decisiones fueron los mismos, teniendo como diferencia lo extra que se realizara en cada nivel, es decir, cosechar más unidades de lo solicitado, recoger más huevos de los necesarios, etc. A continuación se detallan las unidades de experiencia adquiridas en cada uno de los niveles para los tres usuarios diferentes (Tabla 8)

NIVEL	UNIDADES REQUERIDAS PARA PASAR EL NIVEL	UNIDADES DE EXPERIENCIA ADQUIRIDAS		
		Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3
1	20	20	20	20
2	7	7	7	7
3	14	14	15	14
4	30	30	30	30
5	50	50	51	50

Tabla 7. Resultados de las decisiones tomadas en cada nivel para cada usuario

Como se logra observar, para el nivel 3 y 5 el Usuario 2 presenta un valor diferente al requerido por cada nivel, ya que en el nivel 2 se cosechó un Trigo de más, el cual brinda un beneficio de una unidad extra evidenciándose en los resultados de las unidades de experiencia adquiridas, y para el nivel 5 se recolecta un huevo de más alcanzando una experiencia mayor a la requerida. A continuación se evidencia la desviación estándar de cada nivel según los datos obtenidos. (Tabla 8)

NIVEL	$\bar{X}$	DESV. ESTANDAR
1	20,00	0,00
2	7,00	0,00
3	14,33	0,58
4	30,00	0,00
5	50,33	0,58

Tabla 8. Desviación Estándar de cada nivel según los datos obtenidos en cada usuario

Analizando los datos obtenidos, tenemos que tres de las cinco desviaciones son iguales a cero (0) lo que significa que los datos no se alejan del valor promedio obtenido, es decir, los datos no presentan variabilidad alguna en estos niveles. Si analizamos los datos de la desviación 3 y 5 vemos que toman un valor de 0.58

evidenciando que hay una variabilidad respecto a la media, debido a que en estos niveles se tomó una decisión adicional a la que debía tomarse, evidenciando el hecho de que al tomar las mismas decisiones se tendrán los mismos datos.

Siendo así, se logra evidenciar que al tomar las mismas decisiones, el juego tomará los mismos valores, asegurándonos un juego sin variabilidad y confiable para el proceso de gamificación en la asignatura OO.

Es necesario aclarar que únicamente se tuvieron en cuenta tres usuarios para realizar la prueba de aleatoriedad debido a que se tuvieron resultados esperados durante las tres primeras pruebas. Si se hubieran tenido resultados atípicos, se hubiera procedido a realizar más pruebas para constatar los resultados determinísticos del juego.

En el blog interactivo, denominado “Descargar Hay Day Gratis”<sup>1</sup> los diferentes participantes hacen constancia de las decisiones y resultados obtenidos durante los 10 primeros niveles en donde se puede ver de manera clara que los resultados son los mismos en nivel de experiencia y utilidad monetaria, lo que conlleva a concluir una vez más que el juego no posee variabilidad en sus resultados acoplándose de manera satisfactoria al hecho de situaciones determinísticas para brindarle al estudiante.

Sin embargo es necesario tener en cuenta el riesgo que se corre al tener únicamente una muestra de tres usuarios durante el trabajo de grado. Todos los resultados encontrados y documentados fueron en base a tres usuarios diferentes, los cuales mostraron el mismo patrón y por eso no se decidió realizar más pruebas en una muestra más grande

---

<sup>1</sup> . Equipo Administrativo. *Descargar Hay Day Gratis*.  
<http://descargarhaydaygratis.es/>. Contacto: admin@descargarhaydaygratis.es  
Consultados el Miércoles 13 de Mayo 2014.

## 9. RETOS SEMANALES DE LA ASIGNATURA OO POR MEDIO DE GAMIFICACIÓN (OUTPUT DEL PROCESO)

Para empezar a establecer los parámetros y requisitos de cada escenario, primero fue necesario encontrar un nivel del juego en donde las decisiones que el estudiante tuviera que tomar no fueran tan sencillas en donde probablemente el uso de la toma de decisiones por medio de un modelo matemático fuera necesario. Es así, como por medio de la petición de los profesores, se estableció un nivel de partida (un escenario), en donde el estudiante ya tiene provisiones, conoce el juego y tiene la capacidad de producir y cosechar una variedad de productos diferentes.

Este tiempo cero, se logra al llegar al NIVEL 11 del Juego, en donde el estudiante ya tiene la oportunidad de cosechar diferentes semillas, producir un número de veces diferentes productos que requieren una combinación especial de varios insumos, y una variedad de máquinas en donde puede producir el producto solicitado.

Para contextualizar el juego, Hay Day es una plataforma virtual en donde el objetivo principal de este es crear, hacer crecer y gestionar una granja. El juego comienza con un sencillo tutorial donde se enseña a manejar la tierra, la siembra, la cosecha y la producción. De manera inicial (Nivel 1) se empieza con pequeños cultivos que darán trigo con el que más tarde se realizará pan, galletas, y muchas cosas más. Conforme se cultiva, se recibirán pedidos del camión o el barco que cuando se cumplan brindaran más dinero y unidades de experiencia.

Con el dinero se tendrá la oportunidad de ir aumentando la granja, comprar más zonas de cultivo, nuevas máquinas para hacer otros productos, animales, etc. Y con los puntos de experiencia se logrará abrir nuevos niveles.

Conforme se avanza en el juego se tiene acceso al “periódico” en donde se pueden comerciar todos los productos (por ej. pan, galletas, etc.) y los insumos (por ej. el trigo) con otros jugadores o contactos de Facebook.

### 9.1 CONTEXTO DE CADA ESCENARIO: PARÁMETROS, DEMANDAS Y REQUISITOS.

Para cada escenario propuesto de este trabajo de grado, se jugó bajo los mismos tres usuarios creados al principio del trabajo, en donde se logró evidenciar que las demandas y solicitudes de la plataforma del juego no cambiaran y se mantuvieran constantes, de tal manera que pudieran ser usadas como una demanda histórica de cada escenario, en donde a partir de dicha demanda se estableció el objetivo que el estudiante debería cumplir en cada uno de los niveles.

Con la ayuda de los profesores, se estableció que deberían ser dieciséis (16) escenarios, para poder no sólo tener uno por semana, sino también aprovechar las dos clases semanales que requiere esta asignatura, en donde en una se discutan los modelos matemáticos y soluciones y en las otras el profesor explique los contenidos temáticos para lograr un acoplamiento a la par de lo vivido en el juego y lo aprendido en clase.

Para cada escenario, tanto el estudiante como el profesor tendrán un contexto de cada uno de los dieciséis escenarios para que conozcan con antelación la demanda con la que se van a enfrentar en cada nivel, y los insumos que requiere cada producto. Así como también la maquinaria necesaria para producir los productos, las unidades de

experiencia que se deben alcanzar y el beneficio de cada uno de los productos en experiencias.

