

PROPUESTA DE MODELO DE MEJORA SIMULADO APLICADO A UN PROCESO DE FABRICACIÓN

Jhonny Ronaldo Pincay Orellana¹
jhonny.pincayo@ug.edu.ec
Jerry Freddy Romero Ortiz²
jerry.romeroo@ug.edu.ec
Luis Enrique Soto Chávez³
luis.sotoc@ug.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación busca establecer un valor objetivo óptimo maximizando la utilidad en una fábrica que produce tres tipos de juguetes, evaluando las horas de un proceso o restricciones del lado izquierdo, manteniendo como constantes los demás valores. La metodología usada demostrará la importancia del conocimiento de CeterisParibus y la capacidad obtenida para el uso de la herramienta Solver del programa Microsoft Excel para desarrollar problemas en el área de producción de una organización. Con la combinación de las operaciones e inspecciones en el diagrama de actividades, se han logrado disminuir una fracción de las horas que se usaba para un respectivo proceso de las producciones de los juguetes, el cual ha sido importante para maximizar la utilidad gracias a la disminución de los tiempos de producción.

Palabras clave: CeterisParibus, Solver, programación lineal, restricciones, ecuación lineal.

ABSTRACT

This research look to establish an optimal objective value by maximizing the utility in a factory that produces three types of toys, evaluating the hours of a Process or restrictions on the left side keeping the other values constant. The methodology used it will demonstrate the importance of the knowledge of CeterisParibus and the capacity obtained for the use of the Solver tool of the Microsoft Excel program to develop problems in the Production area of an organization. With the combination of operations and inspections in the activity diagram, they have managed to reduce a fraction of the hours that ones were use for a respective process of toy productions, which it has been important to maximize the utility thanks to the reduction of production times.

Words key: CeterisParidus, Solver, linear programming, constraints, linear equation.

¹ Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil-Ecuador.

² Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil-Ecuador.

³ Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil-Ecuador.

1. Introducción.

El objetivo de la reciente investigación es para reconocer los problemas presentes en un planteamiento de programación lineal para demostrar la mejora de las utilidades en un proceso de fabricación de juguetes donde se estimula que la función objetivo es una función lineal por ende las restricciones son ecuaciones lineales. De esta forma se llega a que la programación lineal corresponda a un algoritmo permitiendo por medio de un problema resolver situaciones reales para identificar, encontrar y establecer una solución en las dificultades, para que de una u otra manera genere una mayor productividad respecto a los recursos.

La programación lineal permite obtener mejores resultados, llegando a un acuerdo en el que se maximiza o minimiza la producción para el caso planteado de juguetes, incorporando las funciones lineales en las variables reales con sus respectivas restricciones lineales. Es decir que para obtener dichos resultados en el proceso de optimización de las utilidades se convierten de manera cuantitativa en un gran apoyo para las decisiones a las situaciones planteadas.

Para la resolución de los problemas en la programación lineal del caso en estudio, se procede con una resolución a través de la herramienta Solver que es un complemento de Microsoft Excel haciendo referencia del buen uso del mismo para realizar análisis y encontrar valores óptimos (mínimo o máximo) para una fórmula en una celda (la celda objetivo), que está sujeta a restricciones o limitaciones en los diferentes valores de las celdas de hoja Excel de cálculo. Solver realiza trabajos en un conjunto de celdas ya sean estas con variable de decisión o celdas con variables para calcular las formulas en la celda objetivo y de restricción. Los valores de las celdas de variables de decisión se ajustan para realizar un determinado cumplimiento a los límites de las celdas de restricción y así poder llegar a los resultados óptimos en la celda objetivo.

2. Método.

Para el caso que nos atañe, es decir, se desea establecer un valor objetivo óptimo maximizando la utilidad en una fábrica de juguetes y que se espera lograr dicha optimización manipulando las variables de lado izquierdo de las restricciones, obligando a investigar el efecto sobre una de las restricciones manteniendo las otras constantes; lo que significa que se procederá con el esquema marginal conocido como *CeterisParibus*.

2.1 *CeterisParibus*.

