

El establecimiento de

▶ **metas sobre desempeño**

de los programadores de producción en lo referente a los costos relacionados con el tamaño de lote para disminuir la dispersión en costos.



Decisiones en la planificación jerárquica de la producción: metas, heurísticas y sesgos

Decision Making in Hierarchical Production Planning: Goals, Heuristics and Biases

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del establecimiento de metas sobre el desempeño de los programadores de producción en lo referente a los costos relacionados con la elección del tamaño de lote. Para ello, se llevó a cabo un experimento que simula el entorno de planificación jerárquica de la producción. Este mismo instrumento se utilizó también para detectar algunas de las heurísticas y sesgos que influyen en la toma de decisiones de los programadores de producción.

La observación de comportamientos reiterativos durante el experimento y la aplicación de métodos estadísticos paramétricos para el análisis han permitido inferir que: (a) las metas impuestas a los programadores de producción logran aminorar la dispersión de los costos obtenidos y hacen más predecibles los resultados, pero no influyen en el desempeño; (b) las heurísticas más utilizadas por dichos programadores son de representatividad y de disponibilidad; y (c) los sesgos que con mayor frecuencia afectan las decisiones de los programadores de producción están asociados al establecimiento subjetivo de probabilidades, a la aversión a la pérdida, y a la miopía.

La metodología empleada es adaptable a otros campos del ámbito de producción e incluso a otras áreas funcionales de las organizaciones.

ABSTRACT

The present research applies an experiment to simulate a hierarchical production planning environment to determine the effect of goal setting on the production scheduler's performance, related to lot sizing costs. The same instrument is also useful to detect some heuristics and biases influencing on production scheduler's decision making.

The observation of reiterative behavioral patterns and the use of statistical parametric methods show that: (a) goal setting reduces production scheduler's cost dispersion, making the results more predictable, but it doesn't have influence on performance; (b) representativeness and availability heuristics are the most applied by production schedulers; and (c) the more frequent biases affecting production scheduler's decision making are related to subjective probability setting, loss aversion, and myopia.

The methodology is adaptable to other production environments and organizational functional areas.



Palabras Claves

Planificación jerárquica de la producción, HPP, tamaño de lote, toma de decisiones, racionalidad limitada, metas, heurísticas, sesgos, aversión a la pérdida, miopía.

Key words

Hierarchical production planning, HPP, lot sizing, decision making, bounded rationality, goals, heuristics, biases, loss aversion, myopia.

INTRODUCCIÓN

La planificación es una función administrativa que implica definir los objetivos de la organización, establecer estrategias para lograr dichos objetivos, y desarrollar planes para integrar y coordinar actividades de trabajo (Robbins & Coulter, 2010). Para cumplir dicha función es necesario que el diseño organizacional contemple (a) una ruta y un lugar para la toma de decisiones y la coordinación, y (b) un sistema de reporte y comunicación (Czinkota & Ronkainen, 2008). En general, se adoptan estructuras organizacionales jerárquicas porque la toma de decisiones se descompone en marcos temporales, y cuentan con una armonía lógica que se refleja en los organigramas. En el ámbito productivo el modelo prevalente es el de la planificación jerárquica de la producción, del inglés hierarchical production planning (HPP), (Bitran & Tirupati, 1993; Hax & Candea, 1984; Hax & Meal, 1975), el que comprende tres niveles de decisión: (a) estratégico, liderado por el gerente; (b) táctico, del cual el planificador de producción es responsable; y (c) operacional, a cargo del programador de producción.

De numerosos estudios previos en el entorno HPP (Bitran & Tirupati, 1993; Englberger, Herrmann, & Claus, 2013; Hax & Candea, 1984; Hax & Meal, 1975; Maravelias & Sung, 2009; Pochet & Wolsey, 2006; Schneeweiß, 2004; Söhner & Schneeweiss, 1995; Thomas & McClain, 1993; Vicens, Alemany, Andrés, & Guarch, 2001; Wang & Yeh, 2014; White, 2012) se concluye que la interacción entre el planificador de producción y el programador de producción ha sido analizada sobre todo desde una perspectiva eminentemente racional¹, sin considerar el problema que aborda la presente investigación: (a) que las personas, al momento de tomar decisiones, utilizan heurísticas (concepto que será explicado más adelante), lo que podría llevarlos a introducir sesgos en sus juicios (Goodwin & Wrigth, 2004; Robbins & Judge, 2009; Tversky & Kahneman, 1974); y (b) que factores tales como la confianza (Mayer, Davis, & Schoorman, 1995; Schoorman, Mayer, & Davis, 2007; Zand, 1972) y el establecimiento de metas (Gollwitzer, 1990; Locke & Latham, 2006) influyen en el desempeño. Todo ello tiene el potencial de originar desviaciones económicas cuya magnitud podría tener serias implicancias en los resultados financieros de las organizaciones, dado que por lo menos el 75% de los activos, el 80% del personal, y el 85% de los costos son empleados por el área de producción de una empresa, de acuerdo a Skinner (citado en D'Alessio, 2012). Esto concuerda en gran medida con las cifras de los estados financieros de las empresas del sector productivo y extractivo que se encuentran en la base de datos de la Superintendencia de Mercados y Valores (2013).



¹ En este contexto, lo racional se refiere a la toma de decisiones que maximizan la utilidad (beneficio) dentro de ciertas restricciones específicas (Simon, 1955, 1986; Stanovich, 2010).

Por ello, el objetivo de la presente investigación se centra en el estudio del comportamiento del programador de producción en el contexto HPP. Mediante el desarrollo y la aplicación de un instrumento programado para simular el entorno HPP (basado en el código inicial de Martínez, 2012) se pretende: (a) determinar el efecto del establecimiento de metas sobre el desempeño de los programadores de producción en lo referente a los costos relacionados con la elección del tamaño de lote, y (b) detectar algunas de las heurísticas y sesgos que influyen en la toma de decisiones de los programadores de producción.

