

10-001

### **SENSITIVITY ANALYSIS FOR DECISION MAKING IN THE CONTEXT OF PRODUCTION**

Morris Molina, Lloyd Herbert <sup>(1)</sup>; Salazar De Morris, Olga Jasmin <sup>(2)</sup>; Barrientos, Ender <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Católica de Pereira, <sup>(2)</sup> Universidad Libre, <sup>(3)</sup> Fundación de Estudios Superiores CONFANORTE

This business case is the product of a multidisciplinary process in which mathematical modeling with real information is achieved, that allowed generating alternatives and sensitivity analysis for decision making in production companies, binding the closing of gaps that impact productivity goals. The case includes an analysis of information through the grounded theory of ten companies that make up a textile cluster and interviews with managers in operations to obtain the information required in the linear programming model, which executes the measurement of the effect on productivity of the cluster. The identification of the categories: forecasts, aggregate planning, learning curves, programming of material requirements, inventory systems and the deployment of the quality function, structured in a linear programming model, allows the analysis of productivity goals for optimization in productive scenarios. The main contributions of this business case are based on its methodological contribution, having a mixed approach, and in the decision-making process in dynamic scenarios that achieve a holistic and integrative approach to the most representative components of the model created to increase the productivity of the cluster.

**Keywords:** *Sensitivity Analysis; Decision Making; Production; Mathematical Model*

### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN**

Este caso empresarial es producto de un proceso multidisciplinario en el que se logra el modelamiento matemático con información real, que permitió generar alternativas y análisis de sensibilidad para la toma de decisiones en empresas de producción, vinculantes al cierre de brechas que impactan las metas de productividad. El caso incluye un análisis de información mediante la teoría fundamentada de diez empresas que conforman un clúster textil y de entrevistas a los gerentes en operaciones para la obtención de la información requerida en el modelo de programación lineal, que ejecuta la medición del efecto en la productividad del clúster. La identificación de las categorías: pronósticos, planeación agregada, curvas de aprendizaje, programación de requerimientos de materiales, sistemas de inventarios y el despliegue de la función de calidad, estructurados en un modelo de programación lineal, permite el análisis de metas de productividad para su optimización en escenarios productivos. Los principales aportes de este caso empresarial se fundamentan en su aporte metodológico, al tener un enfoque mixto, y en el proceso de toma de decisiones en escenarios dinámicos que logran un enfoque holístico e integrador de los componentes más representativos del modelo creado para el incremento de la productividad del clúster.

**Palabras clave:** *Análisis de Sensibilidad; Toma de Decisiones; Producción; Modelo Matemático*

Correspondencia: Lloyd Morris lloyd.morris@ucp.edu.co



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Los niveles de competitividad global han generado cambios importantes en los ambientes dinámicos de la industria manufacturera, más sin embargo, el aumento de la eficiencia y de la productividad son las metas más importantes de las empresas manufactureras, De Felice, Petrillo y Monfreda (2013). Por tal razón las empresas buscan diversas alternativas para encontrar las vías que incorporen estrategias de mejoras en la productividad.

La contribución a la productividad desde las decisiones en operaciones son diversas, Heizer y Render (2009) mencionan diez áreas en operaciones que consideran decisiones como: el diseño de productos, la predicción de la demanda, la planeación de la producción, la gestión de inventarios, la utilización de la fuerza de trabajo en habilidades técnicas y la capacidad de programar los requerimientos de materiales que se encuentran inmersas en las estrategias de producción para el objetivos de las operaciones.

Al respecto Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011), definen los objetivos de operaciones como uno de los elementos de las estrategias de operaciones que apuntan a la optimización de costos, la satisfacción del cliente mediante la calidad de sus productos, los tiempos de entrega y la flexibilidad para la adaptación de los cambios. Para el objetivo de costos, Heizer y Render (2009), mencionan que una de las herramientas utilizadas en este enfoque es la programación lineal, de hecho, incorpora suplementos específicos del uso de esta herramienta en diversos ámbitos de las operaciones, para optimizar objetivos como la minimización de costos.