Proviene del latín "*CeterisParibus*", normalmente se lo usa en economía, cuyo significado se describe de la siguiente manera "*con todo lo demás lo mismo*", o "*todo lo demás igual*" se lo utiliza específicamente para realizar simplificaciones a la formulación y descripción de los resultados. El uso del *CeterisParibus* descarta absolutamente todos los factores conocidos y desconocidos que normalmente hacen influenciar un fenómeno particular. Por ejemplo, las normas que debe regirse un fiscal, se puede decir: *CeterisParibus*, individuos que poseen habilidades con actitudes fuertes encaminada de enfrentar a la evasión fiscal teniendo una mayor tendencia en cumplir con los impuestos. Según Alfred Marshall, "no se niega la existencia de otras tendencias, pero su efecto perturbador es abandonado por un tiempo. Cuanto más se refina un problema, más exactamente se lo puede considerar; pero también más se aleja de la vida real" (1980, pp. Book V, Chapter V paragraph V).

Cabe recordar que es de suma importancia que este modelo no se encuentre involucrado en un alejamiento radical de la declaración *CeterisParibus*, porque existen otras variables que implican en incrementar el poder de explicación de la tendencia de un individuo en desempeñar o no con sus impuestos. A pesar de todo, la característica que resalta este modelo es la real importancia que tiene en considerar las interacciones entre las variables, para tener una mejor resolución en manifestar el cumplimiento de las leyes fiscales. Cada variable obligatoriamente debe ser analizada, para que de una (Lopez, 2016) u otra manera los investigadores tengan siempre un panorama sumamente amplio. La actitud o conducta fiscal pretende siempre exhibir más de una dimensión y por lo tanto, para llegar a la conclusión y a una respuesta final del por qué las personas obligatoriamente deben pagar sus impuestos se encuentra en la recolecta de una suma muy grande de variables, frecuentemente aisladas, y también en la transformación de *CeterisParibus* que se ha convertido en una de las más importantes de la investigación completa en un simple primer paso.

2.2 Programación lineal.

La programación lineal hace referencia a un algoritmo, que en muchas situaciones reales éste puede resolver diferentes tipos de casos, permitiendo identificar los varios problemas involucrados aumentando la productividad a base de los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El principal objetivo de la programación lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales que contengan diferentes variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), para obtener una mejor optimización de una función objetivo que también será lineal.

Los resultados juntos con los múltiples procesos de optimización se transforman en un gran apoyo cuantitativo de las decisiones frente a las situaciones proyectadas. Para estas decisiones sería muy importante tener en cuenta los criterios administrativos como:

- Los hechos
- La experiencia
- La intuición
- La autoridad

El siguiente paso consiste en la determinación de los mismos, para lo cual proponemos (ver Ilustración 1) seguir la siguiente metodología:

Ilustración 1: Pasos de la Metodología



Fuente: Elaboración propia Autores

2.2.1 Función Objetivo.

Ilustración 2: Pregunta Fundamental / Función Objetivo

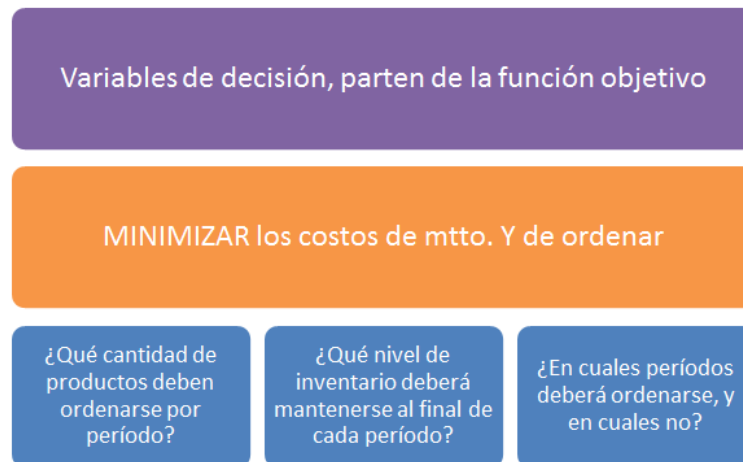
Pregunta Fundamental	Función Objetivo
¿Cómo se pueden disminuir los costos de inventario?	- MINIMIZAR costos de mantenimiento y de ordenar.
¿Qué se debe hacer para mejorar las utilidades netas de la compañía?	- MAXIMIZAR utilidades después de causar impuestos.