FUNDAMENTOS

Existe abundante literatura sobre la teoría de decisiones (Arrow, 2004; Dane & Pratt, 2007; Goodwin & Wrigth, 2004; Hansson, 1994; Kahneman, 2003; Kahneman & Tversky, 1977; Kramer & Block, 2008; Nickerson, 1998; Robbins & Judge, 2009; Stanovich, 2010; Staw, 1981; Tversky & Kahneman, 1974, 1981, 1991; Werth, Strack, & Förster, 2002) que brinda detalles sobre cómo las heurísticas² pueden generar sesgos³. No obstante, son escasas las investigaciones relacionadas a las operaciones desde una perspectiva comportamental (Bendoly, Donohue & Schultz, 2006; Gino & Pisano, 2008; Loch & Wu, 2005), y es más reducido aún el número de las que han abarcado el entorno de la planificación de la producción con un enfoque descriptivo (Davis & Kottemann, 1994; Gasser, Fischer & Wäfler, 2011). En general, los estudios no toman en cuenta que se requiere que los planificadores y programadores interactúen de manera continua. Así, la efectividad de sus decisiones está supeditada a cómo se lleve a cabo esa relación, ya que el trabajo en equipo usualmente involucra interdependencia (y, por lo tanto, confianza) y, por ende, los individuos dependen de otros de varias maneras para alcanzar sus propias metas y las metas organizacionales (Mayer et al., 1995; Zand, 1972).

Por otro lado, hay evidencia de que las metas motivan a la gente a usar sus habilidades y/o a buscar nuevo conocimiento (Locke & Latham, 2006), y que la factibilidad y deseabilidad son los factores clave por los cuales un individuo determina qué deseo se convierte en meta, el grado de compromiso con la meta, las acciones a seguir, y la comparación final entre el esfuerzo empleado y la retribución obtenida (Gollwitzer, 1990).

Pese a todo lo mencionado, las metas, las heurísticas y los sesgos no han sido estudiados de manera exhaustiva en el contexto de la planificación jerárquica de la producción, menos aún en el Perú. El presente trabajo, además de ser pionero en el tema, tiene una fortaleza poco frecuente en otras investigaciones del rubro: las personas cuyo comportamiento se va a estudiar laboran directamente en el ambiente productivo (o tienen relación directa con él), y la mayoría de ellas desempeña el rol de planificador o programador en sus respectivos centros de trabajo, hecho que resalta la validez ecológica de la investigación, y la importancia que pueden tener las conclusiones a las que se arriben.

Las premisas (asunciones) utilizadas para el diseño y la programación del instrumento (con los programas informáticos: Ztree, Gusek y Matlab) fueron:

² Las heurísticas son estrategias que simplifican un problema complejo para facilitar su entendimiento, con el fin de obtener soluciones satisfactorias y suficientes, pero no necesariamente óptimas (Robbins & Judge, 2009).

³ Los sesgos son errores sistemáticos, es decir, no aleatorios, que alejan una solución de la racionalidad (Tversky & Kahneman, 1974).

- Las personas que participarán en el experimento no tendrán dificultades para seguir las instrucciones y entender la terminología propia de la planificación jerárquica de la producción durante la ejecución de dicho experimento (probabilidades, demanda, costos, capacidades).
- Las distribuciones de demanda pueden tener solamente tres categorías: alta demanda, media demanda y baja demanda, seleccionadas aleatoriamente al inicio de cada trimestre, y cuya realización se da periodo a periodo⁴.
- Todo lo que el programador ordena producir es lo que en realidad se produce en la planta, sin tomar en cuenta todos

aquellos problemas reales que originan desviaciones respecto al programa de producción (ausencia de personal, falla imprevista de maquinaria, entre otros factores).

- Las ventas perdidas no son recuperables en periodos posteriores.
- Los costos de preparación de línea, costos unitarios de mantenimiento de inventario, y costos unitarios de ventas perdidas se mantienen constantes durante todo el experimento.

En la Figura 1 se muestra una de las pantallas de la interfaz del instrumento diseñado.