A continuación se muestra dicho contexto para el Escenario 16 (Nivel 26 del juego). En los anexos entregados en el CD encontrarán los contextos respectivos de cada uno de los otros 15 escenarios (niveles 11 al 25 del juego).

En la Tabla 9, ilustrada a continuación, se listan el precio y capacidad de las máquinas disponibles para el nivel 16, las cuales tienen el objetivo de producir una variedad de productos diferentes para suplir las diferentes demandas de los mismos.

<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS DISPONIBLES ESCENARIO 16</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>PRECIO (Monedas Oro)</b>	<b>CAPACIDAD (Unid)</b>
Moledora	50	3
Barbacoa	730	2
Azucarera	350	2
Lechería	50	2
Panadería	20	2
Palomitería	1.180	2
Horno de Tartas	3.100	2
Manzano	160	3
Telar	4.800	2
Frambueso	220	3
Horno de Pasteles	14.200	2
Cerezo	410	3
Fundidora	12.500	2
Exprimidor Jugos	36.800	2
Morera	530	3

Tabla 9. Costos y Capacidades de las maquinas brindadas en el Escenario 16

Por otro lado es necesario poner un límite de tiempo para cada escenario, ya que los objetivos que se piden cumplir son semanales. Si el tiempo no es colocado se tendría una región no acotada porque al tener un tiempo infinito todos los objetivos podrían ser logrados. Como inicialmente se estableció, el estudiante debe cumplir un escenario por semana, por lo tanto se supone que podrá jugar durante 5 días a la semana, 8 horas dando un total de 2.500 minutos (ver Tabla 10). Así mismo, cada nivel requiere un valor mínimo de experiencia las cuales permiten al jugador avanzar de un nivel a otro, para este caso, es necesario obtener un valor de 15.700 unidades de experiencia para sobrepasar el nivel 16, tal como se ilustra en la Tabla 10. Dichas unidades de experiencia se obtienen cosechando semillas y produciendo diferentes productos

<b>EXPERIENCIA MÍNIMA</b>	15.700 unidades experiencia
<b>TIEMPO MÁXIMO</b>	2.500 minutos

Tabla 10. Experiencia mínima y Tiempo Máximo para el Escenario 16



Así mismo, se tienen limitantes de capacidad, tanto para el Silo (lugar de almacenamiento de los productos que se cosechan) como para el Granero (lugar de almacenamiento de los productos que se producen), tal como se muestra en la Tabla 12.

LUGAR DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD
SILO	1.200 unidades
GRANERO	1.200 unidades

Tabla 12. Capacidad del Silo y del Granero

Ahora bien, en la Tabla 13, mostrada a continuación, podemos identificar en la primera columna el producto o insumo que se pueden realizar en el nivel 16; en la segunda columna se describe cuáles son los insumos necesarios para lograr producir dicho producto y en la tercera columna observamos las unidades totales que brinda realizar una (1) unidad de dicho producto. Así mismo se evidencia las unidades de experiencia que brinda cada producto, el tiempo empleado para su producción y la máquina asociada a cada uno de estos; en la última columna observamos la demanda histórica que se tiene para cada producto en el escenario 16.

CONTEXTO ESCENARIO 16						
Producto	Insumos	Unidades Producidas	Unidades de Experiencia	Tiempo(min)	Maquina	Demanda Histórica (Unid.)
Trigo	NA	2	1	1	NA	80
Maíz	NA	2	1	5	NA	20
Soja	NA	2	2	20	NA	67
Zanahoria	NA	2	2	10	NA	34
Calabaza	NA	2	6	180	NA	32
Manzana	NA	3	9	960	Manzano	10
Caña de Azúcar	NA	1	3	30	NA	19
Añil	NA	2	5	120	NA	34
Huevos	Alimento Gallina	1	2	20	Gallina	50
Tocino	Alimento Cerdo	1	5	240	Cerdo	3
Leche	Alimento Vaca	1	3	60	Vaca	34
Lana	Alimento de Oveja	1	5	360	Oveja	22
Frambuesa	NA	3	18	1080	Frambueso	9
Cereza	NA	3	17	1200	Cerezo	6
Alimento Gallina	2 Trigos, 1 Maíz	3	1	5	Moledora	NA
Alimento Vaca	1 maíz, 2 sojas	3	2	10	Moledora	NA
Alimento Cerdo	2 zanahorias, 1 soja	3	2	20	Moledora	NA
Alimento de Oveja	3 trigos, 1 soja	3	3	30	Moledora	NA
Mineral de Oro	NA	1	17	2	Mina	NA
Mineral de Plata	NA	1	15	2	Mina	NA
Mineral de platino	NA	1	25	2	Mina	NA
Mantequilla	2 leches	1	10	30	Lechería	34
Pan	3 trigo	1	3	3	Panadería	56
Tortitas	3 huevos, 1azucar morena	1	13	30	Barbacoa	5
Tarta de Zanahoria	1 zanahorias, 1 huevo, 2 trigos	1	10	20	Horno de Tartas	10
Tarta de Calabaza	3 calabaza, 1 huevo, 2 trigo	1	15	120	Horno de Tartas	4

CONTEXTO ESCENARIO 16 (CONTINUACIÓN)						
Producto	Insumos	Unidades Producidas	Unidades de Experiencia	Tiempo(min)	Maquina	Demanda Histórica (Unid.)
Galleta	2 trigos, 2 huevos, 1 azúcar morena	1	13	60	Panadería	25
Nata	1 leche	1	6	20	Lechería	75
Queso	3 leches	1	15	60	Lechería	11
Saco Jersey Blanco	2 lanas	1	18	120	Telar	7
Almíbar	4 cañas	1	4	90	Azucarera	9
Hamburguesa	2 pan, 2 tocino	1	22	120	Barbacoa	4
Tarta Bacon	3 Bacon, 1 huevos y 2 trigo	1	4	180	Horno de Tartas	4
Muffin Frambuesa	2 frambuesa, 1 huevo, 2 trigo	1	17	45	Panadería	12
Saco Jersey Azul	2 lanas, 2 añil	1	25	180	Telar	6
Sombrero Azul	1 lana, 1 añil	1	13	60	Telar	3
Pastel Queso	3 quesos, 2 azúcar blanca, 1 mantequilla	1	57	600	Horno Pasteles	2
Pop Corn Chile	2 maíz, 1 chile	1	18	90	Palometría	6
Lingote de Platino	2 mineral de Platino	1	50	720	Fundidora	5
Zumo de Zanahoria	5 zanahorias	1	75	240	Extractor de jugos	12
Azúcar Morena	1 caña azúcar	1	4	20	Azucarera	10
Queso	3 leches	1	15	60	Lechería	9
Azúcar blanca	2 caña azúcar	1	6	40	Azucarera	4
Chile	NA	2	6	480	NA	10

Tabla 13. Insumos, Demandas y Tiempos de Producción Escenario 16

Es así como ésta será la información que tanto el estudiante como el profesor podrán tener desde el principio del proceso. Sin embargo, el profesor tendrá como información adicional, desde el inicio, los objetivos a cumplir en cada nivel, información que no será dada al estudiante sino hasta la respectiva semana que deba cumplir el objetivo.