Fuente: Elaboración propia Autores

La función objetivo se representa de forma general con la relación de la pregunta a la que se emana una respuesta (ver Ilustración 2). Si en uno de los modelos que se presentan tienen distintas preguntas, la función objetivo obtendrá una relación directa con la pregunta de un mayor nivel, es decir, la pregunta fundamental. Por ejemplo, para poder realizar la minimización de los costos, existe la probabilidad de que la pregunta de mayor nivel es la que va a tener una relación con el aumento de la utilidad en lugar de algo que puede ser problema en forma de incógnita para encontrar la manera de disminuir los costos.

2.2.2 Variables de decisión.

Ilustración 3: Variables de decisión



Fuente: Elaboración propia Autores

Posee una relación muy idéntica entre los objetivos específicos y el objetivo general, las variables de decisión se comportan dependiendo de la función objetivo, de esta manera de las puede identificar desempeñando una serie de preguntas derivadas de la pregunta fundamental (ver Ilustración 3). Las variables de decisión, no son más que factores que tienen la habilidad de poder controlar un sistema que se está modelando, de tal manera que se pueden llevar a cabo varios

valores posibles, para estimar cuál será su valor óptimo, que pueda servir como un apoyo para la obtención del objetivo de la función general del problema.

2.2.3 Restricciones.

Las restricciones en un problema de programación lineal, son las definiciones que limitan los valores de libertad que pueden hacer referencia a las variables de decisión. Para poder hallarlas se debe realizar una hipótesis en la cual se decidirá darle un valor infinito a la variable de decisión que corresponde, como por ejemplo, ¿qué pasaría si existiera la posibilidad de que un problema que obliga a maximizar sus utilidades en un método que entra en proceso de producción de calzado se decida producir un monto infinito de zapatos?

Seguramente ahora nos surgirían múltiples interrogantes, como por ejemplo:

- ¿Qué cantidad de materia prima tengo para producirlos?
- ¿Cuál es la mano de obra que cuento para fabricarlos?
- ¿Las instalaciones de la empresa pueden acoger dicha cantidad de producto?
- ¿Podría alcanzar a vender todos los zapatos?
- ¿Puedo financiar tal empresa?

Se tiene presente que este sistema cuenta con limitantes físicas y contextuales, permitiendo que los valores tomen variables de decisión encontrándose establecidos por una serie de restricciones.

2.3 Solver.

Solver es un complemento de Microsoft Excel haciendo referencia del buen uso del mismo para realizar análisis y encontrar valores óptimos (mínimo o máximo) para una fórmula en una celda (la celda objetivo), que está sujeta a restricciones o limitaciones en los diferentes valores de las celdas de hoja Excel de cálculo. Solver realiza trabajos en un conjunto de celdas ya sean estas con variable de decisión o celdas con variables para calcular las formulas en la celda objetivo y de restricción, los valores de las celdas de variables de decisión se ajustan para realizar un determinado cumplimiento a los límites de las celdas de restricción para poder llegar a los resultados óptimos en la celda objetivo.

Cabe recordar que puede usarse Solver para determinar el valor máximo o mínimo de una celda cambiando otras celdas. Por ejemplo, puede cambiar el importe del presupuesto de publicidad proyectado y ver el efecto en el beneficio proyectado.

2.4 Diagrama de flujo de actividades.

El diagrama de flujo de actividades es una de las herramientas principales para la elaboración de un *procedimiento*, y de esta manera poder tener una mejor perspectiva el desarrollo de una actividad determinada a través de un gráfico. Los diagramas de flujo de actividades simbolizan en forma gráfica una determinada secuencia en la que siguen de forma ordenada las operaciones de un determinado procedimiento. Muestran las unidades administrativas (procedimiento general) o los puestos en los que intervienen (procedimiento detallado) para efectuar cada operación y así poder identificar el equipo o recurso que se utilizara en cada caso.

2.5 Diagrama de operaciones.

Esta grafica nos ayuda tener una mejor visualización de la *secuencia ordenada* de las operaciones e inspecciones durante el traslado de materiales que se usan en el proceso de producción de una empresa, desde el almacenamiento de la materia prima hasta la distribución de producto terminado. El diagrama de operaciones nos muestra los procesos operativos, los componentes y los ensambles principales para la producción.