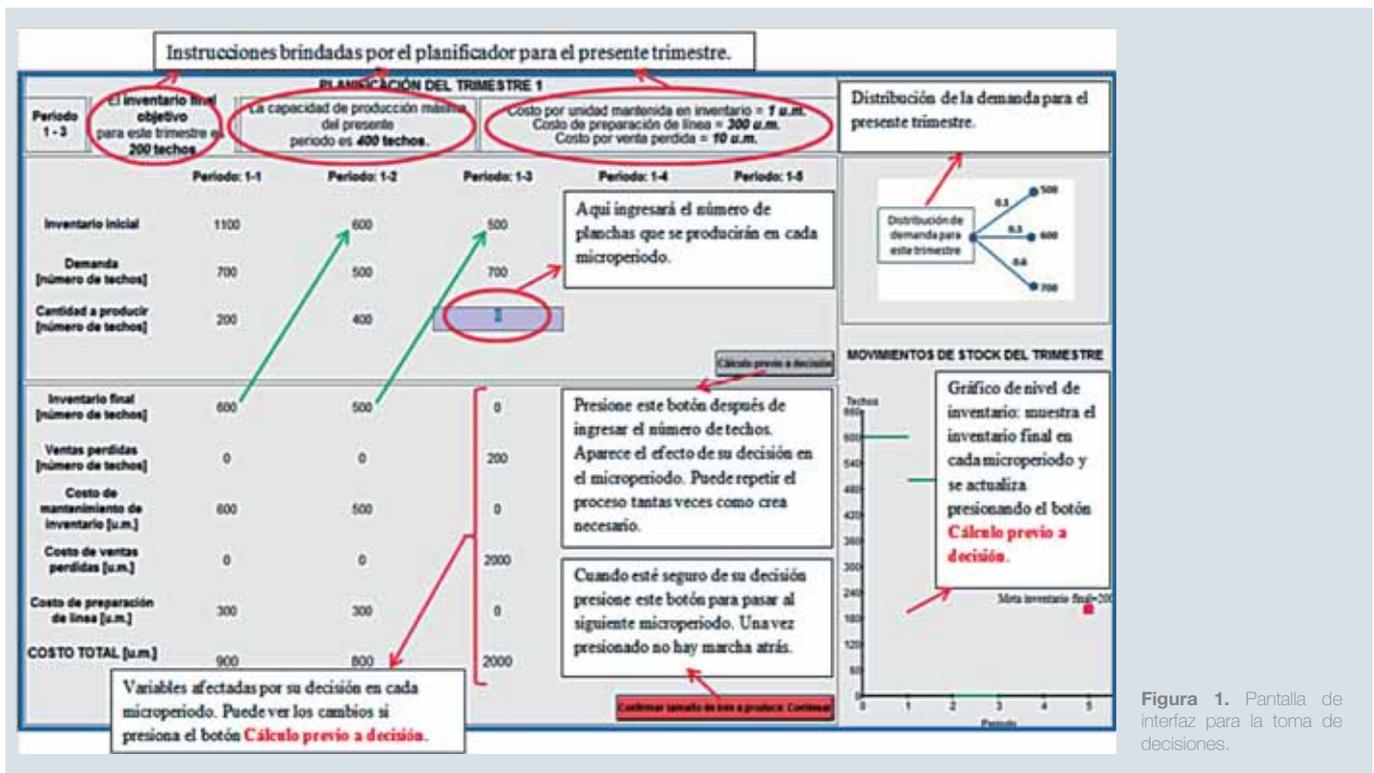


Figura 1. Pantalla de interfaz para la toma de decisiones.

Las limitaciones de la presente investigación son:

- El modelo matemático original ha sido reducido para el caso de fabricación de un solo producto, por lo que los resultados obtenidos no podrán generalizarse a situaciones de familias de productos o a productos cuya manufactura requiere más de un ítem.
- El tiempo para que el participante tome sus decisiones, aunque no está restringido, es relativamente breve por la naturaleza misma del experimento (se simula lo que sucede en tres años en aproximadamente 90 minutos).
- El experimento está diseñado para simular un entorno de producción (aunque es interesante y adaptable a otros ámbitos).

- Los participantes, en su mayoría, tienen experiencia en planificación y programación, pero en un contexto distinto (mantenimiento, no producción).

METODOLOGÍA

La presente investigación tiene carácter descriptivo, y ha sido desarrollada con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental. La aplicación de un instrumento elaborado para simular el entorno HPP ha permitido analizar el comportamiento del programador de producción desde dos perspectivas:

- Una comparación entre el grupo experimental y el grupo de control para determinar la influencia del establecimiento de una meta de inventario, por parte del planificador (variable independiente), sobre los costos de producción obtenidos por el programador de producción (variable dependiente), dentro de un ambiente de alta confianza entre ambos agentes (variable

⁴ El instrumento permite registrar variaciones en el comportamiento del programador de producción a través del tiempo de duración del experimento: (a) el horizonte de planificación (sesión) es de un año, el cual consta de cuatro trimestres, y cada trimestre de cinco periodos, es decir, en un año se toman 20 decisiones respecto al tamaño de lote a producir; (b) el participante toma decisiones a lo largo de tres horizontes de planificación independientes entre sí (tres sesiones), que miden el desempeño en costos; el primero se utiliza, además, para entrenamiento y familiarización con la interfaz.

moderadora). Dicha influencia ha sido medida mediante dos pruebas paramétricas: (a) una prueba F para la diferencia de varianzas de costos, y (b) una prueba t para la diferencia de medias de los costos, con la estimación respectiva del tamaño del efecto.

- Una comparación dentro del grupo total (grupos experimental y de control como un solo conjunto) para definir la influencia de los siguientes cinco factores sobre la decisión del programador de producción de elegir un tamaño de lote mayor a la demanda: (a) relación entre la capacidad y demanda, (b) relación inventario y demanda, (c) experiencia de rotura de stock, (d) el periodo de decisión, y (e) la distribución de probabilidades de demanda del trimestre. La estimación de la influencia se realizó a través de una regresión logística binaria.

La asociación entre las preguntas, hipótesis y variables de investigación, así como el análisis estadístico empleado, se muestran en la Figura 2.

Preguntas de investigación	Hipótesis de investigación
P1. Influyen las metas de producción de un planificador en el comportamiento del programador en el contexto HPP?	H 1.1. Diferencia de costos debido a meta.
P2. ¿Qué factores y heurísticas (o reglas de juego) influyen en el programador de producción al tomar las decisiones en un ambiente HPP?	H 2.1. Influencia de relación C/D(t). H 2.2. Influencia de relación I/D(t) H 2.3. Influencia de SR. H 2.4. Influencia de t. H 2.5. Influencia de P (D(t)).

Variables de investigación		Análisis requerido
Independientes: VI 1.1. Meta de inventario al finalizar el trimestre	Dependientes: VD 1.1. Costos obtenidos por el programador de producción.	Comparación entre grupos (experimental y control): Diferencia de medias.
Moderadoras: VM 1.1. Alta confianza entre el planificador y el programador.		
Independientes: VI 2.1. Cociente C/D(t) VI 2.2. Cociente I/D (t) VI 2.3. Variable dicotómica SR. VI 2.4. Variable ordinal t. VI 2.5. variable nominal P(D(t)).	Dependientes: VD 1.1. Decisión del programador de producir un lote mayor o igual al 120% de D(t).	Comparación dentro del grupo completo: Regresión logística.

Figura 2. Esquema de asociación entre preguntas, hipótesis y variables de investigación. C: restricción de capacidad impuesta por el planificador en el periodo t; D(t): demanda en el periodo t; I: inventario inicial en el periodo t; SR: experiencia de rotura de stock; t: periodo de decisión t; P(D(t)): distribución de probabilidad de demanda del trimestre, válida para el periodo t.