## 9.2 LISTADO DE RETOS SEMANALES A CUMPLIR PARA CUMPLIR LAS TEMÁTICAS DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES

Para establecer los objetivos semanales del juego, se estableció con los profesores que debía escogerse como función objetivo maximizar las unidades de aquel producto que mayores insumos necesitara para su elaboración, ya que esto obliga al estudiante a mirar cuántos insumos producir para cumplir no sólo con las demandas y unidades de experiencia requeridas por un nivel particular, sino también para lograr maximizar aquel producto.

A continuación, se establece el listado de los objetivos a cumplir en cada escenario (Tabla 14).

ESCENARIO	OBJETIVO
1	Maximizar las unidades de Galleta
2	Maximizar las unidades de Pan
3	Maximizar las unidades de Pop Corn
4	Maximizar las unidades de Tarta de Zanahoria
5	Maximizar las unidades de Tarta de Calabaza
6	Maximizar las unidades de Pop Corn de Mantequilla
7	Maximizar las unidades de Tortitas
8	Maximizar las unidades de Hamburguesas
9	Maximizar las unidades de Tarta de Calabaza
10	Maximizar las unidades de Tarta de Zanahoria
11	Maximizar las unidades de Pastel de Zanahoria
12	Maximizar las unidades de Sombrero Azul y Pastel de Zanahoria
13	Maximizar las unidades de Pastel de Natas
14	Maximizar las unidades de Pastel de Queso y Pastel de Natas
15	Maximizar las unidades de Pop Corn Chile y Pastel de Queso
16	Maximizar las unidades de Zumo de Zanahoria

Tabla 14. Listado de Objetivos a cumplir en cada escenario.

## 9.3 MODELOS MATEMÁTICOS Y SOLUCIONES OBTENIDOS EN EL JUEGO SELECCIONADO PARA CADA RETO SEMANAL

Para los dieciséis (16) escenarios el modelo matemático cumple las mismas características que se mencionan a continuación.

Para entender de mejor manera la formulación, es necesario tener un contexto previo en donde se logre evidenciar la relación de cada uno de los parámetros, variables y restricciones asociadas a los escenarios del juego.

En primer lugar, tendremos el conjunto de los productos en donde se contemplan tanto los productos terminados como los insumos; es decir, en el juego existen ciertos insumos necesarios para producir un producto, como ya lo detallamos en la Tabla 13, en donde los productos serán todos aquellos que requieran de ciertos insumos, por ejemplo, si observamos el producto Pan, vemos que este requiere como insumo 3 unidades de Trigo. Dichos productos se encontrarán indexados bajo el índice  $i$  a lo largo de la formulación detallada en el capítulo 9.3.1.

Como bien se mencionó en el capítulo 9, cada producto necesita una máquina para realizar la producción del mismo; por ejemplo, en la Tabla 13, para la fila del producto Pan, se logra evidenciar que la maquina asociada a este producto es la Panadería. Este conjunto de máquinas lo denominaremos para la formulación como el Conjunto  $M$  y se encontrarán indexadas bajo el índice  $j$ .

Ahora bien, cada máquina tiene una capacidad establecida (ver Tabla 9) para producir todos los productos asociados a ella; a esto se le llamarán líneas de producción, las cuales tendrán asociado un tiempo de producción, según el producto que se encuentre ubicado en dicha línea de producción (ver Ilustración 5).



*Ilustración 5. Concepto línea de producción*

Por otro lado, se tienen dos lugares diferentes para almacenar nuestro producto. En el silo (ver Ilustración 6) es aquel lugar en donde se almacenan todos los productos cosechados, es decir, el maíz, la zanahoria, el trigo, la calabaza, los huevos, la leche, etc. los cuales son insumos o materia prima. Y por otro lado se tiene el granero (ver Ilustración 7) que es el lugar de almacenamiento para todos aquellos productos que pasaron por una línea de producción en una máquina, por ejemplo, galletas, tortitas,

Pop Corn, hamburguesa, azúcar morena, etc. Tanto el Silo como el Granero contemplan una capacidad mínima para cada nivel del juego



Ilustración 6. Silo



Ilustración 7. Granero

Así pues, tenemos contextualizado los conjuntos de la formulación expresada en el siguiente capítulo, al entorno del juego para poder entender de manera más didáctica las restricciones y variables de decisión.

### 9.3.1 FORMULACIÓN COMPACTA

#### Conjuntos

*P*: Conjunto de productos indexado en *i*

*M*: Conjunto de máquinas indexado en *j*

*L*: Conjunto de líneas de producción por máquina indexado en *k*

*S*: Conjunto de productos del silo indexado en *m*

*G*: Conjunto de productos del granero indexado en *n*

#### Parámetros

*t*Total: tiempo total del juego

*exp*Total: experiencia requerida para pasar de nivel

*cap*Silo: capacidad del silo (donde se guardan los productos cosechados)

*cap*Granero: capacidad del granero (donde se guardan los productos fabricados)

$D_i$ : demanda del producto  $i$ .

$uniProd_i$ : número de items que se obtienen al producir el producto  $i$

$tProd_i$ : tiempo que se demora en producirse  $i$

$req_{il}$ : cantidad del producto  $l$  que se requiere para producir el producto  $i$

$reqMaq_{ij}$ :  $\begin{cases} 1, \text{ si se requiere de la máquina } j \text{ para producir el producto } i \\ 0, \text{ dlc.} \end{cases}$

$exp_i$ : experiencia obtenida al producir  $i$

$inv_l$ : inventario inicial del insumo  $l$

### Variables de Decisión

$Y_{ijk|reqMaq_{ij}=1}$ : número de veces que el producto  $i$  debe producirse en la máquina  $j$  y en la línea de producción  $k$ .

$I_l$ : Inventario final del producto  $i$ .