En este diagrama se utilizan dos símbolos para la respectiva realización del proceso operativo: la operación está representada por un círculo, mientras que la inspección se la representa por un cuadrado. Las operaciones se las realizan mediante la transformación de un estudio/proceso, o cuando se planea cualquier análisis o trabajo producido en cualquier área. Mientras que una inspección se lleva a cabo para examinar el trabajo realizado en la operación.

2.6 Diagrama de recorrido.

El diagrama de recorrido está enfocado en presentar un gráfico en forma de matriz permitiendo tener una visión más óptima de los *movimientos* que son realizados en un área de trabajo. Este diagrama da lugar a las unidades mecánicas por lo general la transportación y la frecuencia de los viajes.

En el diagrama de recorrido hay posibilidades de encontrarse una variedad de procesos de mejora para una distribución del área, personal y equipos de trabajo. Es necesario tener una disposición de las áreas restringidas de trabajo y de las máquinas, para permitir el mejor desarrollo del proceso de un producto con la mínima manipulación realizada.

Para lograr una mejor distribución de planta, se debe de realizar un estudio de todos los factores para que el encargado de este proceso pueda reconocer una distribución deficiente, pudiendo ser presentados al ingeniero de planta para su consideración. Para ello existen muchos programas modernos que realizan una distribución más eficiente que ayudan a que establezcan un buen desarrollo de la distribución que se requiere.

3. Planteamiento del problema.

En una PYME dedicada a la fabricación de 3 tipos de juguetes plásticos y que dispone de 4 departamentos; excepto almacenamiento y bodega.

- Departamento de inyección,
- Departamento de molde,
- Departamento de empacado, y
- Departamento de distribución.

Con los precios \$3, \$5 y \$6 respectivamente.

Tabla 1: Datos sobre el tiempo de los Procesos (hrs)

Modelo de Juguetes	Juguete 1 Horas	Juguete 2 Horas	Juguete 3 Horas
Inyección	2	1	1
Molde	1	2	1
Empacado	1	1	2
Distribución	1	1	1

Fuente: Elaboración propia Autores

3.1 Solución.

Para el desarrollo del problema planteado, se usa la herramienta Solver que posee Microsoft Excel 2010, en el cual, mediante funciones y usando la metodología de CeterisParibus, se desarrollará el ejercicio elevando la ganancia a un valor óptimo usando los respectivos parámetros para que sea un eficiente modelo.

Se elabora una tabla en Excel con los valores originales, colocando 1 en variables de decisión, en los coeficientes se usa los precios de cada juguete y las horas establecidas para cada proceso (ver Tabla 1), con el fin de saber cuál es la utilidad original que genera Solver, e identificar cual proceso se pueda usar para que aumente la utilidad teniendo en cuenta las restricciones y las variables. Al momento simular con Solver, éste genera una solución para la problemática, dando como ganancia óptima \$73,333, respetando el número de variables (ver Tabla 2).

Tabla 2: Modelo Original Aplicando Solver

Modelo de Juguetes	Juguete 1	Juguete 2	Juguete 3	Ganancia Optima			
vd(u)	0	6,667	6,667	73,333			
coef(\$)	3	5	6				
	Horas	Horas	Horas	LI	LD	Exc / Holg	
Inyección	2	1	1	13,333	≤	20	6,667
Molde	1	2	1	20	≤	20	0
Empacado	1	1	2	20	≤	20	0
Distribución	1	1	1	13,333	≤	15	1,667

Fuente: Elaboración propia Autores

Para aumentar la ganancia, usando la metodología CeterisParibus, usando una variable y no las demás, se disminuyó los tiempos en el área de empackado, para ello considerando las actividades normales del proceso (ver Tabla 3), hasta conseguir una mejora de dicha variable considerada haciendo una combinación de actividades (proceso e inspección) lo cual logra reducir el tiempo en 0.10 para los juguetes 1, 2 y 3 (ver Tablas 4 y 5).