Chase, Jacobs y Aquilano (2006) alertan sobre la existencia de una potente herramienta para hacer modelos matemáticos en sintonía a la clave de operaciones rentables: aprovechamiento máximo de los recursos. Esta premisa coincide con uno de los objetivos prioritarios del clúster textil analizado “Fortalecimiento de los procesos de producción”, con la meta del aumento de la productividad.

Una de las características importantes en estos procesos de mejoramiento es la innovación. De Felice, Petrillo y Monfreda (2013) definen la innovación como un proceso necesario en los cambios continuos para contribuir al crecimiento económico en la industria de la manufactura, por lo que este caso empresarial logró un acercamiento académico – empresarial en la construcción de un modelo para la medición de los niveles de productividad en relación al diagnóstico de las categorías en operaciones, las máximos niveles de productividad esperados y a la factibilidad operativa ponderada entre las categorías en operaciones.

En este sentido, la metodología del estudio contempló un enfoque mixto, acerca del cual Hernández, Fernández y Baptista (2014) establecen que el objetivo del enfoque mixto no es reemplazar a la investigación cualitativa ni a la cuantitativa, sino utilizar las fortalezas de ambas; en sí, el estudio combinó el método cualitativo en la de construcción matemática del modelo de programación lineal para el desarrollo de escenarios que permiten la toma de decisiones en operaciones relacionadas con metas de productividad del clúster textil.

## 2. Método

Este trabajo relacionado con un caso empresarial aplicó un método de investigación mixto, en el que se considera la estrategia de combinación, que según Sandín (2003), el resultado obtenido en uno de los métodos se incorpora en alguna fase del desarrollo del segundo método, lo que permite aumentar el nivel de calidad del método final.

En particular, el primer método contempló el uso de la teoría fundamentada, que de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), las teorías sustantivas de este método son de naturaleza local, que por ser un enfoque cualitativo puede aportar categorías del proceso de decisiones en operaciones, para entregar soportes al problema de investigación en cuanto a la productividad del clúster y en cuanto al segundo método, se tiene la creación de un modelo que incorpora una serie de fases, según Hillier y Lieberman (2010), estas fases van desde la formulación y definición del problema hasta las pruebas, el mejoramiento e implementación.

Estos métodos configuran la fase fundamental para la obtención de la estructura epistemológica y práctica para el análisis de un proceso de operaciones en el clúster textil, conformado por diez empresas, por lo que el estudio incorporó a diez gerentes de operaciones (uno por cada empresa), que participan en el desarrollo de entrevistas con preguntas dirigidas a establecer las técnicas en administración de operaciones, su relevancia en la incidencia de la productividad del clúster, el diagnóstico para cada área de operaciones y las metas del clúster para el mejoramiento de la productividad.

### 2.1. Etapa 1:

En cuanto a la teoría fundamentada, luego de seguir el procedimiento que propone Hernández, Fernández y Baptista (2014), desde preguntas no estructuradas hasta entrevistas estructuradas (Ver Figura 1), en este proceso se tomaron en consideración interrogantes abiertas como:

1. ¿Cuáles son las decisiones más relevantes en el ámbito de operaciones que pueden impactar la productividad de su empresa y la del clúster al cual pertenece? - meta: Identificar áreas de operaciones y categorías en técnicas
2. ¿Cómo jerarquiza la relación entre las decisiones más relevantes en el ámbito de operaciones? – meta: Obtener los niveles de importancia de las áreas y categorías.

**Figura 1: Proceso de la teoría fundamentada**



Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014) p. 206

### 2.2. Etapa 2:

Con respecto al desarrollo del modelo, luego de la indagación de las diferentes aplicaciones en negocios de la investigación de operaciones propuesto por Nag (2014), se selecciona la técnica de la programación lineal como alternativa viable para la construcción de un modelo que entregue respuestas al objetivo planteado por el clúster textil “Análisis de sensibilidad para la toma de decisiones en el contexto de la producción”, mediante la maximización del impacto de las categorías de las técnicas de administración de operaciones en la productividad del clúster textil 2019 - 2020.

