

# Mejores prácticas de Excel para el desarrollo de modelos de tomas de decisiones y generación de conocimientos en logística

## *Excel best practices for the development of models of decision making and knowledge generation in logistic*

José Roig Zamora<sup>1</sup>  
Daniel Moreno Conejo<sup>2</sup>

Recibido: 28-2-2017 Aprobado: 18-10-2017

### Resumen

Este artículo pretende servir de base a los estudiantes de Ingeniería Industrial que deben "a lo largo de su carrera" ayudarse de Microsoft Excel (2013) para construir herramientas de análisis y simulación de escenarios con el fin de generar aprendizaje y conocimiento a través de la programación en hojas de cálculo para utilizarlas en los diversos proyectos de la carrera de Ingeniería. Particularmente, se apoyará en un caso base de conocimiento para los estudiantes del curso de Logística de la Cadena de Valor I, para a partir de dicha experiencia, se pueda determinar cuáles son los conocimientos básicos y necesarios que deben manejar y así, replicarlos en otras disciplinas. Específicamente, el estudiante debe diseñar un negocio desde cero y armar un modelo de este, que le permita estudiar todos sus componentes a partir de la programación y uso de un simulador que le conceda simular/analizar las variables logísticas de: pronóstico de la demanda, requerimiento de materiales, modelos de reaprovisionamiento, planificación de los recursos de distribución (o DRP por sus siglas en inglés), determinación de planes de compra, cálculo de gastos operativos, cálculos de inversión, estimación de un estado de pérdidas y ganancia que le permita proyectar un valor presente neto (VPN), entre otros.

A través de la programación de una herramienta en Microsoft Excel, el estudiante puede simular varios escenarios y al mismo tiempo, realizar análisis de sensibilidad que le permita diferenciar entre las opciones de diseño del modelo de negocio, sacar conclusiones y aportar recomendaciones.

A partir de este caso de aplicación particular, se pretende que el estudiante se familiarice con el uso del Microsoft Excel y otras herramientas que deberá programar a lo largo de la carrera, para generar conocimiento. Este artículo está basado en el estudio de un periodo de seis semestres del curso en cuestión.

**Palabras claves:** programación, generación de conocimiento, hoja de cálculo, simulador de negocio, logística, microsoft Excel

### Abstract

This study pretends to help Industrial Engineering to build analysis tools and simulation of scenarios to learn by programming spreadsheets for projects when using Microsoft Excel program (2013). In particular, it will serve for those who registered "Logistics of the Value Chain I". Thus, they learned to determine basic and essential knowledge to handle, and later to be useful in other disciplines. Then, when a student design a business project model This tool will allow him to study all components from the program and use a simulator that lets to simulate/analyze logistic variables such as: forecast of the demand, material requirements, replenishment models, distribution resource planning (or DRP), determination of purchase plans, calculation of operating expenses, investment calculations, estimation of a profit and loss statement that permits to the project a net present value (NPV), among others.

The Microsoft Excel project program simulates scenarios and, at the same time, perform sensitivity analyzes that indicates differences between the design options of the business model, draw conclusions and provide recommendations. Based on this particular application, a student will become familiar with the use of Microsoft Excel and other tools that must be programmed throughout the career, to generate knowledge. This study is based on six semesters work in the course.

**Keywords:** programming, knowledge generation, spreadsheet, business, logistics simulator, microsoft Excel

<sup>1</sup> Ingeniero. Máster en Logística de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Máster en Ciencias, Tecnología y Organización (Diseño Global, mención Innovación y Diseño de Sistemas Industriales) de la Universidad de Lorraine, Francia. Profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: roigjose@gmail.com.

<sup>2</sup> Ingeniero Daniel Moreno. Máster en Soft Computing y Sistemas Inteligentes de la Universidad de Granada, España. Master en Administración Financiera de la Universidad de Barcelona, España. Profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial, Sede Interuniversitaria Alajuela y Sede Occidente. Correo electrónico: daniel.dmoreno@gmail.com.

## I. Introducción

En la actualidad es un reto diario para el profesorado el innovar métodos de enseñanza que permitan a los estudiantes asimilar el conocimiento necesario para ejercer la profesión y aún más, que sean vigentes. Existen métodos docentes tradicionales en los que el profesor transmite teoría pero el estudiante no asimila correctamente los conceptos, simplemente los memoriza; es hasta que los pone en práctica en una situación de la vida real aplicada, que los internaliza y comprende. En el caso de la teoría sobre logística si no se logra comprender la aplicabilidad de la materia no será posible entender a fondo los conceptos ni mucho menos ponerlos en práctica en el ejercicio profesional.

Tal como señala Roig (2014, p. 85-99), se requieren métodos no tradicionales para el entendimiento a fondo de la temática de logística. Específicamente, Roig propone la creación de un modelo de negocio para determinar la factibilidad logística de abrir una cadena de restaurantes en Costa Rica. A partir de este modelo, el estudiante logra de manera colaborativa entender el detalle teórico y ponerlo en práctica. Evidentemente no se debe limitar la práctica al negocio de restaurantes, sino, que se puede replicar en otras realidades parecidas para variar el ejercicio y volverlo más interesante semestre a semestre. El modelo de negocio tiene como centro la creación mediante el uso de Excel o “simulador” (en adelante “modelo/simulador”) para entender los diferentes escenarios, las diferentes variables logísticas y los factores por controlar para la correcta toma de decisiones referente a cómo diseñar el negocio de restaurantes.

En su artículo, Roig enfatiza en el rol colaborativo de este modelo de negocio, pero no detalla en cómo armar el modelo de Excel ni cuáles componentes deben incorporarse. Asimismo, no especifica cuáles deben ser las mejores prácticas de armado del simulador para aprovechar las bondades de la hoja de cálculo y así, lograr mejor la simulación

de escenarios y el análisis de sensibilidad de las variables para una mejor toma de decisiones que permita al estudiante aprender. Este artículo tiene por objetivo entrar en mayor detalle respecto a las variables logísticas del modelo de Excel y en cómo se debe construir ese modelo, para que permita la toma de decisiones.

## II. Referente teórico

Un modelo de negocio permite el estudio detallado de una realidad y determina de manera cuantitativa los factores necesarios para la toma de decisiones. Tal como lo indica Hillier *et al.* (2002, p. 5) los métodos cuantitativos brindan análisis y recomendaciones como insumo en la toma de una decisión. Igualmente, señala que los gerentes conocedores deben tomar en cuenta varios aspectos intangibles fuera del dominio de los métodos cuantitativos y luego escoger su mejor criterio para la toma de la decisión. Se puede entender por gerente a toda persona que deba tomar decisiones para garantizar el correcto diseño de un negocio, en este caso podemos replicar el comentario a los estudiantes que arman el modelo.

Lo anterior se puede resumir en que, al tener las correctas herramientas cuantitativas y sumar el criterio cualitativo (de suma importancia y a veces despreciado en la toma de decisiones de los ingenieros) se le permite al gerente una mejor toma de decisiones. Esta premisa también aplica para un grupo de estudiantes cuyo objetivo es generar recomendaciones y pautas de diseño que permitan la creación de un modelo de negocio efectivo.