Tabla 3: Diagrama de Actividades Original

Cursograma analítico			Operario/Materia/Equipo			
Diagrama num. 1	Hoja num. 1	De 1	Resumen			
Objeto: juguetes			Actividad	Actual	Prouesta	Economia
			Operacion ○	9		
Actividad: Proceso de produccion de juguetes			Transporte ⇨	3		
			Espera D	1		
			Inspeccion □	2		
Metodo: Actual/Propuesto			Almacenamiento ▽	1		
Lugar: Planta industrial			Distancia (m)	20		
Operario(s):		Ficha num.	Tiempo(min-hombre)	1		
			Costo			
			Mano de obra			
Compuesto:	Fecha:		Material			
Aprovado por:	Fecha:		total			

Descripcion	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Simbolo					Observaciones	
				○	⇨	D	□	▽		
Plastico y material en almacenamiento									●	
se procede a fundir el plastico			0,1	●						
se da color			0,04	●						
se deja enfriar			0,1			●				
es trasladado a la maquina de corte		5	0,05	●						
se corta el materia			0,1	●						
se inspecciona			0,03				●			
es trasladado a la maquina de molde		5	0,05	●						
se le da forma al materia			0,1	●						
entra en proceso de inyeccion			0,05	●						
entra en proceso de soplado			0,05	●						
se inspecciona			0,03				●			
es llevado al departamento de empackado		10	0,08		●					
se realiza el montaje de las piezas			0,05	●						
se empaca los juguetes			0,1	●						
son distribuidos			0,07	●						
TOTAL		20	1	9	3	1	2	1		

Fuente: Elaboración propia Autores

Tabla 4: Diagrama de Actividades Mejorado - Juguete 1 y 2

Cursograma analítico			Operario/Materia/Equipo			
Diagrama num. 1	Hoja num. 1	De 1	Resumen			
Objeto: juguetes	Actividad		Actual	Prouesta	Economia	
	Operacion		9	7		
Actividad: Proceso de produccion de juguetes	Transporte		3	3		
	Espera		1	1		
	Inspeccion		2	0		
Metodo: Actual/Propuesto		Almacenamiento	1	1		
Lugar: Planta industrial		inspeccion/operación	0	2		
Operario(s):	Fecha num.	Distancia (m)	20	20		
		Tiempo(min-hombre)	1	0,9		
		Costo				
Compuesto:	Fecha:	Mano de obra				
Aprobado por:	Fecha:	Material				

Descripcion	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Simbolo						Observaciones
				○	⇨	□	□	▽	○	
Plastico y material en almacenamiento									●	
se procede a fundir el plastico			0,1	●						
se da color			0,04	●						
se deja enfriar			0,1			●				
es trasladado a la maquina de corte		5	0,03		●					
se corta el materia/inspecciona			0,12						●	
es trasladado a la maquina de molde		5	0,05		●					
se le da forma al materia			0,1	●						
entra en proceso de inyeccion			0,05	●						
entra en proceso de soplado/inspecciona			0,07						●	
es llevado al departamento de empackado		10	0,04		●					
se realiza el montaje de las piezas			0,05	●						
se empaca los juguetes			0,08	●						
son distribuidos			0,07	●						
TOTAL		20	0,9	7	3	1	0	1	2	

Fuente: Elaboración propia Autores

Tabla 5: Diagrama de Actividades Mejorado Juguete 3

Cursograma analítico			Operario/Materia/Equipo			
Diagrama num. 1	Hoja num. 1	De 1	Resumen			
Objeto: juguetes			Actividad	Actual	Prouesta	Economía
			Operacion	9	7	
Actividad: Proceso de produccion de juguetes			Transporte	3	3	
			Espera	1	1	
			Inspeccion	2	0	
Metodo: Actual/Propuesto			Almacenamiento	1	1	
Lugar: Planta industrial			inspeccion/operación	0	2	
Operario(s):		Ficha num.	Distancia (m)	20	20	
			Tiempo(min-hombre)	1	1,9	
			Costo			
Compuesto:		Fecha:	Mano de obra			
Aprovado por:		Fecha:	Material			