### Función objetivo

Maximizar la suma de unidades mandadas a producir del producto  $A$  en la máquina  $j$  y en todas las líneas de producción  $k$ .

$$\text{Max} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{Aj k | reqMaq_{Aj}=1} * uniProdu_A$$

### Restricciones

- La demanda de cada producto  $i$  debe ser suplida.

$$\sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{ijk | reqMaq_{ij}=1} * uniProd_i \geq D_i \quad \forall i \in P$$

- El tiempo en producción por cada línea de producción no puede sobrepasar el tiempo total de juego.

$$\sum_{i \in P} Y_{ijk | reqMaq_{ij}=1} * tProd_i \leq tTotal \quad \forall j \in M, \forall k \in L$$

- Debe existir un número total de producto  $l$  para poder producir una cantidad determinada del producto  $i$ .

$$\sum_{i \in P | req_{il} > 0} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} req_{il} * Y_{ijk | reqMaq_{ij}=1} \leq \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{l,j,k | reqMaq_{lj}=1} + inv_l \quad \forall l$$

- El inventario final del insumo  $l$  será igual al inventario inicial de  $l$  más lo que se produce del insumo  $l$  menos lo que se requiere del insumo  $l$  menos la demanda del insumo  $l$ .

$$inv_l + \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{l,j,k | reqMaq_{lj}=1} - \sum_{i \in P | req_{il} > 0} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} req_{il} * Y_{ijk | reqMaq_{ij}=1} - D_l = I_l \quad \forall l \in P$$

- La suma de la experiencia obtenida por cada producto fabricado debe ser superior a la experiencia requerida para pasar de nivel.

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} exp_i Y_{ijk | reqMaq_{ij}=1} \geq expTotal$$

- El total producido de los productos que se cosechan no debe superar la capacidad del silo.

$$\sum_{m \in S} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} uniProd_m Y_{mjk | reqMaq_{mj}=1} \leq capSilo$$

- El total producido de los productos que se fabrican no debe superar la capacidad del granero.

$$\sum_{n \in G} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} uniProd_n Y_{njk | reqMaq_{nj}=1} \leq capGranero$$

- No negatividad

$$Y_{i,j,k} \geq 0$$

$$\forall i \in P, \forall j \in M, \forall k \in L$$

### 9.3.2 SOLUCIÓN PARA EL ESCENARIO 16 (PROPUESTO)

Como se mencionó anteriormente, se mostrará todo lo relacionado con el escenario 16 (Nivel 26) del juego y en los anexos del CD se encuentran los contenidos de los escenarios 1 al 15 (Nivel 11 al 25 del Juego)

El objetivo para el nivel 16 es maximizar el número de unidades a producir de Zumo de Zanahoria, cumpliendo la demanda de cada producto (Tabla 13), los tiempos, la experiencia mínima para pasar el nivel (15.700 unidades de Experiencia) y las respectivas restricciones asociadas al modelo de formulación detallado anteriormente en el capítulo 9.3.1



La formulación de los dieciséis escenarios se desarrolló en el programa Xpress IVE Versión Estudiantil. Los resultados del escenario 16 se muestran en la Tabla 15, ilustrada a continuación.

<b>VALOR FUNCIÓN OBJETIVO</b>		<b>12 Zumos Zanahoria</b>	
<b>Producto</b>	<b>Unidades a Producir</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidades a Producir</b>
Trigo	353	Azúcar Morena	8
Soja	593	Tortitas	13
Zanahoria	145	Nata	46
Calabaza	44	Queso	15
Manzana	10	Hamburguesa	4
Caña de Azúcar	111	Tarta Zanahoria	10
Añil	49	Tarta Calabaza	4
Huevos	145	Galleta	25
Tocino	23	Saco Jersey Blanco	7
Leche	226	Almíbar	9
Lana	51	Tarta Bacon	4

Producto	Unidades a Producir	Producto	Unidades a Producir
Frambuesa	33	Muffin Frambuesa	12
Cereza	6	Saco Jersey Azul	6
Chile	16	Sombrero Azul	3
Alimento Gallina	145	Pastel Queso	2
Alimento Vaca	226	Pop Corn Chile	6
Alimento Cerdo	23	Lingote Platino	65
Alimento de Oveja	51	Pan	64
Mineral de Platino	130	Azúcar Blanca	40
Mantequilla	36		

Tabla 15. Unidades a producir en el Escenario 16 para Maximizar las Unidades de Zumo de Zanahoria a producir.

Como se logra observar en la Tabla 15, el valor de la función objetivo tomó el valor de 12 unidades de Zumo de Zanahoria a producir, es decir que la variable de decisión se expresa de la siguiente manera:

$Y_{ijk|reqMaq_{ij}=1}$ : número de veces que el producto Zumo de Zanahoria debió producirse en la máquina Extractor de Jugos en las líneas de producción 1 y 2

Al ser la función objetivo la multiplicación de las unidades producidas y el número de veces que el producto Zumo de Zanahoria debió producirse en la máquina Extractora de Jugos en las líneas de producción 1 y 2, logramos observar que el Zumo de Zanahoria tuvo que producirse 6 veces entre las líneas de producción 1 y 2, las cuales brindaban cada vez 2 unidades de Zumo de Zanahoria.

Así pues, también se produjeron las unidades de producto e insumos que se encuentran detalladas en la Tabla 15.

### 9.3.3 TIEMPO REQUERIDO POR EL ESTUDIANTE PARA PASAR UN NIVEL

Para poder establecer el tiempo requerido por el estudiante para pasar un nivel jugando en la aplicación se realizó una selección aleatoria en Excel de tres escenarios

y los seleccionados fueron el 5 ,8 y 12. A continuación se muestra en la Tabla 16 dichos resultados.

Escenario	Tiempo Requerido (min)	Tiempo Requerido (Horas)
Escenario 5	121	2,0
Escenario 8	211	3,5
Escenario 15	311	5,2

Tabla 16. Tiempo requerido por estudiante jugando en la aplicación para poder pasar de nivel

Los resultados obtenidos en la Tabla 16 se obtuvieron después de jugar cada nivel y realizar un promedio del tiempo requerido en la aplicación recolectando cosechas, sembrando, produciendo productos, recolectando productos, etc. Cómo logramos evidenciar entre mayor sea el nivel mayor tiempo de dedicación requiere ya que, cómo lo evidenciamos en los archivos anexos de Excel, cada nivel requiere una cantidad de demanda diferente que requiere cada vez más tiempo.

El tiempo establecido en la Tabla 16, es el tiempo que se requiere entre lunes y viernes para poder avanzar de nivel, el estudiante es libre de organizar su tiempo para mirar si dedica el tiempo a lo largo de la semana o en días aleatorios de la semana.

#### 9.3.4 ¿QUÉ CAMBIOS TENDRÍA LA FORMULACIÓN MATEMÁTICA SI LO QUE SE QUIERE ES REALIZAR UN MODELAMIENTO GLOBAL?

Para este objetivo lo que se quiere es que el estudiante logre modelar los 16 escenarios de manera conjunta para obtener únicamente una formulación que logre obtener los resultados para cada escenario propuesto. A continuación la formulación matemática.