Lo que se describió anteriormente es una realidad de negocio, pues existe un segmento de compañías consultoras en crecimiento que ofrecen los servicios para realizar estudios que faciliten la toma de decisiones cruciales de los empresarios, por tanto, se vuelve importante dotar al estudiantado de estas capacidades porque además de que están en vigencia, son muy efectivas para desarrollar habilidades de análisis y toma de decisiones.

Hillier *et al.* (2002, p. 7) propone una serie de pasos necesarios para la toma de decisiones a través de métodos cuantitativos:

1. Definir el problema y recolectar los datos: se define claramente el problema y se identifican los datos principales que deben recolectarse. Los datos son todos los relacionados con las variables logísticas que se modelan para entender cómo inciden en los resultados del negocio.
2. Formular un modelo para representar el problema: usualmente el modelo se representa de forma matemática, Hillier explica que los modelos de hoja de cálculo en la actualidad se usan para analizar los problemas administrativos. El modelo permite desplegar los datos relevantes, las medidas de desempeño y las interrelaciones de las variables en una hoja de cálculo de forma organizada para facilitar el análisis del problema. Lo práctico del Modelo de Excel es que permite mediante programación, representar la realidad que a simple vista se torna imposible de entender. Hillier explica que el proceso de modelado es evolutivo, comienza con un simple “modelo verbal” para definir la esencia del problema y gradualmente evoluciona hacia modelos matemáticos más complejos. Ese “modelo verbal” es el que se puede plasmar en un papel a modo de mapa y el que corresponde a la base que se le pide al estudiantado realizar antes de iniciar la programación.
3. Desarrollar un procedimiento basado en computadora para derivar soluciones: al correr en una computadora se vuelve posible la evaluación de varios escenarios a partir de la simulación de varias corridas.
4. Probar el modelo y refinarlo según necesidad: se pretende que el modelo se utilice y pruebe para asegurar que sea una representación de la realidad. Precisamente en esta actividad de depuración es cuando el estudiante aprende realmente las diferentes interacciones de las variables logísticas.
5. Aplicar el modelo para analizar el problema y desarrollar recomendaciones: este paso debe ser lo suficientemente flexible para generar varios escenarios posibles y destacar los resultados asociados.
6. Implantar las recomendaciones que adopte la administración: paso final que permite la implementación en la realidad de lo que se ha modelado en la teoría. El hecho de modelar antes de implementar permite reducir la probabilidad de error y los costes por echar a andar opciones que no son las mejores.

En lo que concierne a este artículo, el modelo/ simulador de negocios pretende analizar a fondo los factores cuantitativos logísticos: pronósticos de la demanda, simulaciones de inventarios, explosiones de requerimientos de materiales, simulación de planificación de inventarios y reaprovisionamientos y planes de compras, tal como se muestra en la siguiente figura:



**Ilustración 1.** Esquema de variables logísticas

Al analizar a fondo los factores cuantitativos de las variables logísticas, el estudiantado no solo se queda en este dominio, sino, que empieza a entender los factores cualitativos también, sea el caso del pronóstico, en el cual luego de modelar matemáticamente, el estudiante se dará cuenta que también la variable cualitativa se debe incorporar en el modelo, por ejemplo: los impactos de incorporación de la competencia directa, los impactos de una nueva tecnología o producto en el mercado, los impactos del ingreso de un nuevo producto o la salida de un producto viejo, etc. Es la interacción entre las variables cuantitativas en el simulador y las cualitativas que descubre el estudiante al analizar la realidad, la que le ayuda a generar criterio profesional.

En la figura anterior se detallan las variables logísticas básicas que se deben incorporar en el modelo/simulador, no obstante, existen otras variables logísticas que se pueden añadir al modelo para volverle más completo, como la simulación de rutas de distribución, pero la idea es definir las que aparecen en la figura por ser las principales. El estudiante puede agregar variables secundarias para completar mejor el modelo, pero eso se recomienda una vez que se tengan completamente dominadas las variables base.

Es importante resaltar que este artículo no pretende ahondar en la teoría profunda de las variables logísticas pues para eso se puede recurrir a una diversa bibliografía, sino, que procura dar las bases al lector que no está familiarizado para así aportar el contexto necesario que posibilite la comprensión del modelo/simulador.

La primera variable por analizar es el pronóstico. En su obra, Ballou (2004, p. 286) establece que los pronósticos de la demanda (o volumen de producto) son necesarios para la planeación y control de las actividades logísticas, precisamente estos volúmenes de demanda son los que generan el “jale” de las siguientes actividades, por lo que se requiere la máxima precisión de sus números.

Frazelle (2001, p. 32) indica que el pronóstico siempre estará equivocado, pero que la intención será minimizar el error y sobre todo, tener un mejor pronóstico que la competencia, es decir, una mejor visión que la competencia. Este es el verdadero “juego” y es justamente acá donde se genera una ventaja competitiva. Específicamente, Frazelle defiende la tesis de que el pronóstico es la base para tomar decisiones como: inversiones de capital, campañas de mercadeo, planificación de los niveles de servicio, diseño del tamaño de los almacenes, expansiones de manufactura, negociaciones de proveedores, entre otros. Es precisamente el corazón del modelo de negocio pues, a partir de esta estimación es que se generan las demás decisiones.

Chopra y Meindl establecen varias características del pronóstico que deben ser tomadas en cuenta a lo largo del modelo de negocio. La primera es que el pronóstico siempre será impreciso y por tanto se debe cuantificar su valor esperado y la medida de sus errores. La segunda es que por lo general los errores de largo plazo son menos precisos que los de corto plazo. La tercera está asociada a los niveles de agregación, en los cuales se asegura que cuanto más agregado esté el pronóstico tiende a ser más preciso; en este contexto se dice que el pronóstico de un año en el modelo de negocio será más preciso que el pronóstico de un mes específico. Como cuarta característica se dice que cuanto más arriba en la cadena de abastecimiento está la empresa, es decir, más lejos del consumidor, tendrá mayor distorsión en la información que reciba debido al efecto látigo, por ende, afectará más la precisión de un pronóstico según la posición de la empresa en la cadena. (2013, p. 179)

Chopra y Meindl (2013) mencionan que al establecer un pronóstico se deben equilibrar los factores objetivos y subjetivos cuando se pronostica la demanda, es decir, el analista no solo se debe enfocar en los métodos cuantitativos, sino, incorporar el aspecto humano al realizar el pronóstico final. Se plantea como ejemplo el caso de una estimación de pronóstico basada en datos históricos, que se

enriquece con los factores cualitativos conocidos por el analista a partir de información reciente como las nuevas condiciones del mercado, la publicidad planeada o esfuerzos de mercadeo, descuentos de precios planeados, estado de la economía, acciones que los competidores implementarán, entre otras. Todas estas son condiciones de mercado que el analista tiene entre sus cualitativos y que no se ven precisamente demostradas en sus datos históricos cuantitativos.