Kulej(2011), formula aplicaciones de la investigación de operaciones de forma extensiva hacia la administración de procesos, en particular hacia el contexto de la manufactura (producción). De este autor se consideran tres fases para la construcción metodológica del modelo en programación lineal:

**2.2.1. Fase 1:** Definición del problema y la reunión de los datos relevantes: En esta fase se inserta el estudio desarrollado mediante la teoría fundamentada, más el diseño y aplicación de una entrevista semiestructurada para obtener el diagnóstico valorativo de cada una de las decisiones en operaciones para cada empresa.

**2.2.2. Fase 2:** Formulación de un modelo matemático de programación lineal para representar el problema: Taha (2012), indica que todo problema de programación lineal tiene tres componentes básicos:

Las incógnitas o variables que se desean obtener como solución al problema: Para el caso estudio son definidas hacia los aportes significativos de las decisiones a través de las técnicas de operaciones que pueden incidir en la productividad del clúster. Para guardar consistencia con las valoraciones efectuadas en los procesos de entrevistas a gerentes de operaciones, los aportes van desde 1 a 5 en una escala de Likert (escalamiento de cinco categorías, donde 1 representa la menor valoración y 5 la máxima valoración).

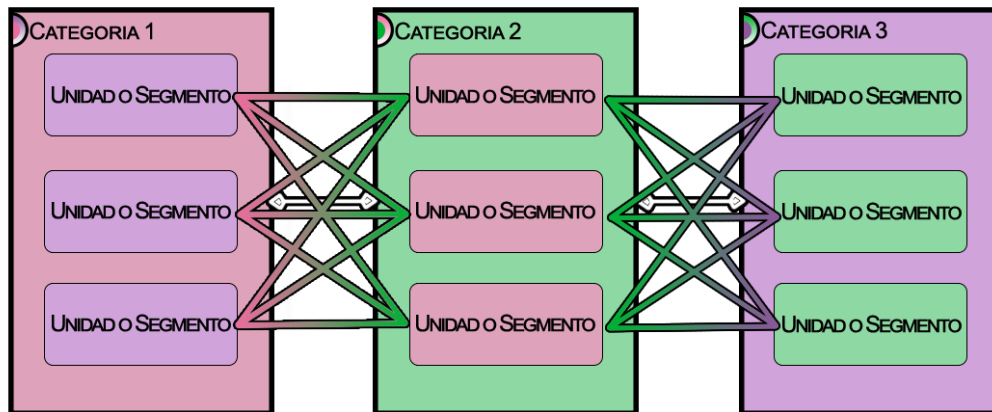
La meta u objetivo que se maximizará o minimizará: Para el caso del estudio es maximizar el impacto de las categorías o técnicas de decisión en operaciones en la productividad del clúster. Lo que permite un desarrollo de análisis de sensibilidad para el abordaje de brechas en categorías de operaciones.

Para las restricciones, limitaciones o parámetros se incorporan tres categorías que limitan el proceso de solución del modelo a tres parámetros que le entregan metas de productividad en técnicas, el perfil de diagnóstico y la factibilidad operativa ajustada a metas de productividad del clúster.

En el caso estudio en función al objetivo de establecer los rangos factibles de las categorías de operaciones, se consideraron las metas de productividad del clúster para cada una de las técnicas en operaciones, lo que actúa como un regulador asociado a las valoraciones máximas posibles a obtener en las productividades, es decir, se establece el techo o tope en la valoración. Por otro lado, se tienen los perfiles del diagnóstico valorativo realizado en la fase uno en cada una de las áreas de decisiones en operaciones del clúster (diagnóstico valorativo de cada una de las decisiones en operaciones para cada empresa), a través del cual se identifican la mínima valoración o valor actual de las técnicas bajo las condiciones iniciales.

Adicionalmente, se incorpora la factibilidad operativa ponderada entre las categorías en operaciones, Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan los cruces entre categorías que se pueden efectuar de manera comparativa a los resultados obtenidos en la entrevista a los gerentes de operaciones (Ver figura 02). Que, comparadas bajo el proceso de jerarquía analítica, descrito por Taha (2012), se logra obtener los pesos comparativos ponderados que involucra la factibilidad operativa para la consecución de metas en productividad del clúster.