La población de estudio es el conjunto de personas que trabaja directa o indirectamente (como soporte) en el ambiente de planificación de producción de una de las empresas pertenecientes al sector de la gran minería de la región Arequipa, cuyo nombre se

mantendrá en reserva (aproximadamente 450 individuos al 30 de setiembre del 2013).

La muestra fue seleccionada de dicha población mediante un muestreo estratificado proporcional por segmento ocupacional (cuatro estratos: producción, administración, logística, marketing).

El tamaño de muestra mínimo se fijó considerando: (a) tamaños de efecto de nivel medio para la comparación entre el grupo experimental y grupo de control ($d > 0.6$), (b) una potencia de prueba de por lo menos 80%, y (c) un nivel de confianza del 95%. El tamaño mínimo calculado fue de 45 individuos para el grupo de control y 45 individuos para el grupo experimental. Finalmente, se recabaron 45 para el grupo de control y 46 para el grupo experimental, tal como se ve en la Tabla 1.

Grupo	Segmento				
	Producción	Administración	Logística	Marketing	Total
Experimental	31	11	2	2	46
Control	31	11	1	2	45
Total	62	22	3	4	91

Tabla 1. Número de Personas en los Grupos de acuerdo al Segmento Ocupacional

La validez y la confiabilidad internas del instrumento diseñado se garantizaron por la equivalencia de los grupos, tanto inicialmente como durante el experimento.

Todos los participantes fueron informados del propósito de la investigación: evaluar el comportamiento de un programador de producción en su ambiente real de trabajo, al tomar decisiones en un entorno desarrollado para brindar instrucciones y restricciones sobre capacidades, distribuciones de demanda, costos, confianza y metas. Además, se les indicó que la información recolectada será utilizada exclusivamente para el análisis requerido para el presente estudio. Cada uno de los participantes colaboró voluntariamente en el experimento, y recibió un incentivo extrínseco (la posibilidad de ganar una tablet si lograba obtener el mínimo costo).

RESULTADOS

Contraste de hipótesis H 1.1: diferencia de costos

Mediante la prueba F de una cola se determinó que la varianza de los costos obtenidos por el grupo experimental fue menor que la varianza de costos alcanzados por el grupo de control (Tabla 2). De este resultado se puede inferir que la inclusión de una meta de inventario final originó una menor dispersión en los costos de producción obtenidos por parte del grupo de participantes que recibió dicha instrucción o, en otras palabras, la inclusión de una meta hace que los resultados logrados sean más predecibles.

Variable	Control (n =45, df =44)		Experimental (n =46, df =45)		F	p
	M	s ²	M	s ²		
Costos						
Escenario 1	7.45	13.13	6.84	6.84	1.92	.016
Escenario 2	5.54	10.08	4.53	3.19	3.16	.000*
Escenario 3	2.91	9.77	2.65	2.39	4.08	.000*

Tabla 2. Prueba F de Una Cola para la Diferencia de Varianzas de los Costos
Nota. Las medias están en miles, y las varianzas en millones. *p<.001.

La prueba t de dos colas para dos muestras de varianzas desiguales (Tabla 3) no permitió afirmar que existía desigualdad entre las medias de los costos obtenidos por los grupos (es decir, no hay diferencia significativa entre la media de costos del grupo experimental y la media de costos obtenida del grupo de control).

Tampoco se encontraron tamaños de efectos moderados o grandes (todos fueron pequeños). Los resultados indican, por lo tanto, que no hay argumentos suficientes para confirmar la veracidad de la hipótesis H 1.1 (que afirmaba que existe diferencia entre los costos obtenidos por los programadores de producción que reciben la instrucción de meta de inventario a alcanzar al final de cada trimestre de parte del planificador, y aquellos que no la reciben).

Variable	Control (n =45, df =44)		Experimental (n =46, df =45)		s _p ²	df	t	p	d
	M	s ²	M	s ²					
Costos									
Escenario 1	7.45	13.13	6.84	6.84	9.95	89	0.93	.358	0.19
Escenario 2	5.54	10.08	4.53	3.19	6.59	89	1.86	.068	0.39
Escenario 3	2.91	9.77	2.65	2.39	6.04	89	0.49	.625	0.10

Tabla 3. Prueba t de Dos Colas para la Diferencia de Medias de los Costos
Nota. Las medias están en miles, y las varianzas en millones.

Contraste de hipótesis H 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5: sobre el comportamiento del programador

Del análisis dentro del grupo (regresión logística binaria, ver Tabla 4), los OR obtenidos (ningún intervalo de confianza encierra a OR = 1.00) indican que hay argumentos suficientes para inferir que (a) la relación entre la capacidad y la demanda, (b) la relación entre el inventario inicial y la demanda, (c) el quiebre de stock en los tres periodos anteriores, (d) el periodo de decisión actual, y (e) la distribución de probabilidad de la demanda del trimestre, son factores que ejercen una influencia significativa en las decisiones

del programador. Por lo tanto, puede afirmarse que las hipótesis 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 tienen sustento.

Variable	b	SE	Wald	p	OR 95% CI		
					OR	LL	UL
Relación entre la capacidad y la demanda	1.66	0.09	340.49	.000*	5.26	4.41	6.27
Relación entre el inventario inicial del periodo y la demanda	-0.56	0.05	106.64	.000*	0.57	0.51	0.63
Experiencia previa de quiebre de stock	0.67	0.11	36.30	.000*	1.95	1.57	2.42
Periodo actual de decisión	-0.06	0.01	37.31	.000*	0.94	0.92	0.96
Distribución de la demanda del trimestre	0.47	0.09	26.29	.000*	1.60	1.34	1.91
Constante	-3.86	0.18	469.02	.000*	0.02		

Tabla 4. Regresión Logística Binaria: Producir un Lote Mayor o Igual al 120% de la Demanda. Nota. *p<.001.