##### Conjuntos:

*P: Conjunto de productos indexado en  $i$*

*M: Conjunto de máquinas indexado en  $j$*

*L: Conjunto de líneas de producción por máquina indexado en  $k$*

***E: Conjunto de escenarios indexado en  $l$***

*S: Conjunto de productos del silo*

*G: Conjunto de productos del granero*

##### Parámetros:

*tTotal: tiempo total del juego*

$expTotal_l$ : experiencia requerida para pasar el escenario  $l$

$capSilo$ : capacidad del silo (donde se guardan los productos cosechados)

$capGranero$ : capacidad del granero (donde se guardan los productos fabricados)

$D_{il}$ : demanda del producto  $i$  en el escenario  $l$ .

$uniProd_i$ : número de items que se obtienen al producir el producto  $i$

$tProd_i$ : tiempo que se demora en producirse  $i$

$req_{il}$ : cantidad del producto  $l$  que se requiere para producir el producto  $i$

$reqMaq_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si se requiere de la máquina } j \text{ para producir el producto } i \\ 0, & \text{d.l.c.} \end{cases}$

$exp_i$ : experiencia obtenida al producir  $i$

#### Variables de Decisión:

$Y_{ijkl|reqMaq_{ij}=1}$ : número de veces que el producto  $i$  debe producirse en la máquina  $j$ , en la línea de producción  $k$  y en el escenario  $l$ .

$I_{il}$ : inventario final del producto  $i$  en el escenario  $l$

**Función objetivo:** maximizar la suma de unidades a producir del producto  $A$  en la máquina  $j$ , en todas las líneas de producción  $k$  y en todos los escenarios  $l$ .

$$Max \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} \sum_{l \in E} Y_{A j k l | reqMaq_{Aj}=1} * uniProdu_A$$

#### **Restricciones:**

- La demanda de cada producto  $i$  debe ser suplida para cada escenario  $l$ .

$$\sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{ijkl|reqMaq_{ij}=1} * uniProd_i \geq D_{il} \quad \forall i \in P, \forall l \in E$$

- La sumatoria en todos los escenarios del tiempo en producción por cada línea de producción no puede sobrepasar el tiempo total de juego.

$$\sum_{l \in E} \sum_{i \in P} Y_{ijkl|reqMaq_{ij}=1} * tProd_i \leq tTotal \quad \forall j \in M, \forall k \in L$$

- Debe existir un número total de producto  $n$  para poder producir una cantidad determinada del producto  $i$  para cada escenario  $l$ .

$$\sum_{i \in P | req_{ii} > 0} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} req_{in} * Y_{ijkl | reqMaq_{ij}=1} \leq \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{l,j,k,l | reqMaq_{ij}=1} + I_{nl-1} \quad \forall n \in P, \forall l$$

$\in E$

- El inventario final del insumo  $n$  será igual al inventario inicial de  $n$  más lo que se produce del insumo  $n$  menos lo que se requiere del insumo  $n$  menos la demanda del insumo  $n$ .

$$I_{nl-1} + \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} Y_{l,j,k,l | reqMaq_{ij}=1} - \sum_{i \in P | req_{ii} > 0} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} req_{ii} * Y_{ijkl | reqMaq_{ij}=1} - D_{nl} = I_{nl} \quad \forall n \in P, \forall l$$

$\in E$

- La suma de la experiencia obtenida por cada producto fabricado debe ser superior a la experiencia requerida para pasar de nivel.

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} exp_i Y_{ijkl | reqMaq_{ij}=1} \geq expTotal_l \quad \forall l$$

$\in E$

- El total producido de los productos que se cosechan no debe superar la capacidad del silo.

$$\sum_{m \in S} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} uniProd_m Y_{mjkl | reqMaq_{mj}=1} \leq capSilo \quad \forall l \in E, \forall m$$

$\in S$

- El total producido de los productos que se fabrican no debe superar la capacidad del granero.

$$\sum_{n \in G} \sum_{j \in M} \sum_{k \in L} uniProd_n Y_{njkl | reqMaq_{nj}=1} \leq capGranero \quad \forall l \in E, \forall n$$

$\in G$

- No negatividad

$$Y_{ijkl} \geq 0 \quad \forall i \in P, \forall j \in M, \forall k$$

$\in L, \forall l \in E$

### 9.3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTENIDO SEMANA A SEMANA - ¿CÓMO REALIZAR LA PRUEBA PILOTO?

Para poder realizar la implementación semana a semana del contenido temático de la asignatura aplicando el sistema de aprendizaje por juego (GBL) a través de Hay Day se plantea a continuación en la Tabla 17 una prueba piloto de guía para saber qué actividad realizar semana a semana

Semana	Actividad a Realizar
1-2	Conocimiento de los temas a desarrollar en la asignatura, explicación de la metodología del juego y permitir el conocimiento por parte del estudiante hacia el juego. El estudiante debe ubicarse en el nivel 10 del Juego Hay Day para empezar con el proceso de aprendizaje (GBL)
3-5	Formulación Explícita de los primeros 3 escenarios (1 - 2 - 3) cumpliendo con los objetivos detallados en la guía
6-11	Formulación Compacta para cada escenario, estableciendo las variables de decisión, parámetros, restricciones y soluciones.
12-13	Análisis de Sensibilidad propuesto en el trabajo. El estudiante deberá realizar la formulación global del juego cumpliendo los objetivos de cada escenario
14	Formulación Multi - Objetivo de los escenarios 14 -15 con su respectivo modelo matemático y soluciones
15	Comparación de Resultados por parte del modelamiento individual de cada escenario y el modelamiento global. Ventajas y Desventajas.
16	Retroalimentación por parte del profesor, evaluación de los resultados obtenidos. Ventajas de utilizar el proceso GBL en la asignatura Optimización de Operaciones

Tabla 17. Implementación del proceso de aprendizaje semana a semana (prueba piloto). Realizada por el autor.

## 10. GUÍA DE EVALUACIÓN PROPUESTA PARA EL PROFESOR

Teniendo ya los objetivos y soluciones a cada escenario, es necesario plantear una guía de evaluación genérica, para poder establecer los rendimientos académicos del estudiante, y tener varias notas a lo largo del semestre para la asignatura OO, lo cual permite tener mayor compromiso por parte del estudiante, pues lo ideal es mantener excelente promedio a lo largo del curso.

### 10.1 MATRIZ DE CALIFICACIÓN PARA CADA RETO SEMANAL PROPUESTO

Para poder establecer cómo evaluar los avances del estudiante y resultados, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

1. Definición de los conjuntos (0,5)
2. Definición de todos los parámetros (1)
3. Definición de Variables de decisión (0,5)
4. Establecimiento adecuado de la función objetivo acorde al objetivo dado (0,5)
5. Cumplimiento de Restricciones (1,5)
6. Valores de las variables de decisión (1)

El desarrollo de cada escenario será evaluado sobre la máxima nota establecida en el Reglamento de Pontificia Universidad Javeriana: 5. Así mismo para poder obtener la nota parcial de cada aspecto, se le proporciona al profesor una guía en donde puede evaluar de manera detallada el desarrollo del escenario, y así establecer la nota de cada aspecto lo que conlleva a obtener la nota total. En la Tabla 18, dicha Matriz de Calificación. Es necesario aclarar que si la variable de decisión está planteada de manera errónea la calificación será inferior a 3, ya que automáticamente las restricciones, la función objetivo y el valor de las variables de decisión quedarán planteadas de manera errónea.