**Figura 2: Comparación de las categorías**



Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014) p.442

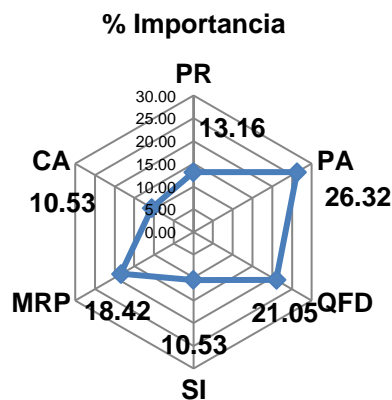
**2.2.3. Fase 3: Desarrollo del procedimiento para derivar en una solución del problema:** En el caso estudio se utilizó como herramienta de cálculo Excel, específicamente mediante el complemento Solver. En este punto se optimiza la situación original mediante la ponderación para la meta de productividad minimizando la función objetivo, con el fin de ubicar el nivel de productividad actual del clúster.

### 3. Resultados

#### 3.1. Etapa 1: Teoría Fundamentada

Según Barrientos et al. (2019), uno de los resultados concluyentes de la primera etapa es la emergencia de categorías, los resultados del estudio conllevaron a establecer seis categorías en técnicas de administración de operaciones vinculadas a las decisiones más relevantes para impactar en la productividad de las empresas. Estas categorías establecen seis técnicas en operaciones: sistemas de inventarios (SI), pronósticos (PR), planeación agregada (PA), planeación de requerimiento de materiales (MRP), curvas de aprendizaje (CA) y despliegue de la función de calidad (QFD). En la siguiente figura se muestran los pesos obtenidos por técnica en relación al impacto en la productividad:

**Figura 3: Ponderación relativa de las categorías en Operaciones**



Fuente: Elaboración propia

Del análisis de las ponderaciones se logra la jerarquización entre las decisiones en operaciones y su relación con las seis técnicas (categorías) que impactan la productividad del clúster, obteniéndose la siguiente relación de importancia:

**Tabla1: Jerarquización de las categorías en Operaciones**

Planeación agregada (PA)	0.2632
Despliegue de la función de calidad (QFD)	0.2105
Planeación de requerimientos de materiales (MRP)	0.1842
Pronósticos (PR)	0.1316
Sistemas de Inventarios (SI)	0.1053
Curvas de aprendizaje (CA)	0.1053

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Etapa 2:

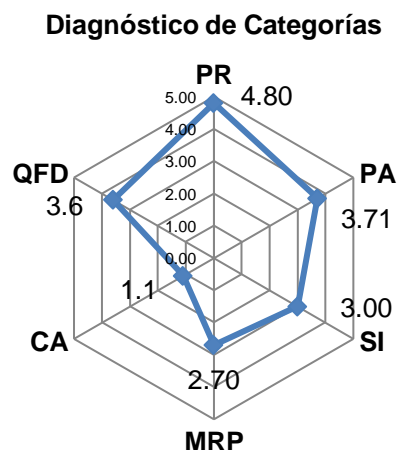
#### 3.2.1. Fase 1: Definición del problema y la reunión de los datos relevantes

Teniendo identificado el problema con el objetivo del clúster en términos productivos, la definición del problema se fundamenta en la ausencia de un modelo, que permita el análisis de sensibilidad para la toma de decisiones en el contexto de la producción, mediante la maximización del impacto de las categorías de las técnicas de administración de operaciones en la productividad del clúster textil 2019 – 2020. En la reunión de datos relevantes se tienen:

La incorporación de la información de la “Ponderación relativa de las categorías de operaciones”, obtenida de la etapa uno, correspondiente en la recolección de datos relevantes para la construcción del modelo relacionado al objetivo matemático.

Para los requerimientos básicos o mínimos de valoración de las categorías, se toma en consideración los resultados de las entrevistas a los diez gerentes para el diagnóstico de las categorías en operaciones. En la Figura 4, se observan las valoraciones obtenidas en cuanto al nivel de utilización de las categorías en las empresas del clúster.

**Figura 4: Resultados del diagnóstico de las categorías en Operaciones**



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los valores máximos esperados en aporte al nivel de productividad de las categorías, guardando consistencia con los esquemas de valoración de las fuentes de información y en sí con la estructura del modelo, se tiene que el tope o mayor valor esperado para cada categoría es de 5 (máxima valoración del Escalamiento de Likert con cinco categorías).