CONCLUSIONES

La Tabla 5 muestra un resumen de los resultados del contraste de hipótesis de esta investigación.

Se determinó que la asignación de una meta de inventario a alcanzar al final de cada trimestre por parte del planificador conlleva que los programadores de producción obtengan una menor dispersión en los costos (si se les compara con aquellos que no reciben dicha instrucción).

Ello implica que el establecimiento de una meta conduce a que las decisiones tomadas sean más predecibles y, por lo tanto, menos sujetas a desviaciones que pudieran impactar en los resultados financieros de las organizaciones.

Hipótesis	Hallazgos
Hipótesis 1.1: Existe diferencia entre los costos obtenidos por los programadores de producción que reciben la instrucción de meta de inventario a alcanzar al final de cada trimestre de parte del planificador y aquellos que no la reciben.	"Hipótesis no comprobada estadísticamente: La dispersión de costos decrece, pero no hay evidencia de que la meta mejore desempeño en costos"
Hipótesis 2.1: Si la relación entre la capacidad y la demanda aumenta, el programador de producción tenderá a elegir un tamaño de lote de producción mayor que la demanda del periodo.	"Hipótesis correlacionada estadísticamente: (OR = 5.26, p < .001) Sí hay influencia directa."

Hipótesis 2.2: Si la relación entre el inventario y la demanda disminuye, el programador de producción tenderá a elegir un tamaño de lote de producción mayor que la demanda del periodo.	"Hipótesis correlacionada estadísticamente: (OR = 0.57, $p < .001$) Sí hay influencia inversa."
Hipótesis 2.3: Si el programador de producción sufre una experiencia previa de quiebre de stock, tenderá a elegir un tamaño de lote de producción mayor que la de la demanda del periodo.	"Hipótesis correlacionada estadísticamente: (OR = 1.95, $p < .001$) Sí hay influencia directa. "
Hipótesis 2.4: La tendencia del programador de producción a elegir un tamaño de lote de producción mayor que la demanda del periodo decrecerá a medida que pase el tiempo en el escenario (sesión), es decir, conforme pasen los periodos en dicho escenario.	"Hipótesis correlacionada estadísticamente: (OR = 0.94, $p < .001$) Sí hay influencia inversa. "
Hipótesis 2.5: La distribución de probabilidades de la demanda del trimestre (alta, media o baja) que el programador de producción recibe como información influye sobre su elección de producir un tamaño de lote mayor que la demanda del periodo.	"Hipótesis correlacionada estadísticamente: (OR = 1.60, $p < .001$) Sí hay influencia directa. "

Tabla 5. Resumen de Resultados del Contraste de Hipótesis

Asimismo, a lo largo del experimento se pudo detectar algunos sesgos que afectan las decisiones de los programadores de producción al definir el tamaño de lote de producción:

- No considerar la información de probabilidades que se posee para predecir un resultado, asociado a la heurística de representatividad⁵. Este sesgo fue observado en la primera de las tres sesiones (de entrenamiento), en la que, al principio, la mayoría de participantes ignoró la información de distribución de probabilidades de la demanda del trimestre (a pesar de contar en todo momento con ese dato en la pantalla de la interfaz), basando sus decisiones únicamente en la demanda de cada uno de los periodos. Al experimentar los primeros quiebres de stock, la miopía inicial se atenuó, lo que hizo que en lugar de tomar decisiones periodo a periodo, los participantes utilizaran las probabilidades otorgadas para guardar inventario para futuros trimestres de alta demanda.
- La mala interpretación de la aleatoriedad (ilustrada en la falacia del jugador⁶), que también se relaciona con la heurística de representatividad (Tversky & Kahneman, 1974). Aunque es racional que el programador tome sus decisiones asumiendo que las demandas con probabilidades más altas (de acuerdo al árbol de distribución de probabilidades de demanda del trimestre) son las que van a aparecer con mayor frecuencia, es

5 La heurística de representatividad consiste en la evaluación subjetiva de cuán representativos son las personas, objetos o eventos dentro de una categoría en particular, asignándose una probabilidad de pertenencia a dicha categoría en base a ese análisis (Tversky & Kahneman, 1974).

6 La falacia del jugador (en inglés, gambler's fallacy) es un sesgo que se refleja en (a) la expectativa de encontrar ciertos patrones representativos en secuencias de eventos cortas, y (b) la expectativa de que secuencias de eventos cortas con patrones no usuales se corrijan prontamente (Tversky & Kahneman, 1974).

incorrecto pensar que cuando eso no sucede hay algo que está mal (o que no es lógico). La suposición ignora que ello es posible para secuencias de eventos cortas (como en el experimento, en el que el árbol de probabilidades era válido solo para los cinco periodos del trimestre). Al respecto, se constató que cuando los valores reales de demanda del periodo no coincidían con los valores esperados, los participantes manifestaban su disconformidad al alegar que el dato de distribución de la demanda estaba errado, cuando en realidad era aleatorio. Esto generó un deterioro en la confianza en las instrucciones dadas por el planificador (la medición de la magnitud de este decremento no fue un objetivo de la presente investigación), hecho que, en situaciones reales, podría perjudicar enormemente la relación de interacción constructiva y colaborativa entre los individuos y, por ende, su desempeño (Mayer et al., 1995; Schoorman et al., 2007; Zand, 1972).