ASPECTO A EVALUAR	VALOR
<b>Definición de los conjuntos</b>	<b>0,5</b>
Conjunto Productos	0,1
Conjunto Maquinas	0,1
Conjunto líneas de producción	0,1
Conjunto productos del Silo	0,1
Conjunto productos del Granero	0,1
<b>Definición de los Parámetros</b>	<b>1</b>
Tiempo total del juego	0,1
Experiencia Requerida para pasar nivel	0,1
Capacidad del Silo	0,1
Capacidad del Granero	0,1
Demanda del producto	0,1
Numero de ítems producidos	0,1
Tiempo de producción del ítem	0,1
Requerimiento Maquinaria	0,1
Experiencia obtenida por producto	0,2
<b>Definición de la variable de decisión</b>	<b>0,5</b>
<b>Función Objetivo</b>	<b>0,5</b>
<b>Establecimiento de Restricciones</b>	<b>1,5</b>
Demanda debe ser suplida	0,2
El tiempo de producción $\leq$ Tiempo Total Juego	0,2
Debe existir una cantidad de insumos para realizar cierto producto	0,3
Suma de experiencia de cada producto $\geq$ Experiencia Requerida	0,2
Capacidad del Silo	0,2
Capacidad del Granero	0,2
No negatividad	0,2
<b>Solución del modelo matemático</b>	<b>1</b>

Tabla 18. Matriz Calificación propuesta

## 10.2 RETROALIMENTACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE (PROFESORES DE LA ASIGNATURA OO)

Para poder ratificar la calidad de este trabajo de grado se procedió a realizar una retroalimentación del contenido del mismo con dos profesores de la asignatura Optimización de Operaciones de la Pontificia Universidad Javeriana en donde se buscaba la opinión por parte de ellos del trabajo realizado.

Como primera retroalimentación del trabajo de grado, el Ingeniero Oscar David Barrera Ferro actual Jefe de Sección Logística de la Pontificia Universidad Javeriana y profesor de la asignatura Optimización de Operaciones se lograron obtener los siguientes puntos:

1. El trabajo de grado cumple de manera satisfactoria los objetivos general y específicos.
2. La metodología propuesta permite dar respuesta a la pregunta de investigación.



3. El juego seleccionado permite evaluar las competencias de modelamiento desarrolladas en el curso de Optimización. Estas competencias son requerimiento mínimo para desarrollar nuevas competencias en Optimización de operaciones.
4. La guía elaborada por la estudiante, haciendo ajustes en el tiempo de ejecución, sirve como base para usar el juego en un módulo introductorio del curso Optimización de operaciones.
5. Considero importante incluir en las conclusiones que se puede evaluar la forma como este juego puede ser usado en Optimización y no en Optimización de operaciones.
6. Considero que el aporte del trabajo está en el desarrollo de la metodología que permite hacer una evaluación futura de otros juegos para ser usados en el curso.

Por otro lado, el Ingeniero Rabie Nait-Abdallah, actual profesor de la asignatura Optimización de Operaciones de la Pontificia Universidad Javeriana se obtuvo la retroalimentación citada a continuación.

En resumen el trabajo de grado cumple con mis expectativas. Tenemos un juego Hayday y su equivalente en programación lineal (PL) que permite controlar los parámetros para utilizar los ejemplos que queremos. Toca ahora adaptar este trabajo para la aplicación en clases reales.

#### **Fortalezas:**

1. Haber identificado las condiciones para eliminar los efectos aleatorios del juego. Un juego de Investigación de Operaciones se puede usar en clase sólo si es determinístico (jugar 2 veces de la misma manera debe dar los mismos resultados)
2. El reverse-engineering de Hayday : el PL propuesto explica la mecánica interna del Hayday y permite al profesor imaginar casos sin tener que jugar.
3. Los escenarios se pueden usar como fuente de inspiración para aplicación en clase

#### **Continuación para el futuro:**

Algo muy importante en este trabajo es las posibilidades que abre para el futuro:

1. Generalizar el PL para optimizar estrategias multi-niveles. Si se agrega un aspecto aleatorio sería una aplicación interesante de la optimización estocástica para estudiantes en un nivel más avanzado.
2. Como hay PL, se puede prescindir del Hayday. Sería interesante desarrollar un software específico que tiene con base el PL del trabajo de grado. El objetivo de un home-made game es dar más control a los profesores sobre lo que hace el juego.

#### **Áreas de mejora:**

1. **Validación del modelamiento:** Falta una parte de validación del modelamiento PL. Evaluar si el PL da o no da la mejor solución para Hayday. Por ejemplo hubiera sido útil comparar el óptimo del PL con lo que puede lograr un jugador experimentado (el ejemplo de la parte 9.3.2 da una solución pero no sabemos si esta solución es buena o no)

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo de este trabajo se desarrollaron contenidos temáticos de la asignatura OO encaminados al proceso de gamificación por un juego ya existente en el mercado. Se logró evidenciar cómo los temas de programación lineal, entera y mixta pueden ser cumplidos a cabalidad de una manera aún más didáctica para lograr un proceso de mejoramiento en la enseñanza y aprendizaje de la asignatura OO.

Se decidió proponer el aprendizaje basado en juego para esta asignatura ya que es una herramienta efectiva usada para el aprendizaje (Kebritchi & Hirumi, 2008) que promueve las experiencias académicas de los estudiantes (Papastergiou, 2009) y a su vez por su semejanza con procesos industriales o de servicios, ya que los juegos de estrategia involucran a la toma de decisiones para conseguir beneficios que se asemejan a entornos reales, ya que se tienen recursos limitados, se buscan objetivos y con base en ello hay que decidir.

Por medio de este trabajo de grado, se logró concluir con tres profesores de la asignatura de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) los requerimientos mínimos que debe tener un juego de estrategia para ser utilizado en el proceso de aprendizaje. Dichos requerimientos fueron:

- No tener en cuenta las metas que la plataforma del juego imponga para avanzar de nivel, únicamente se deben tener en cuenta las metas que el profesor imponga ya que no es válido que el estudiante deba cumplir direcciones por dos entes diferentes: la plataforma del juego y los objetivos de los profesores. Es por esto que los objetivos semanales de la asignatura serán establecidos únicamente por el profesor.
- Se debe escoger un juego en donde los estudiantes puedan interactuar entre ellos, para comprar o vender insumos ya que esto promueve la interacción del grupo de clase para el cumplimiento de los objetivos; se logra crear el ambiente de compra y venta de un entorno industrial.