Chopra y Meindl (2013) establecen que se pueden clasificar los métodos de pronóstico en cuatro grandes categorías:

**Cualitativos:** son principalmente subjetivos y se apoyan en el juicio humano. Son apropiados cuando el acceso a datos históricos es limitado o cuando los analistas poseen información del mercado que pueda afectar la estimación.

**Series de tiempo:** estos utilizan la demanda histórica para hacer el pronóstico, con la limitante de que se basan en el supuesto de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura, lo cual no siempre es cierto.

**Causales:** estos encuentran correlación entre la demanda y factores exógenos que se utilizan por correlación, para estimar la demanda.

**Simulación:** mediante estos se logran combinar series de tiempo y de causa para estimar las demandas impactadas por una promoción de precios, por ejemplo, o demandas de la apertura de una tienda, entre otros.

En fin, el pronóstico es una ciencia amplia en la que intervienen múltiples factores. Es mediante un modelo de pronósticos que se arma y se ajusta, que el analista de demanda logra aprender más sobre cómo estimar una demanda específica.

La segunda variable logística por analizar es la planificación de la producción. Esta variable consiste en que una vez determinada la demanda, se debe determinar también la planificación agregada de la producción y la planificación maestra de la producción.

La planificación agregada busca el establecimiento de tasas de producción y niveles de inventario de producto terminado, para satisfacer la demanda con una ventana de seis a veinticuatro meses (Silver y Pyke, 1998, p. 539). Silver y Pyke indican que la ventana de agregación de datos usualmente es mensual y la planificación se diseña al agrupar los artículos en familias que faciliten el nivel agregado. Además, rescata dos razones primordiales de esta planificación: utilizar esos datos para el cálculo rápido de capacidades requeridas para producir y la posibilidad posterior de desagregar esta planificación en un nivel de detalle mayor (en este caso la planificación maestra de la producción).

En esencia, el plan maestro de producción sirve para administrar el corto plazo del ejercicio ya que se basa en el plan agregado y lo descompone en el plan de producción específico para cada producto elaborado durante períodos delimitados en la planta. Krajewski (2013) lo define como una parte del plan de materiales que detalla cuántos artículos finales se producirán dentro de períodos específicos.

Una vez definida la planificación de los productos terminados se procede con la tercera variable en el modelo: la planificación de requerimientos de materiales (PRM) o en inglés MRP (materials requirement planning). Krajewski (2013) indica que la PRM es un sistema desarrollado para administrar la demanda dependiente de los materiales y sus respectivas órdenes de reabastecimiento, que se basa en entradas claves como la lista de materiales (o BOM en inglés para bill of materials), un programa maestro de producción y una base de registros de existencias de inventarios. Krajewski (2013) explica que la explosión de PRM convierte los requerimientos de productos terminados en un plan de requerimiento de materiales que detalla los programas de reabastecimiento de todos los subsambles, componentes y materias primas que se requieren para la fabricación de los productos. Una vez conocidos los requerimientos de materiales y materias primas, prosigue la variable

de planificación, control y reabastecimiento de inventarios. Los modelos o esquemas más usados en la industria para la planificación de inventarios según Frazelle (2002) son:

- PRO/CEP: de sus siglas punto de reorden y cantidad económica de pedido. En este modelo el planificador ordena una CEP cuando la posición de inventario toca el nivel del PRO, todo esto bajo un esquema de revisión continua del inventario.
- PRO/ONS: de sus siglas punto de reorden y orden al nivel superior. Bajo una revisión de inventarios constante, se ordena una cantidad variable que sea suficiente para llevar la posición de inventario al nivel ONS justo cuando ha tocado el PRO. El ONS se define de forma tal que se tenga una probabilidad de ruptura de inventario objetivo.
- PRT/ONS: de sus siglas período de revisión temporal y orden al nivel superior. En este modelo cada PRT ordena una cantidad variable de reaprovisionamiento para llevar el inventario a la posición de ONS. Un PRT típico es ordenar cada semana.
- PRT/PRO/ONS: en este modelo revisa el inventario cada PRT y si este toca el PRO, se ordena una cantidad variable de inventario para que llegue al nivel ONS.

Una vez que se tienen definidas las cantidades y tiempos de los requerimientos de abastecimiento, se traducen a los planes de compras. Esos son los planes detallados que debe tener el comprador para negociar con los proveedores. Usualmente, se dice que los planes de compra pueden estar ya en firme y transformarse en órdenes de compra o pueden ser de mediano y largo plazo. En este caso, se utilizan como estimaciones de pedidos que frecuentemente comparten con el proveedor para que él tenga visibilidad de las probables órdenes de compra venideras.

Una vez definidas las variables logísticas, quien toma las decisiones necesita tener visibilidad del resultado de pérdidas y ganancias, proyectado en la empresa. Con esto en mente, se puede utilizar el simulador de la hoja de cálculo para determinar cuáles son las variables con mayor sensibilidad e impacto sobre la factibilidad del modelo de negocio.

### III. Contexto de la innovación aplicada

A continuación se detalla por qué se selecciona Microsoft Excel, lo que los autores denominan: “modelo adaptado de construcción software” y cómo debe usarse. Finalmente, se contrasta dicho modelo frente a las herramientas desarrolladas por los estudiantes.

#### 3.1. Desarrollo de modelos logísticos en Excel

Paralelo al aprendizaje del curso de Logística 1 se les pide a los estudiantes desarrollar un modelo/simulador donde apliquen todas las variables logísticas y tomen decisiones de acuerdo con las salidas obtenidas del modelo y así, generen aprendizaje. Dicho modelo/simulador les permite analizar escenarios logísticos para entender la factibilidad de abrir el negocio que simulan, además de reconocer cuáles son las variables más importantes que deben implementar en el negocio elaborado. A lo largo del curso los estudiantes deben exponer los resultados de su análisis y las corridas de su modelo/simulador, lo que sugiere que cuanto mejor sea el modelo/simulador y su programación, mayor probabilidad tiene el grupo de estudiantes de presentar un buen proyecto.

#### 3.2. ¿Por qué Excel?

Las empresas e instituciones hacen un uso extensivo de Microsoft Excel, razón por la cual “es el software de hoja de cálculo más utilizado del mundo” (Walkenbach, 2013) por tanto, una propuesta lógica y de fácil acceso a estudiantes universitarios es que pueda usarse como base en la construcción de modelos logísticos y/o de negocio para todo ingeniero industrial.

### 3.3. ¿Por qué Excel para armar el modelo?

La necesidad de construir modelos que sean entendibles, flexibles, y evolutivos puede verse como una derivación directa del principio de incompatibilidad: “Al aumentar la complejidad de un sistema, disminuye nuestra capacidad de hacer declaraciones precisas y además significativas acerca de su comportamiento, hasta que se alcanza un umbral más allá del que la precisión y la significancia o relevancia se convierten en rasgos mutuamente excluyentes”. (Zadeh, 1973). Excel constituye una respuesta para construir modelos por ser una aplicación flexible, altamente difundida y con una curva de aprendizaje inicial suave, donde conocimientos básicos de programación combinados con fórmulas pueden resolver gran variedad de problemas, asimismo, sirve de herramienta docente para lograr que el estudiantado asimile una temática específica. Esto se debe a que Microsoft Excel, además de una hoja de cálculo posee un lenguaje de programación, llamado VBA o “Visual Basic por Applications” el cual, según menciona Walkenbach, está presente desde Excel

5 lanzado en 1994 y permite obtener beneficios tanto de fórmulas como de código de programación al incrementar características que le potencian en cuanto a su uso.