- La asignación de altas probabilidades a situaciones familiares recientes, que guarda relación con la heurística de disponibilidad⁷. Este sesgo se evidenció sobre todo en la primera de las tres sesiones (de entrenamiento), cuando los participantes, al haber tomado decisiones en un trimestre de alta demanda (el primero), tenían la expectativa de que esa situación volviera a suceder en los trimestres siguientes. En consecuencia, buscaron protegerse de una rotura de stock mediante la producción de un tamaño de lote grande, cercano al permitido por la capacidad máxima, sin tener en cuenta que la aparición de trimestres con demandas altas, medias o bajas se daba de manera aleatoria.
- La aversión a la pérdida⁸, explicada por la teoría de las perspectivas⁹. Este sesgo se manifestó cuando los participantes obtuvieron los primeros costos elevados por ventas perdidas, producto de los quiebres de stock. Ello los impulsó a producir lotes de mayor tamaño para cubrir el futuro inmediato, de manera intuitiva, sin hacer ningún análisis de costo-beneficio (aunque, varios periodos después, se percataron de que en realidad el mayor impacto en los costos era originado por las ventas perdidas, pues su magnitud era superior a la de los otros dos costos: el de preparación de línea y el de mantenimiento de inventario). Esta observación tiene soporte cuantitativo, al haberse encontrado influencia estadísticamente significativa (a través de la regresión logística binaria) de la experiencia previa al quiebre de stock sobre la tendencia del programador a elegir un tamaño de lote de producción mayor que la demanda del periodo (que valida la hipótesis H 2.3).

7 La heurística de disponibilidad consiste en la estimación de probabilidad de ocurrencia de un evento en base a la facilidad con la que la mente evoca dicho evento (Tversky & Kahneman, 1974).

8 La aversión a la pérdida (en inglés, loss aversion) es la característica por la cual las personas, al comparar ganancias y pérdidas que tienen la misma magnitud, perciben que el impacto de las pérdidas es mayor al de las ganancias (Tversky & Kahneman, 1991).

9 La teoría de las perspectivas (en inglés, prospect theory) es una alternativa a la teoría clásica de utilidad esperada (Simon, 1955), que no se basa en la asignación de probabilidades ni en la optimización de la utilidad. En contraste, calcula un valor subjetivo que se ve influenciado por dos efectos: (a) el efecto de certidumbre (en inglés, certainty effect), que contribuye a la aversión al riesgo (en inglés, risk aversion) en elecciones que incluyen ganancias seguras y a la búsqueda del riesgo en elecciones que involucran pérdidas seguras; y (b) el efecto de aislamiento (en inglés, isolation effect), que se materializa en la inconsistencia en las preferencias cuando las alternativas de decisión, siendo las mismas, se presentan de forma distinta (Kahneman & Tversky, 1979).

- La aversión a la pérdida miope¹⁰, que fue puesta en evidencia al constatar que los participantes eran más sensibles a la pérdida al principio del experimento, ya que producían lotes de tamaño más grande. Luego, mientras transcurrían los periodos, ganaban confianza, y reducían dichos tamaños. Hay sustento estadísticamente significativo para esta observación (regresión logística binaria), pues se determinó que la tendencia del programador a elegir un lote de producción mayor que la demanda del periodo decrece a medida que pasan los periodos (lo que valida la hipótesis H 2.4).

Dada la gran influencia de las heurísticas y los sesgos en los juicios emitidos por los programadores de producción, así como el gran impacto que tienen sus decisiones en los costos de las organizaciones, los gerentes deben analizar más profundamente las heurísticas y sesgos hallados en este estudio, ya que un mejor entendimiento de los mismos podrá conllevar importantes ahorros en sus empresas.

Contribuciones teóricas

La presente investigación ha realizado un aporte significativo al desarrollo del campo de la administración de las operaciones bajo un enfoque comportamental: el análisis confirmó que las metas, las heurísticas y los sesgos tienen importantes implicancias en la toma de decisiones en el contexto de planificación jerárquica de la producción:

- Las metas generan menor dispersión de los costos de producción (lo que los hace más predecibles) y, por lo tanto, son de gran ayuda para la elaboración y control de los presupuestos de producción. Sin embargo, no hay evidencia que las metas mejoren el desempeño de los programadores de producción, no porque no sean deseables o factibles (Gollwitzer, 1990), o lo suficientemente motivadoras para que se apliquen los conocimientos y habilidades necesarios (Locke & Latham, 2006), sino porque, al parecer, el efecto de las heurísticas y los sesgos es más fuerte al momento de tomar decisiones.
- Las heurísticas más utilizadas por los programadores de producción, de acuerdo a la evidencia encontrada, son las de representatividad y disponibilidad (Tversky & Kahneman, 1974).
- Los sesgos que tienden a afectar las decisiones de los programadores de producción (según los hallazgos del presente estudio) pueden clasificarse en dos tipos: (a) los relacionados con el establecimiento subjetivo (y generalmente poco racional) de probabilidades (no considerar la información de probabilidades, mala interpretación de la aleatoriedad, y asignación de altas probabilidades a situaciones recientes), descritos por

Tversky y Kahneman (1974); y (b) aquellos asociados con la aversión a la pérdida (aversión a la pérdida propiamente dicha, Kahneman & Tversky, 1979; y aversión a la pérdida miope, Benartzi & Thales, 1999).

- Según lo observado en el estudio, el factor que se asocia directamente con la aversión a la pérdida (Kahneman & Tversky, 1979) es el quiebre de stock. Este provoca una sobre-reacción en el programador de producción que lo lleva a producir lotes de mayor tamaño, con el fin protegerse y no volver a experimentar una situación similar de gran incremento de costos, sin considerar que el exceso de inventario también puede ser perjudicial. Por ello, el registro y seguimiento de quiebres de stock en el tiempo debe ser analizado siempre.
- Aparentemente la experiencia (entendida como el paso del tiempo desempeñando la misma actividad) juega un rol importante en la toma de decisiones del programador: la aversión a la pérdida miope (Benartzi & Thales, 1999) detectada en el experimento del presente estudio permite soportar dicha afirmación. Este argumento concuerda con la definición de toma de decisiones naturalística de Gasser et al. (2011).
- Debe tenerse en cuenta que todos los resultados han sido obtenidos en una población de características definidas (planificadores del sector de la gran minería de Arequipa, Perú), por lo que si se considera lo indicado por Loch y Wu (2005) respecto a la dinámica de grupos, las emociones y la cultura, hay que ser cauteloso en generalizar estos hallazgos a otros contextos.