Adicionalmente se debe tener un listado de los requerimientos de cada nivel, con su demanda histórica y parámetros de producción para que el alumno tenga una visión general de la situación, asemejándose al conocimiento previo que se tiene de la cadena de abastecimiento en una compañía.

Para poder seleccionar el juego de estrategia de la manera más confiable y veraz se realizó una prueba de variabilidad para el juego que cumpliera los requerimientos de los profesores, en este caso, Hay Day, y se logró evidenciar que al tomar las mismas decisiones, el juego tomó los mismos valores, asegurándonos que al tomar las mismas decisiones, los resultados obtenidos fueran los mismos conllevándonos a concluir que Hay Day es un juego sin variabilidad y confiable para el proceso de gamificación en la asignatura OO.

Para establecer los objetivos semanales del juego, se estableció con los profesores que debía escogerse como función objetivo maximizar las unidades de aquel producto

que mayores insumos necesitara para su elaboración, ya que esto obliga al estudiante a mirar cuántos insumos producir para cumplir no sólo con las demandas y unidades de experiencia requeridas por un nivel particular, sino también para lograr maximizar aquel producto. Se seleccionaron 16 objetivos a cumplir, ya que es el tiempo que dura el semestre de pregrado de la asignatura Optimización de Operaciones en la PUJ y esto permite que el profesor tenga como material un objetivo semanal durante la duración de la asignatura.

Durante la realización de este trabajo de grado se logró evidenciar que además de acoplarse de manera satisfactoria al pensum de la asignatura OO también sería de excelente manera acoplar este proceso de aprendizaje por medio de juego a la asignatura Optimización, que se cursa alrededor del cuarto (IV) semestre de la carrera, ya que en este curso el estudiante empezará a relacionarse con los conceptos de toma de decisiones y modelos matemáticos y sería de gran ayuda tener este “entorno industrial” brindado por el juego para adquirir mayor conocimiento práctico.

Así mismo se logró concluir que para la asignatura OO se puede realizar una formulación global para cumplir los objetivos y demandas de los 16 escenarios distintos, es decir, con un único modelo compacto se pueden resolver todos los escenarios sólo modificando en cada escenario lo propio, agregar más productos, agregar parámetros, agregar máquinas, etc.

Cómo aporte significativo de este trabajo de grado vs. el trabajo de los autores Jiménez y Mantilla realizado en el 2005, cabe resaltar el hecho de que son en primer lugar trabajos totalmente distintos enfocados uno, al enfoque de realización y programación de un juego específico para la asignatura Diseño de la Cadena de Abastecimiento como necesidad de crear un entorno más industrial para el entendimiento y puesta en práctica de los conceptos temáticos de la asignatura mientras que el desarrollado en este trabajo se enfoca al hecho de aplicar un juego gratuito existente en el mercado para poder cumplir los contenidos temáticos de la asignatura, en donde lo que se quiere es mejorar un proceso ya existente por medio de la tercerización de un servicio, en este caso, el juego Hay Day.

Al culminar este trabajo de grado, es importante recalcar y recomendar una segunda parte de este trabajo, el cual conlleve la aplicación del mismo.

Una excelente recomendación para este trabajo de grado sería realizar el estudio completo que realizaron Chen (2010), Hwang et al. (2008), Kim & Hannafin (2011), y Merrill & Gilbert (2008), en donde a un grupo de clases le realizaron el proceso de aprendizaje de la manera metódica y “clásica” de la educación, mientras que a otro grupo completamente diferente, decidieron aplicarle el proceso de gamificación. Dichos autores lograron evidenciar que el proceso de gamificación tenía buenos resultados realizando un test antes del proceso de educación y uno después para lograr observar qué tan claros quedaban los conceptos y contenidos temáticos de la asignatura. Como resultado final, se obtuvo que aquellos alumnos que aprendieron bajo el proceso de gamificación tuvieron un mejor puntaje en el test vs. aquellos estudiantes que tuvieron las clases únicamente temáticas.

Es así pues, como sería de gran contribución, un estudio piloto, en donde se escojan dos grupos de clase de la asignatura OO, dictados por un mismo profesor, en donde a uno de los grupos se le aplique el proceso de gamificación propuesto en este trabajo de grado, y al otro grupo simplemente se le realicen las clases metódicas y magistrales, evaluando sus desempeños con un pre-test y un post-test para evidenciar cuantitativamente las ventajas de implementar la propuesta explicada en este trabajo de grado.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cecilia Parra Ferié, Ernesto Negrin Sosa, Olga Gómez Figueroa. Procesos de Servicios: Tendencias modernas en su gestión. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria, 2009. Pág. 4-44
- Ching-Hsue Cheng, Chung-Ho Su. (2011). A Game-based learning system for improving student's learning effectiveness in system analysis course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (31). 669 – 675
- David Furió, Santiago González-Gancedo, M.-Carmen Juan, Ignacio Seguí, Noemí Rando (2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers & Education* (64) 1–23.
- Federico Pasin, Hélène Giroux. (2011). The impact of a simulation game on operations management education. *Computers & Education* (57) 1240–1254
- Fotini Paraskeva, Sofia Mysirlaki, Aikaterini Papagianni (2010). Multiplayer online games as educational tools: Facing new challenges in learning. *Computers & Education* (54) 498–505.
- Gwo-Jen Hwang, Po-Han Wu, Chi-Chang Chen (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities. *Computers & Education* (59) 1246–1256
- Hans Dieleman, Don Huisingh. (2006). Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability. *Journal of Cleaner Production* (14) 837-847
- Jannicke Baalsrud Haugea, Johann C.K.H. Riedelb (2012). Evaluation of simulation games for teaching engineering and manufacturing. *Procedia Computer Science* (15) 210 – 220.
- Jose Fernando Jiménez Gordillo, Alejandra Mantilla Martínez. Diseño y Desarrollo de un juego pedagógico soportado en una herramienta didáctica virtual para la asignatura de Diseño de Cadenas de Abastecimiento de la Pontificia Universidad Javeriana. Colección Tesis Biblioteca General Pontificia Universidad Javeriana, 2005.
- Luis Fernando Agudelo Tobón. Gestión por Porcesos. Bolivar, Medellín: Editorial Los Autores. 2007. Capítulo 1 y Capitulo 7
- Michael A. Lewis, Harvey R. Maylor (2007). Game playing and operations management education. *Int. J. Production Economics* (105) 134–149.
- Muhammet Demirbilek, Suzan Lema Tamer (2010). Math teachers' perspectives on using educational computer games in math education. *Procedia Social and Behavioral Sciences* (9) 709–716
- Pablo Moreno-Ger, Daniel Burgos, Iván Martínez-Ortiz, José Luis Sierra, Baltasar Fernández-Manjón (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior* (24) 2530–2540
- Paul A. Tess. (2013) The role of social media in higher education classes (real and virtual) – A literature review. *Computers in Human Behavior* (29) A60–A68.
- Sarah E. Grady, Kathleen M. Vest, Timothy J Todd. (2013). Student attitudes toward the use of games to promote learning in the large classroom setting. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*
- Strnad Gabriela (2012). The use of blogs and social media for technical education in specific field of materials processing. *Procedia Economics and Finance* (3) 337 – 342
- Thomas Hainey, Thomas M. Connolly, Mark Stansfield, Elizabeth A. Boyle (2011). Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. *Computers & Education* (56) 21–35.
- Ya-Ting Carolyn Yang (2012). Building virtual cities, inspiring intelligent citizens: Digital games for developing students' problem solving and learning motivation. *Computers & Education* (59) 365–377

Ya-Ting Carolyn Yang, Chao-Hsiang Chang (2013). Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement. Institute of Education & Center for Teacher Education, National Cheng Kung University No.1, University Road, Tainan City, 701, Taiwan (R.O.C.)