La claridad de las aplicaciones construidas en Excel, permite utilizar los principios de ingeniería del software, que según Bohem (1976) implican la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y la construcción de programas y documentación para desarrollar, operar y mantener dichos programas sin necesidad de tener una formación especializada en ciencias de la computación.

### 3.4. ¿Cómo aprender Excel?

Poco se ha escrito desde un punto de vista académico sobre cómo se debe llevar a cabo el proceso didáctico de Excel. Los autores de mayor renombre mundial sobre Microsoft Excel (John Walkenbach y Bill Jelen) con una prolífica literatura, tradicionalmente han seguido un abordaje con algunas variaciones, similar al siguiente:

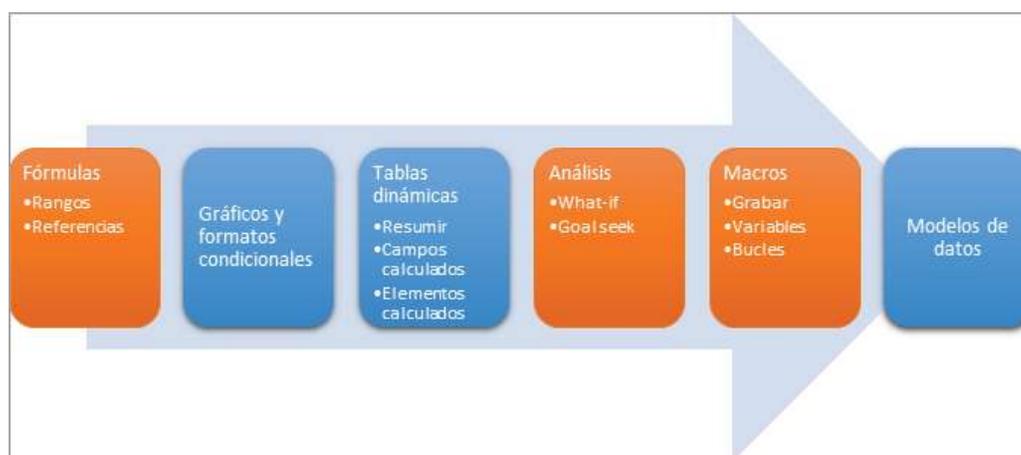


Ilustración 2. Esquema propuesto de aprendizaje práctico de Excel

Los autores seguirán ese mismo esquema para su propuesta de “base de conocimiento” del software Microsoft Excel aunque no necesariamente todos los contenidos serán abarcados en esta memoria. Los contenidos que se consideran necesarios aparecen resaltados en la figura anterior.

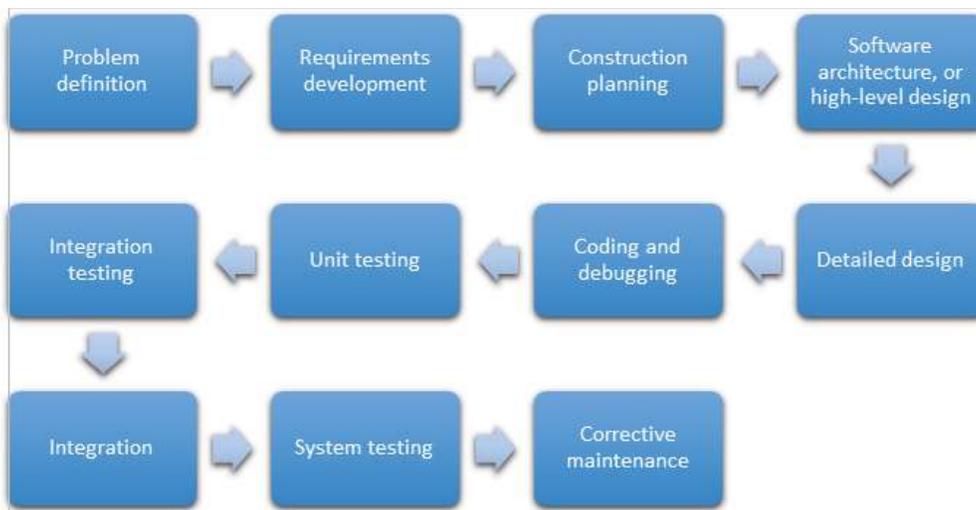
### 3.5. Modelo de desarrollo de software

En el enfoque de desarrollo de software se puede identificar una serie de procesos que podrían llamarse “mejoras prácticas”. Según McConnell (2004) existen al menos los siguientes procesos en el desarrollo de cualquier aplicación:

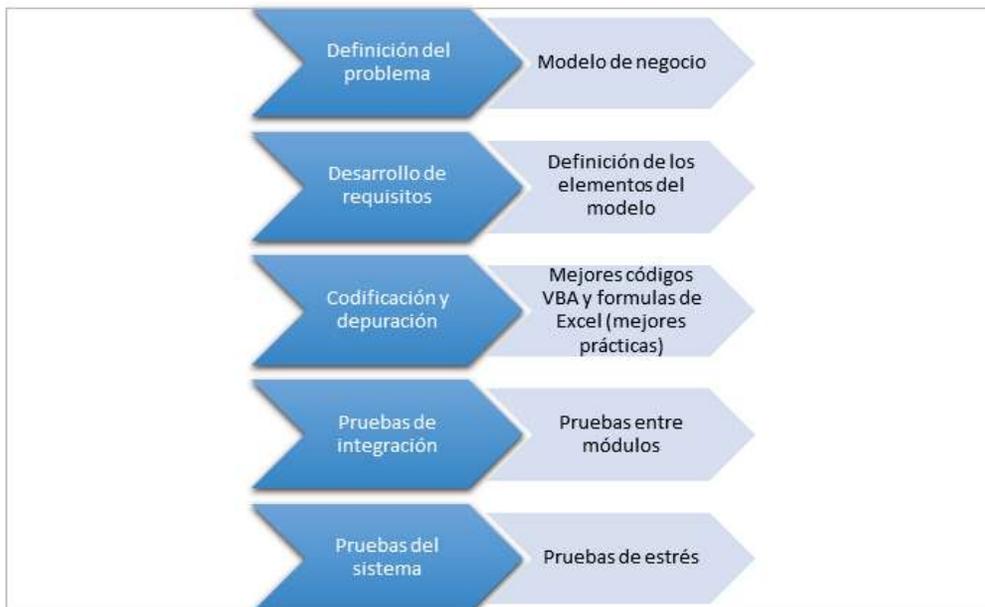
Este modelo, nos indica McConnell (2004), es el resultado de professional experience, other software books, programming language books,

technology references y magazine articles, por lo tanto, podría adaptarse a aplicaciones de todos los tamaños y complejidades.