Asimismo, la metodología utilizada en la investigación es una gran contribución, puesto que no solamente implicó el diseño de un instrumento desarrollado a partir de un modelo teórico de planificación jerárquica de producción (que involucró la programación de códigos en Gusek, Matlab y Ztree), sino que además se realizó un arduo trabajo de campo para la recolección de muestras representativas de la población de interés. Como se mencionó en el acápite correspondiente a los fundamentos del estudio, no se ha hallado evidencia de investigaciones anteriores similares.

Contribuciones prácticas

En la realidad, las metas, las heurísticas y los sesgos no solamente afectan las decisiones en el contexto de planificación jerárquica de la producción sino que, en general, tienen el potencial de influir en cualquier área funcional de las organizaciones. Los gerentes deben considerar estos tres parámetros para conseguir mejores rendimientos financieros en sus empresas:

- Tienen que proponer metas claras y motivadoras para que las desviaciones en los presupuestos sean menores y, por lo tanto, más predecibles. Con ello se logra que el proceso de generación de valor sea más efectivo.
- En lo posible, deben establecer metas acompañadas de algún incentivo (no necesariamente económico) para favorecer el ambiente de competencia, ya que en esta investigación se ha hallado evidencia de que la meta y el incentivo propuestos (una tablet) contribuyeron a que los participantes se interesen y se comprometan en alcanzar el mejor resultado posible (el mínimo costo).

¹⁰ La aversión a la pérdida miope (en inglés, myopic loss aversion) es la sensibilidad a la pérdida en el primer intento de una toma de decisión bajo riesgo, que se atenúa en los siguientes intentos (Benartzi & Thales, 1999).



- Necesitan identificar las heurísticas utilizadas por sus colaboradores con el fin de reconocer los sesgos a los cuales pueden estar sometidos (y para ello pueden utilizar una metodología similar a la empleada en este estudio, pero adecuada a su contexto).
- Es preciso que tomen medidas para controlar la aparición de sesgos a través de programas de entrenamiento diseñados de tal forma que simulen lo más cercanamente posible las situaciones y entornos reales de toma de decisiones de los colaboradores.
- Es importante que consideren desde ahora invertir en tecnologías de la información que, además de integrar en su diseño los clásicos modelos racionales de minimización de costos (o sus equivalentes de maximización de beneficios), incorporen los datos de las heurísticas y sesgos, de manera que, conjuntamente con el entrenamiento, ayuden a los colaboradores a evitar los sesgos de mayor impacto financiero.

Gasser, R.; Fischer, K. & Wäfler, T. (2011). Decision Making in Planning and Scheduling: A Field Study of Planning Behavior in Manufacturing. En J. C. Fransoo, T. Wäfler, & J. Wilson (Eds.), Behavioral Operations in Planning and Scheduling (pp. 11-30). Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Gino, F. & Pisano, G. (2008). Toward a Theory of Behavioral Operations. *Manufacturing and Services Operations Management*, 10(4), 676-691.

Gollwitzer, P. (1990). Action Phases and Mind-Sets. En E. T. Higgins, & R. M. Sorrentino (Eds.), *Handbook of Motivation and Cognition. Foundations of Social Behavior* (Vol. 2, pp. 53-92). New York: The Guilford Press.

Goodwin, P. & Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment* (3ra ed.). West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Hansson, S. (1994). *Decision Theory. A Brief Introduction*. Estocolmo: Royal Institute of Technology (KTH).

Hax, A. & Candea, D. I. (1984). Hierarchical Production Planning Systems. En A. C. Hax, & D. I. Candea, *Production and Inventory Management* (pp. 393-403). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Hax, A. & Meal, H. (1975). Hierarchical Integration of Production Planning and Scheduling. En M. A. Geisler (Ed.), *Studies in the Management Sciences* (Vol. 1, pp. 53-69). New York: North Holland-American Elsevier.

Kahneman, D. & Tversky, A. (1977). Intuitive Prediction: Biases and Corrective Procedures. Virginia: Defense Advanced Research Projects Agency.

Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 49(2), 263-292.

Kahneman, D. (2003). Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics. *The American Economic Review*, 93(5), 1449-1475.

Kramer, T. & Block, L. (2008). Conscious and Nonconscious Components of Superstitious Beliefs in Judgment and Decision Making. *Journal of Consumer Research*, 34(6), 783-793.

Loch, C. & Wu, Y. (2005). Behavioral Operations Management. *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*, 1(3), 121-232

Locke, E. & Latham, G. (2006). New Directions in Goal-Setting Theory. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 265-268.

Maravelias, C. & Sung, C. (2009). Integration of Production Planning and Scheduling: Overview, Challenges and Opportunities. *Computers and Chemical Engineering*, 33(12), 1919-1930

Martínez, C. (2012). *Decision Making in Hierarchical Production Planning*. Eindhoven: TUE School of Industrial Engineering - Series Master Theses in Operations Management and Logistics.

Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An Integrative Model of Organizational Trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709-734.

Arrow, K. (2004). Is Bounded Rationality Unboundedly Rational? Some Ruminations. En M. Augier, & J. G. March (Eds.), *Models of a Man. Essays in Memory of Herbert A. Simon* (pp. 47-55). Cambridge: The MIT Press.

Benartzi, S.; & Thales, R. (1999). Risk Aversion or Myopia? Choices in Repeated Gambles and Retirement Investments. *Management Science*, 45(3), 364-381.

Bendoly, E.; Donohue, K. & Schultz, K. L. (2006). Behavior in Operations Management: Assessing Recent Findings and Revisiting Old Assumptions. *Journal of Operations Management*, 24(6), 737-752.