Descripcion	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Simbolo						Observaciones
				○	⇨	D	□	▽	⊙	
Plastico y material en almacenamiento									●	
se procede a fundir el plastico			0,12	●						
se da color			0,06	●						
se deja enfriar			0,12			●				
es trasladado a la maquina de corte		5	0,06		●					
se corta el materia/inspecciona			0,3						●	
es trasladado a la maquina de molde		5	0,05		●					
se le da forma al materia			0,3	●						
entra en proceso de inyeccion			0,06	●						
entra en proceso de soplado/inspecciona			0,07						●	
es llevado al departamento de empackado		10	0,15		●					
se realiza el montaje de las piezas			0,12	●						
se empaqa los juguetes			0,3	●						
son distribuidos			0,19	●						
TOTAL		20	1,9	7	3	1	0	1	2	

Fuente: Elaboración propia Autores

Debido a la reducción de tiempo en el proceso de empackado se aumenta la ganancia a \$76,552 respetando los parámetros teóricos, manipulando el proceso de empackado disminuyendo 0.10 de horas, en cada juguete (ver Tabla 6).

Tabla 6: Modelo Propuesto Aplicando Solver

Modelo de Juguetes	Juguete 1	Juguete 2	Juguete 3	Ganancia Optima			
vd(u)	0	6,207	7,586	76,552			
coef(\$)	3	5	6				
	Horas	Horas	Horas	LI	LD	Exc / Holg	
Inyección	2	1	1	13,793	≤	20	6,207
Molde	1	2	1	20	≤	20	0
Empacado	0,9	0,9	0,9	20	≤	20	3,55E-15
Distribución	1	1	1	13,793	≤	15	1,207

Fuente: Elaboración propia Autores

4. Resultado.

El valor óptimo de utilidad encontrado es de \$76,552, en el cual la holgura o excedente de inyección y distribución son 6,207 y 1,207 respectivamente, es decir que no se está consumiendo todas las horas disponible del proceso para cada juguete, por tal motivo es una restricción inactiva. El precio sombra es de \$ 0.00, por ello no genera ningún cambio porque no se está utilizando al 100% ese recurso, debido a que posee un excedente o una holgura.

En molde y empacado su exceso u holgura es cero, eso quiere decir que se está utilizando todas las horas para la actividad, por ello su restricción es activa. El precio sombra de molde y empacado es de \$1,413 y \$2,413 por lo tanto, por cada hora adicional en estas dos actividades se está agregando \$1,413 y \$2,413 a la utilidad.

5. Conclusión.

La utilidad como valor óptimo es de \$76,552, en el cual, con respecto a la holgura o exceso, se indica que existe dos con valor cero (molde y empacado) con su respectivo precio sombra, esto quiere decir que no genera ningún cambio porque se está utilizando al 100% ese recurso, molde y empacado es de \$1,413 y \$2,413, lo que indica que por cada hora que se aumente en alguna de esas actividades, la utilidad incrementara.

6. Recomendaciones.

Se debe tener en cuenta, que para realizar los ejercicios, se debe plantear correctamente las ecuaciones, luego armar la tabla pertinente con los respectivos valores y su valor máximo por medio de suma-producto, utilizar Solver indicando celdas de Excel que se van a utilizar como referencia en donde se encuentran los valores, colocar correctamente los signos, y automáticamente Excel mostrará los valores óptimos y dará a conocer el informe de sensibilidad con un respectivo análisis, el cuál será validado y sometido a pruebas por el evaluador del modelo propuesto.

7. Bibliografía

- Generación Opus Nova. (s.f.). Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de <http://industrialopusnova.blogspot.com/2016/08/14-diagrama-de-proceso-de-recorrido.html>
- Google Sites. (s.f.). Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de <https://sites.google.com/site/et111221057312211582/diagrama-de-proceso-de-operaciones>
- Lopez, B. S. (2016). *ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/programaci%C3%B3n-lineal/>
- Marshall, A. (1980). *Principles of Economics*. London: Macmillan and Co.
- Microsoft. (s.f.). *Microsoft*. Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de <https://support.office.com/es-es/article/definir-y-resolver-un-problema-con-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>
- *Scielo*. (Noviembre de 2013). Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73102013000200002
- Tangient LLC. (s.f.). Recuperado el 08 de Febrero de 2018, de <http://procesosbio.wikispaces.com/DIAGRAMACION+DE+PROCESOS+INDUSTRIALES>