Aprovechando lo anterior, los autores adaptan el modelo (Ilustración 4. Abreviación del modelo de construcción software McConnell, 2004) e incluyen sus propias interpretaciones de lo que debe componer cada elemento, dada la complejidad de la aplicación o software, necesaria para el modelo/ simulador del curso Logística de la Cadena de Valor



**Ilustración 3.** Modelo de construcción de software (McConnell, 2004)



**Ilustración 4.** “Modelo adaptado de construcción software” (McConnell, 2004) propuesto por los autores.

Una breve reseña de los elementos que se incluyen en cada rubro es la siguiente:

- **Definición del problema**  
Representa el modelo de negocio que se plantea para desarrollar la aplicación. Durante los diferentes semestres en que se ha impartido el curso, el modelo de negocio ha variado desde una floristería, un “sport bar”, restaurante italiano, panadería, entre otros.
- **Desarrollo de requisitos**  
Definición de los elementos del modelo. Todas las variables logísticas necesarias para crear el modelo de negocio<sup>1</sup>
- **Codificación y depuración**  
Dado que la aplicación, nombrada en este caso modelo/simulador, se crea en Excel, se entenderá por codificación y depuración, el uso de los códigos VBA (del inglés “visual basic for applications”) y fórmulas o características de Excel que mejor resuelvan los problemas intrínsecos a las variables logísticas.
- **Pruebas de integración**  
Integración, según McConnell (2004) se refiere a la actividad de desarrollo de software, en la que se mezclan elementos de software autónomos en un mismo sistema. Para efectos del modelo de negocio se interpreta en la interacción entre todas las variables logísticas desarrolladas en el modelo/simulador, además de un correcto intercambio/flujo de datos entre ellas.
- **Pruebas del sistema**  
Pruebas de estrés de la aplicación, donde quede demostrado que la aplicación tolera errores del usuario y es flexible a cambios, tanto en la cantidad de información que puede recibir como en la que puede procesar.

Como parte del curso de Logística de Cadena de Valor 1, se ha llevado a cabo este modelo/simulador a lo largo de tres años. La intención de

este análisis es estudiar los modelos de Excel que han presentado los estudiantes a lo largo de seis semestres y detectar cuáles son las oportunidades de mejora, para lograr un avance sustancial en los futuros modelos a partir de la propuesta de los autores.

### **3.6. Resultados de la evaluación del modelo adaptado de la construcción de software ante las aplicaciones de Excel**

A continuación los autores evalúan veintiocho modelos de Excel, realizados en un lapso de seis semestres, a la luz del modelo adaptado de construcción de software propuesto por los autores. A partir de esta evaluación, se detectan oportunidades de mejora para los modelos logísticos desarrollados por el alumnado.

- **Definición del problema**  
Por convención, el 100% de los trabajos definen correctamente el “modelo de negocio”.
- **Desarrollo de requisitos**  
El 92.8% de los trabajos (veintiséis trabajos) contienen la definición de los elementos del modelo, por este se entiende la construcción gráfica del “modelo de negocio” con todas sus variables logísticas y las relaciones entre ellas. Un ejemplo, tomado de un proyecto puede verse a continuación:

<sup>1</sup> Ver el Referente teórico.

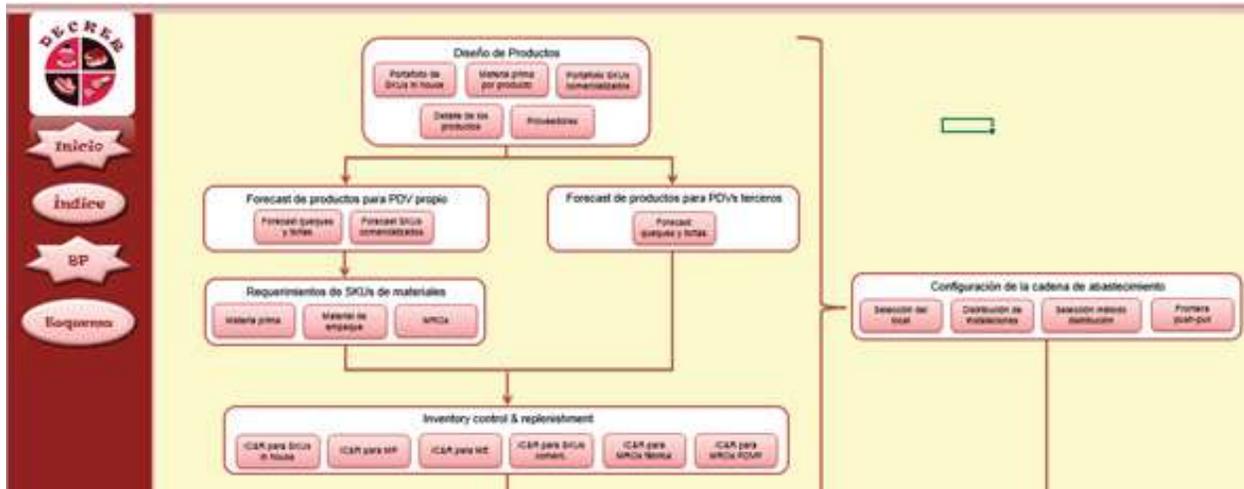


Ilustración 5. Ejemplo de una “Definición de los elementos del modelo” para un “modelo de negocio”s autores.

En cuanto a los siguientes tres rubros, se procede a analizar más en detalle la construcción de las herramientas, se toma una muestra de veinticuatro (veinticuatro distintos modelos/simulador)

- **Codificación y depuración**

Para el caso específico de “codificación y depuración” se procedió a evaluar los siguientes puntos:

- Uso de valores almacenados en formato matriz (tabla)
- Referencias de tamaño variable
- Tablas dinámicas
- Análisis de escenarios

En ninguna de las veinticuatro herramientas se pudo constar el uso de alguno de estos elementos.

- **Pruebas de integración**

En total se analizaron veinticuatro herramientas en detalle. De ellas catorce (58.33%) del total, presentaron problemas de integración entre módulos y para correr alguno de ellos se requería de archivos e información que no se centralizó en la aplicación.