ANEXO 2

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES  
(Licencia de uso)

Bogotá, D.C., 10 de Junio 2013

Señores  
Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.  
Pontificia Universidad Javeriana  
Ciudad

Los suscritos:

PAOLA ANDREA LÓPEZ ESPITIA , con C.C. No 1.020.773.805  
\_\_\_\_\_, con C.C. No \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, con C.C. No \_\_\_\_\_

En mi (nuestra) calidad de autor (es) exclusivo (s) de la obra titulada:

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA A TRAVES DE GAMIFICACION (GAME BASED LEARNING)**

\_\_\_\_\_  
(por favor señale con una "x" las opciones que apliquen)  
Tesis doctoral  Trabajo de grado  Premio o distinción: Si  No   
cual:

presentado y aprobado en el año 2014 , por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mi (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	X	
2. La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca)	X	
3. La consulta electrónica - on line (a través del catálogo Biblos y el Repositorio Institucional)	X	
4. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
5. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
6. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes,

de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizo (garantizamos) en mi (nuestra) calidad de estudiante (s) y por ende autor (es) exclusivo (s), que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el (los) único (s) titular (es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

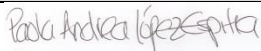
Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuare (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA: Información Confidencial:**

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. Si  No

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

NOMBRE COMPLETO	No. del documento de identidad	FIRMA
PAOLA ANDREA LÓPEZ ESPITIA	1.020.773.805	

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERIA INDUSTRIAL



**ANEXO 3**  
**BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.**  
**DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO**  
**FORMULARIO**

<b>TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS DOCTORAL O TRABAJO DE GRADO</b>						
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA A TRAVES DE GAMIFICACION (GAME BASED LEARNING)						
<b>SUBTÍTULO, SI LO TIENE</b>						
<b>AUTOR O AUTORES</b>						
<b>Apellidos Completos</b>			<b>Nombres Completos</b>			
LOPEZ ESPITIA			PAOLA ANDREA			
<b>DIRECTOR (ES) TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO</b>						
<b>Apellidos Completos</b>			<b>Nombres Completos</b>			
GONZALEZ NEIRA			ELIANA MARÍA			
<b>FACULTAD</b>						
INGENIERIA						
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>						
<b>Tipo de programa ( seleccione con "x" )</b>						
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado			
X						
<b>Nombre del programa académico</b>						
INGENIERIA INDUSTRIAL						
<b>Nombres y apellidos del director del programa académico</b>						
OLGA LUCIA ARAOZ CAJIAO						
<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b>						
INGENIERA INDUSTRIAL						
<b>PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):</b>						
<b>CIUDAD</b>		<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO</b>			<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	
BOGOTÁ		2014			62	
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES ( seleccione con "x" )</b>						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		X				
<b>SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO</b>						
<b>Nota:</b> En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.						

MATERIAL ACOMPAÑANTE					
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO		
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?
Vídeo					
Audio					
Multimedia					
Producción electrónica					
Otro Cuál?					
<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS</b>					
Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. <i>(En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo <a href="mailto:biblioteca@javeriana.edu.co">biblioteca@javeriana.edu.co</a>, donde se les orientará).</i>					
<b>ESPAÑOL</b>			<b>INGLÉS</b>		
OPTIMIZACIÓN OPERACIONES			OPERATION MANAGMENT		
GAMIFICACION			GAME BASED LEARNING		
HAY DAY			HAY DAY		
APRENDIZAJE			LEARNING		
<b>RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)					
<p>La materia Optimización de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana busca en el estudiante inculcar la habilidad para reconocer problemas potenciales de Programación Lineal, fomentar el pensamiento crítico y lograr que el estudiante se transporte a una realidad para saber qué decisiones tomar. Pero para el maestro, transportar al estudiante a esta realidad no es fácil, puesto que ellos no se ven enfrentados directamente a las consecuencias que conlleva una decisión, pues simplemente se aplica al problema para obtener una utilidad o disminuir costos, sin facilitar la retroalimentación inmediata de lo que esto conlleva.</p> <p>Siendo así, es como se quiere por medio de esta propuesta vincular un juego que le permita al estudiante enfrentarse a una realidad que le permita ver de manera inmediata las consecuencias de sus decisiones, permitiendo crear un proceso netamente estocástico en donde el estudiante logra ver cómo una decisión puede llevarlo a otra situación totalmente distinta en donde tiene que volver a pensar qué hacer y cómo hacerlo para lograr uno o varios objetivos establecidos.</p> <p>Durante la realización de este trabajo de grado se logró evidenciar que además de acoplarse de manera satisfactoria al pensum de la asignatura OO también sería de excelente manera acoplar este proceso de aprendizaje por medio de juego a la asignatura Optimización, que se cursa alrededor del cuarto (IV) semestre de la carrera ya que en este curso el estudiante empezará a relacionarse con los conceptos de toma de decisiones.</p> <p>Operations Optimization field of the Faculty of Industrial Engineering from Pontificia Universidad Javeriana in the student seeks to instill the ability to recognize potential problems of linear programming, encourage critical thinking and to ensure that the student is transported to a reality to know what decisions to make . But for the teacher, transporting students to this reality is not easy, since they are not directly confronted with the consequences that entails a decision because simply applies the problem to make a profit or reduce costs, without providing immediate feedback what this entails.</p> <p>Thus, it is as you want by this proposal to link a game that allows the student to face a reality that allows you to immediately see the consequences of their decisions, allowing you to create a purely stochastic process where the student fails to see how a decision can lead to a completely</p>					

different situation where you have to re-think what to do and how to achieve one or more stated objectives.

While performing this job grade were able to demonstrate that in addition to engaging in a satisfactory curriculum of the course so OO would also be an excellent way to fit the learning process by playing the SEO course, which is offered around the room ( IV) half of the race and in this course the student will begin to relate to the concepts of decision-making.