Bitran, G.; & Tirupati, D. (1993). Hierarchical Production Planning. En S. C. Graves, A. H. Rinnooy Kan, & P. H. Zipkin (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science* (Vol. 4, pp. 523-568). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

Czinkota, M.; & Ronkainen, I. A. (2008). Organización, Implementación y Control del Marketing. En M. R. Czinkota, & I. A. Ronkainen, *Marketing Internacional* (8va ed., pp. 213-242). Santa Fe, México: Cengage Learning Editores.

D'Alessio, F. (2012). *Administración de las Operaciones Productivas. Un enfoque en procesos para la gerencia*. Lima: Pearson.

Dane, E., & Pratt, M. (2007). Exploring Intuition and its Role in Managerial Decision Making. *Academy of Management Review*, 32(1), 33-54.

Davis, F. & Kottemann, J. (1994). User Perceptions of Decision Support Effectiveness: Two Production Planning Experiments. *Decision Sciences*, 25(1), 57-76.

Englberger, J.; Herrmann, F. & Claus, T. (2013). Simulation of Robust Master Production Scheduling in an Industrially Relevant Planning Environment. *Proceedings 27th European Conference on Modeling and Simulation*. Ålesund, Norway: ECMS.

REFERENCIAS

Nickerson, R. S. (1998). Confirmation Bias: A Ubiquitous Phenomenon in Many Guises. *Review of General Psychology*, 2(2), 175-220.

Pochet, Y., & Wolsey, L. A. (2006). *Production Planning by Mixed Integer Programming*. (T. V. Mikosch, S. I. Resnick, & S. M. Robinson, Eds.) New York: Springer Science+Business Media.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2010). Planeación. En S. P. Robbins, & M. Coulter, *Administración* (10ma ed., pp. 117-180). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2009). La Percepción y la Toma de Decisiones Individual. En S. P. Robbins, & T. A. Judge, *Comportamiento Organizacional* (13era ed., pp. 136-171). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Schneeweiß, C. (2004). On the Empirical Validity of Production Theory. *Central European Journal of Operational Research*, 12(2), 107-115.

Schoorman, F.; Mayer, R.; & Davis, J. (2007). An Integrative Model of Organizational Trust: Past, Present, and Future. *Academy of Management Review*, 32(2), 344-354.

Simon, H. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99- 118.

Simon, H. (1986). Rationality in Psychology and Economics. *The Journal of Business*, 59(4), pp.209-224.

Söhner, V., & Schneeweiss, C. (1995). Hierarchically Integrated Lot Size Optimization. *European Journal of Operational Research*, 86(1), 73-90.

Stanovich, K. (2010). *Decision Making and Rationality in the Modern World*. New York: Oxford University Press.

Staw, B. (1981). The Escalation of Commitment to a Course of Action. *The Academy of Management Review*, 6(4),577-587.

Superintendencia de Mercados y Valores. (2013). *Información Financiera por Periodo*. Recuperado de http://www.smv.gob.pe/Frm_Informacion-FinancieraPorPeriodo.aspx?data=0489922C46775872F740C6D606585123B7F806EA74

Thomas, L. & McClain, J. O. (1993). An Overview of Production Planning. En S. C. Graves, A. H. Rinnooy Kan, & P. H. Zipkin (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science* (Vol. 4, pp. 333-370). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

Tversky, A. & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124-1131.

Tversky, A. & Kahneman, D. (1981). The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. *Science*, 211(4481), 453-458.

Tversky, A. & Kahneman, D. (1991). Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(4), 1039-1061.

Vicens, E.; Alemany, M.; Andrés, C. & Guarch, J. J. (2001). A Design and Application Methodology for Hierarchical Production Planning Decision Support Systems in an Enterprise Integration Context. *International Journal of Production Economics*, 74(1),5-20.

Wang, S. & Yeh, M.-F. (2014). A Modified Particle Swarm Optimization for Aggregate Production Planning. *Expert Systems with Applications*, 41(6),3069-3077.

Werth, L., Strack, F., & Förster, J. (2002). Certainty and Uncertainty: The Two Faces of Hindsight Bias. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 87(2),323-341.

White, L. (2012). A Hierarchical Production Planning System Simulator. *International Journal of Simulation Modeling*, 11(1), 40-57.

Zand, D. (1972). Trust and Managerial Problem Solving. *Administrative Science Quarterly*, 17(2), 229-239.

ACERCA DE LOS AUTORES

William Fernando Agurto Antón

Ingeniero Mecánico, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Magíster en Administración Estratégica de Empresas, CENTRUM Graduate Business School, Cum Laude. Miembro de la Sociedad Internacional de Honor Beta Gamma Sigma. Egresado de la Maestría en Ingeniería de Control y Automatización, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), becado por CONCYTEC. Miembro del Directorio Nacional de Investigadores del CTel. Más de 13 años de experiencia en mantenimiento. Consultor y docente en mantenimiento, confiabilidad, estadística e ingeniería mecánica. Actualmente se desempeña como Planificador de Mantenimiento en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A y docente a tiempo parcial en TECSUP.

@ williamf.agurto@pucp.pe

Ángela María Chávez Coronel

Arquitecta, Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Magíster en Administración Estratégica de Empresas, CENTRUM Graduate Business School. Estudios de Diseño de Proyectos, Universidad León de España. Diplomado en Gerencia de Unidades, Universidad Católica San Pablo. Amplia experiencia en asesoría técnica y de proyectos de arquitectura y marketing. Actualmente se desempeña como Coordinadora Zonal en Yura S.A.

@ angela_chavez@hotmail.com

Ricardo Pantoja Retamozo

Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Magíster en Administración Estratégica de Empresas, CENTRUM Graduate Business School. Más de 12 años de experiencia en mantenimiento. Actualmente se desempeña como Planificador de Mantenimiento en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

@ rpantojar@pucp.pe

Antonio Pinto Ticona

Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Magíster en Administración Estratégica de Empresas, CENTRUM Graduate Business School. Más de 13 años de experiencia en mantenimiento. Actualmente se desempeña como Supervisor de Mantenimiento en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

@ apintot@pucp.pe