- **Pruebas de sistema**

Para poder determinar la flexibilidad de las herramientas se procedió a muestrear el código VBA de cinco de las veinticuatro aplicaciones (25%) dado las limitantes de tiempo propias de revisar códigos de programación. Se encontró en la mitad de ellas (50%), variables escritas “en duro” en el código. Dejando el sistema limitado al no poder recibir más variables. Por ejemplo:

```

Next tip 'ciclo tipos
Next sem 'ciclo semanas
End Sub
Sub calcularmateriales3(ByVal arriba1 As Integer, ByVal arriba2 As Integer)
'continuación de calcularmateriales1
For sem = 1 To 52 'cantidad de semanas=52
For tip = 1 To 45 'cantidad de SKUS=45
sku = Worksheets("Forecast Semanal").Cells(arriba1 + tip, 4).Value
Select Case sku
Case "LCYT-0205"
m(sem - 1, 30) = m(sem - 1, 30) + (6 * Application.WorksheetFunction.RoundUp
m(sem - 1, 23) = m(sem - 1, 23) + (5 * Application.WorksheetFunction.RoundUp
m(sem - 1, 11) = m(sem - 1, 11) + (3 * Application.WorksheetFunction.RoundUp
m(sem - 1, 6) = m(sem - 1, 6) + (3 * Application.WorksheetFunction.RoundUp
m(sem - 1, 35) = m(sem - 1, 35) + (6 * Application.WorksheetFunction.RoundUp
    
```

Ilustración 6. Ejemplo de una variable escrita en duro en el código

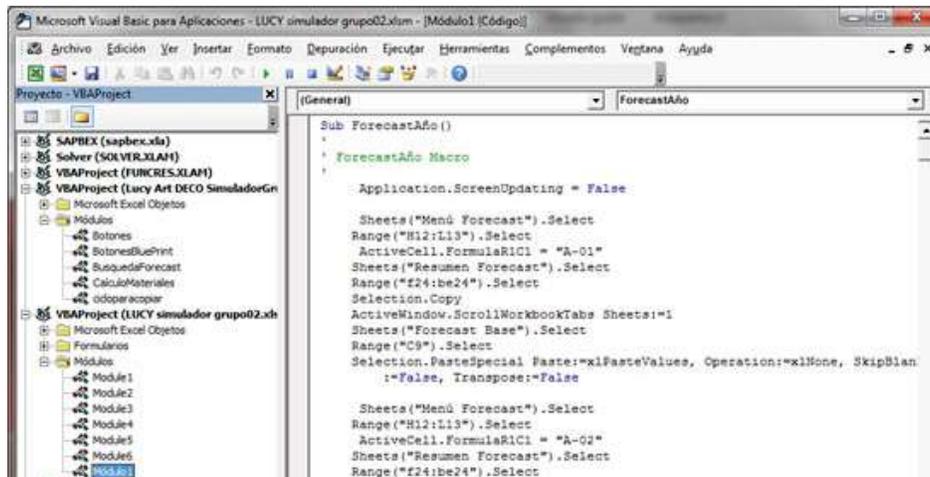


Ilustración 7. Ejemplo de una variable escrita en duro en el código

Si este resultado se extrapolara al total de la muestra (veinticuatro), se podría estimar que 50% no aprobaría pruebas de sistema.

El gráfico siguiente muestra el resumen del análisis:

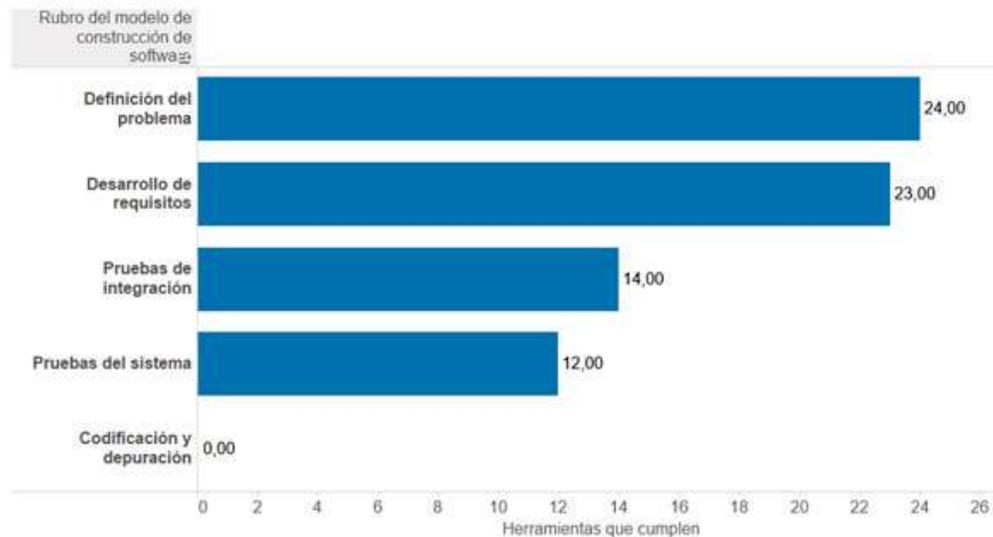


Ilustración 8. Evaluación de los rubros de “Adaptación del modelo de construcción software”

Por lo anterior, se determina que el procedimiento que necesita refuerzo es el de “codificación y depuración”, el cual es considerado por los mejores códigos VBA y fórmulas de Excel para una aplicación de este tipo.

## IV. Procedimiento metodológico

En el momento de construir el modelo/simulador, queda en evidencia que algunos elementos son comunes en todas las variables logísticas en un modelo de Excel, por tanto, se puede inferir que el uso de técnicas poco conocidas de Excel puede dar un gran aporte a la construcción del modelo/simulador, por ser un enunciado más del Principio de Pareto. Por ejemplo, la necesidad de sumar un rango indeterminado de celdas o aplicar un análisis de sensibilidad (“¿qué pasa si?”).

Partiendo de lo anterior es que se propone generar una base de conocimiento de Excel, no desde el punto de vista de las variables logísticas del simulador, sino de aquellos elementos que son de uso común en el modelado de todas ellas.

Al construir el modelo/simulador, se ha evidenciado a lo largo de los varios cursos de Logística que ha impartido uno de los autores, que los estudiantes tienden a improvisar la solución de programación de varias funciones básicas necesarias para lograr que funcione. En esta improvisación se nota mucho esfuerzo invertido que al final no da el resultado deseado pues, por la improvisación se cae en la falta de flexibilidad ya que se utilizan códigos de programación que generan errores en la lógica del simulador. Por ello es que los autores han diseñado los siguientes subtítulos como componentes necesarios de dominar para la correcta programación del modelo/simulador. Cabe mencionar que las siguientes técnicas surgen del análisis que los autores realizaron sobre los modelos/simuladores que han sido programados durante tres años del curso y de los hallazgos que han encontrado.

A continuación, se detallan las funcionalidades propuestas por los autores:

### 4.1. Extrayendo valores de una matriz

Una necesidad común al MRP podría llevar a extraer el valor que tiene una matriz para una columna y una fila dadas. Por ejemplo, si se tiene una matriz con todas las recetas de SKU, una pregunta puede ser, ¿cuántas piezas del componente “3822” se requieren para el SKU “25”? En este caso, los autores sugieren un procedimiento sencillo que utiliza la fórmula “INDICE()” en conjunción con “COINCIDIR()”

- Un ejemplo de la forma correcta de utilizar ambas fórmulas es “=INDICE(D3:P20,COINCIDIR(A5,\$D\$3:\$D\$20,0),COINCIDIR(A3,\$D\$3:\$P\$3,0))”. Donde:
  - “COINCIDIR(A5,\$D\$3:\$D\$20,0)” es el valor de la fila donde se encuentra el componente dentro de la matriz
  - COINCIDIR(A3,\$D\$3:\$P\$3,0) es el valor de la columna donde se encuentra el SKU
- El ejemplo anterior se puede ver aplicado tal cual en el siguiente ejemplo:

A8 :    =INDICE(C3:O20,COINCIDIR(A5,\$C\$3:\$C\$20,0),COINCIDIR(A3,\$C\$3:\$O\$3,0))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	<b>Material</b>								
3	Material_25			Material_96	Material_93	Material_46	Material_25	Material_187	Material_159
4	<b>Posición</b>		1118		3	3	5	9	3
5	3822		1147	7	5	1	8	5	8
6			1413	1	9	3	6	9	1
7	<b>Indice</b>		1430	3	3	1		1	9
8	9		1498	9	2	1	4	1	3
9			1556	5	2	1	1	8	7
10			2671	4	6	6	8	9	9
11			3156	4	1	1	6	1	7
12			3431	7	7	6	7	3	
13			3448	7	7	2	1	7	6
14			3822	7	4		9	3	9
15			3931		4	7	6	1	3
16			4155	5	3	1	1	8	2
17			4389		9	9	2	1	4
18			4578		9	7	2	4	8
19			4673	1	8	6	8	1	4
20			4903			2	1	1	9

**Ilustración 9.** Uso de Indice() y Coincidir()

Esta funcionalidad permite extraer los valores de una matriz (de tamaño  $m \times n$ ), de una forma eficiente y versátil. No se requiere conocer nada más que los elementos que deben buscarse, sin saber dónde se encuentra cada uno. El número de columna o fila se determina por la fórmula “COINCIDIR()”. Lo anterior abre el uso de tablas para almacenar gran cantidad de tipos de datos: recetas, cantidades mínimas de pedido-proveedor, tamaños de órdenes en firme, entre otros. Con la seguridad de que la información será de fácil recuperación para su uso posterior.

#### 4.2. Trabajando con referencias de tamaño variable

Una necesidad común a “forecasting” o “planificación, control y reabastecimiento de inventarios” es sumar un rango que no sea definido previamente de forma específica. Este procedimiento es necesario para poder probar distintos escenarios de coberturas o de promedios móviles. Para ello, los autores proponen un proceso sencillo, que utiliza la fórmula “DESREF()” en conjunción con “SUMA()”:

- Un ejemplo del modo correcto de utilizar ambas fórmulas es “=SUMA(DESREF(E7,0,0,1,\$C\$16))”. Donde:
- “C10” es el valor de los “días cobertura” que al ser un parámetro referenciado a una celda permite rápidamente hacer pasar de una solución a un problema con diez días cobertura a ocho, seis o cuatro días, solo con variar el valor de dicha celda:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
				07/03/2014	08/03/2014	09/03/2014	10/03/2014	11/03/2014	12/03/2014
1	SKU_1								
2		Stock inicial	4400						
3		Requerimientos (Cajas)		395.0	183.5	850.0	392.0	517.0	740.0
4		Recechos Programados		0	0	0	0	0	0
5		Proyectado Ch/Planz		4725.0	3021.5	2571.5	2579.5	2362.5	1322.5
6		Cobertura (days)		11.741.1	1662.5	7024.5	6949.5	1823.5	5334.5
7		Release Planned Orders		0	0	0	0	0	42
8				0	0	0	0	0	2
9									
10									
11		Cobertura Minima (days)	30						
12		Cantidad de la Orden (MOQ Cajas)	84						
13		Cantidad de Cajas por semana	42						
14		Lead Time (Periodos)	2						
15									

Ilustración 10. Uso de Suma() y Desref()

- De la misma manera, podría combinarse la fórmula “PROMEDIO()” con “DESREF()” para crear un modelo de “forecasting” de promedios móviles, con una celda que funcione de parámetro para decidir entre un promedio simple de dos, tres o más periodos. La forma de efectuar lo anterior sería “PROMEDIO(DESREF(E3,0,0,1,\$C\$11))” donde \$C\$11 es la celda parámetro.
- Esta funcionalidad tiene la ventaja de que permite mejorar la flexibilidad de las hojas de trabajo, ya que se puede crear un único modelo de “forecasting” o “planificación, control y reabastecimiento de inventarios” que mediante el cambio en un único parámetro, puede arrojar resultados para cualquier cantidad deseada de “días cobertura”, o bien el promedio móvil para cualquier cantidad variable de meses. Sin esto, la única forma de resolver el problema es crear

diferentes modelos rígidos, como escenarios posibles del parámetro que se desee probar, multiplicándose la cantidad de trabajo y la posibilidad de errores, a la vez que se reduce el tiempo para “Pruebas de integración” y de “Pruebas de sistema”.

### 4.3. Resumir rangos variables de información

Un modelo sencillo y práctico de resumir la información en Excel es mediante “tablas dinámicas”. Cuando se modela es relevante poder adaptar esos resúmenes orígenes de tamaño variable, ya que la información por resumir puede ser de mil filas en una ejecución de escenarios y de mil doscientos en otro, por tanto, se le muestra a los estudiantes cómo crear una tabla dinámica mediante macros, que permita independencia en la cantidad de filas.

El código es el siguiente:

```

Sub CreatePivot ()
    Dim WSD As Worksheet
    Dim PTCache As PivotCache
    Dim PT As PivotTable
    Dim PRange As Range
    Dim FinalRow As Long
    Dim FinalCol As Long

    Set WSD = Worksheets("Gastos_y_Ventas")
    ' Delete any prior pivot tables
    For Each PT In WSD.PivotTables
        PT.TableRange2.Clear
    Next PT

    ' Define input area and set up a Pivot Cache
    FinalRow = WSD.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
    FinalCol = WSD.Cells(1, Columns.Count).End(xlToLeft).Column
    Set PRange = WSD.Cells(1, 1).Resize(FinalRow, FinalCol)
    Set PTCache = ActiveWorkbook.PivotCaches.Add(SourceType:=xlDatabase, _
        SourceData:=PRange)

    Set PT = PTCache.CreatePivotTable(TableDestination:=WSD. _
        Cells(2, FinalCol + 2), TableName:="PivotTable1")

    PT.InGridDropZones = False
End Sub
    
```

Ilustración 11. Código para crear una tabla dinámica de un rango variable

- Con esta implementación se puede resumir la información de forma ordenada y con las capacidades de resumen conocidas de las tablas dinámicas se logra sumar, promediar y aplicar campos calculados sobre cualquier salida de los distintos módulos del modelo/ simulador. Al crear la tabla dinámica con código VBA se tiene la ventaja de que el tamaño del rango no es una restricción. La salida pueden ser unas pocas entradas o miles, que de igual manera serán tomadas en cuenta en la tabla dinámica que los resume.

generar aprendizaje y conocimiento. Es típico que el estudiante promedio realice su análisis de sensibilidad “manual” al escoger cuáles variables debe mover y generar sus propios números a partir del cambio de valores. Asimismo, es usual que se desconozcan las bondades de Excel para la realización automática y rápida del análisis de sensibilidad. La herramienta que Excel aporta para tal fin se conoce como “Administrador de escenarios”. Para ubicar dicha opción se debe seguir la ruta: “Datos\Análisis de hipótesis\Administrador de escenarios”.

#### 4.4. Análisis de sensibilidad

Como se indicó en el “Referente teórico”, el análisis de sensibilidad es especialmente importante para la toma de decisiones pues permite

- Un ejemplo, aplicado a la misma hoja de ejemplo sería el siguiente:

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Stock inicial	4400									
Requisimientos (Cajas)		395.0	563.5	850.0	392.0	517.0	740.0	776.5	756.0	
Recechos Programados		0	0	0	0	0	0	0	0	
Proyectado On Hand		4005.0	3821.5	2971.5	2579.5	2062.5	1322.5	546.0	390.0	
Cobertura (días)		636.7	6293.5	7064.5	6643.5	6102.5	5390.5	5533.4	6857.5	
Release Planned Orders		0	0	0	0	0	42	0	0	
		0	0	0	0	0	2	0	0	

Parámetros del modelo	Salidas del modelo
Cobertura Mínima (días)	
Cantidad de la Orden (MOQ Cajas)	84
Cantidad de Cajas por taima	42
Lead Time (Periodos)	2
	Cobertura promedio (cajas)
	6156

**Agregar escenario**

Nombre del escenario:  
Cobertura\_10\_dias

Celdas cambiantes:  
\$C\$11

Use CTRL + clic en las celdas para seleccionar las celdas cambiantes no adyacentes.

Comentario:  
Creado por Daniel Moreno Conejo el 12/09/2014

Protección  
 Evitar cambios  
 Ocultar

Aceptar Cancelar

Ilustración 12. Definición de un escenario en menú de “Administración de Escenarios”

Una vez que se introducen todos los escenarios, se aplica el resumen que tiene dos opciones posibles: “resumen o “tabla dinámica”. Si se escoge el valor de tabla dinámica, y luego un gráfico sobre dicha salida, el tomador de decisiones puede ver el efecto de variar el parámetro “días cobertura”:



**Ilustración 13.** Salida de tabla dinámica del “Administración de Escenarios”

En el ejemplo anterior se evidencian los resultados entre tres diferentes escenarios de cobertura: seis, ocho o diez días cobertura. A partir de un modelo creado con rangos variables<sup>2</sup> se aplican los escenarios de Excel y se puede resumir la información en una tabla y gráfico dinámico para entender el efecto de escoger uno u otro valor de parámetro.

La ventaja de estas prácticas, producto del análisis de las herramientas creadas semestre a semestre, es que atacan el punto más débil encontrado en su análisis, la “codificación y depuración” y tienen un efecto también indirecto de mejora en otros de los rubros del “modelo adaptado de construcción software”, como por ejemplo la “Prueba de sistema”

## V. Conclusiones generales:

En relación con la experiencia desarrollada se presentan a continuación las consideraciones finales sobre la aplicación de la estrategia:

- Sin duda alguna Excel permite al estudiantado armar desde cero un “modelo de negocio” a partir de la construcción de los diferentes componentes de los modelos logísticos plasmados en un modelo/simulador. Dicha posibilidad de armado flexible permite al estudiante entender el fondo de los algoritmos de cálculo y por ende le faculta a comprender mejor las diferentes interacciones de las variables logísticas aplicadas a la realidad. Es en este proceso de armado que el estudiante genera aprendizaje y conocimiento de manera individual y grupal.
- La flexibilidad de Excel permite que un grupo de estudiantes programen el “modelo/simulador” (que a su vez representa un modelo de negocio) de forma modular para una mayor facilidad didáctica. Es totalmente viable que distribuyan los componentes para que cada uno prepare una “pieza” o variable logística y estas calcen posteriormente entre sí y aporten al modelo cuando se ensamblen

<sup>2</sup> Ver “Trabajando con referencias de tamaño variable”

unas con otras. Esta sincronización permite que el estudiantado produzca conocimiento al segmentar el trabajo y luego integrarlo pues, le genera la necesidad de coordinar las actividades y el racional de armado del modelo/simulador en sí.

- Las herramientas brindadas a los estudiantes les permitirán diseñar las variables logísticas del modelo/simulador del curso y los modelos creados en su vida profesional de forma más simple, por lo tanto, resulta más fácil mantener, explicar, y corregir, los cuales son principios inherentes a la Ingeniería del Software.
- Dotar al estudiante de las funciones prácticas, le faculta para desarrollar mejores modelos y más efectivos, al atacar el elemento de desarrollo de software más débil dentro del diagnóstico realizado por los autores. Esta efectividad le permite al estudiante posteriormente, dedicar sus recursos a entender y aprender las variables logísticas.
- El uso de estándares de Excel admite que otra persona descifre la programación al permitir la mantenibilidad del módulo e inclusive su proceso evolutivo.
- Brindar las mejores prácticas a los estudiantes permite además de lo anterior, liberarlos de las tareas más duras de la elaboración de modelos para que inviertan más tiempo en la toma de decisiones, el cual es el verdadero fin del modelado hacia el alcance de aprendizaje y conocimiento.
- Todas estas conclusiones se muestran positivas en el entorno del curso de Logística de la Cadena de Valor 1, pues al encontrarse cuáles son las herramientas básicas de Excel que agregan valor al estudiantado, se vuelve más fácil para los estudiantes, orientar sus esfuerzos en diseñar el simulador de negocio. Dicho de otra forma, permite al estudiantado saber cuáles son los “pocos vitales” sobre los cuales enfocarse, en vez de tener que experimentar sobre los “muchos triviales” que puede tener una herramienta tan completa

como Excel, lo cual le ahorrará tiempo y energía, para mejorar así la efectividad didáctica de fondo.

## Referencias

- Ballou, R. (2004). *Logística. Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson Prentice Hall.
- Bohem, B. (1976). “Software engineering”. *IEEE Transactions on computers*, 25 (12),12-25.
- Bowersox, D; Closs, J; Coopere, M. (2002). *Supply chain logistics: management*. McGraw Hill Irwin.
- Chopra, S y Meindl, P. (2013). *Supply chain management, strategy, planning and operations*. Quinta edición. México: Pearson Prentice Hall.
- Frazelle, E. (2001). *Supply Chain Strategy: the Logistics of Supply Chain Management*. Mc Graw Hill.
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: the Logistics of Supply Chain Management*. Mc Graw Hill.
- Heizer, J; Render, B. (2001). *Dirección de la producción, decisiones estratégicas y tácticas*. Pearson Education.
- Hillier, F, Hillier, M., y Lieberman, G. (2002). *Métodos cuantitativos para administración*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Krajewski, L. (2013). *Administración de Operaciones*. Décima Edición. México: Pearson.
- Roig, J. (2014). “Implementación del aprendizaje cooperativo como estrategia didáctica para la construcción del conocimiento, en el área de Logística, en estudiantes de la carrera de ingeniería industrial”. *Revista Educación*, 38(1), 85-99.

Silver, E; Pyke, D. (1998). *Inventroy management and production planning and scheduling*. New York: John Wiley y Sons Editorial.

Walkenbach, J. (2013). *Excel® 2013 Bible*. Indianapolis, Indiana: John Wiley y Sons, Inc. Retrieved from [www.wiley.com](http://www.wiley.com)

Zadeh, L. (1973). "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol.SMC-3 28-44.