Para la factibilidad operativa ponderada entre las categorías en operaciones, se desarrolló el proceso de jerarquía analítica con los resultados de la entrevista a gerentes de operaciones, obteniéndose la siguiente matriz:

**Tabla 2: Factibilidad operativa ponderada**

	PR	PA	SI	MRP	CA	QFD	Media
PR	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.25	0.254
PA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.196
SI	0.19	0.19	0.19	0.19	0.2	0.19	0.19
MRP	0.16	0.16	0.16	0.16	0.2	0.16	0.159
CA	0.14	0.14	0.14	0.14	0.1	0.14	0.143
QFD	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.058

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Fase 2: Variables de decisión

Por cada una de las categorías establecidas por los gerentes para la toma de decisiones en el ámbito de operaciones, se establecen las siguientes variables de decisión:

**Pronósticos (PR):** Aporte significativo de las decisiones en pronósticos para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Planeación agregada (PA):** Aporte significativo de las decisiones en planeación para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Despliegue de la función de calidad (QFD):** Aporte significativo de las decisiones en el despliegue de la función de calidad para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Sistemas de Inventarios (SI):** Aporte significativo de las decisiones en sistemas de inventarios para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Planeación de requerimientos de materiales (MRP):** Aporte significativo de las decisiones en planeación de requerimientos de materiales para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Curvas de aprendizaje (CA):** Aporte significativo de las decisiones en curvas de aprendizaje para el impacto de la productividad del clúster textil.

**Función objetivo:** Dada la importancia de maximizar el impacto de las categorías en el aumento de la productividad del clúster, bajo las características de la programación lineal se establece la siguiente función objetivo que refleja el aporte neto significativo de las decisiones en operaciones para el impacto de la productividad del clúster textil en donde se considera el nivel de importancia según técnica:





Lo importante es que el modelo establece proporcionalmente la jerarquización de esfuerzos con el objeto de planear sistemáticamente el logro de mayores niveles de productividad. Por ejemplo, para una meta del 75% en las restricciones de factibilidad del modelo, la optimización indica que las brechas a cerrar con respecto al mínimo actual ya diagnosticado son en las categorías de planeación con 1.29, sistemas de inventarios con 2.00 y curvas de aprendizaje con 0.3, por lo que, tanto el clúster como sus empresas ya tienen una orientación específica en qué categoría y en qué proporción debe definir sus esfuerzos para mejorar su desempeño productivo.

**Tabla3: Corrida del modelo para una meta de 75% en productividad**

PR	PA	SI	MRP	CA	QFD	Max productividad 392.1
4.8	5	5	2.7	1.4	3.6	
13.16	26.32	21.05	10.53	18.42	10.53	

							Lizq	≥	Lder
PR	1						4.8	≥	4.80
PA		1					5	≥	3.71
SI			1				5	≥	3.00
MRP				1			2.7	≥	2.70
CA					1		1.4	≥	1.1
QFD						1	3.6	≥	3.6
PR	1						4.8	≤	5
PA		1					5	≤	5
SI			1				5	≤	5
MRP				1			2.7	≤	5
CA					1		1.4	≤	5
QFD						1	3.6	≤	5
FPR	¼	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	5 5/7	≤	5 5/7
FPA	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	4 3/7	≤	4 3/7
FSI	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	4 2/7	≤	4 2/7
FMRP	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	3 4/7	≤	3 4/7
FCA	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	3 1/5	≤	3 1/5
FQFD	5/86	5/86	5/86	5/86	5/86	5/86	1 1/3	≤	1 1/3

- Conjunto de restricciones del mínimo actual
- Conjunto de restricciones del máximo deseado
- Conjunto de restricciones de factibilidad

Fuente: Elaboración propia

Para una meta de productividad del 75%, se obtienen los resultados de los aportes de productividad significativos de cada categoría para generar un aporte neto ponderado significativo a la productividad del clúster de 392.1, valor que supera a las condiciones iniciales (nivel de productividad del 63,04% se traduce a un aporte neto de 310.6), es decir una diferencia de 81.5 unidades.

### 3.2.3.2. Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad se realizaron un total de diez corridas del modelo formulado. Estas corridas obedecen a las metas organizacionales para el mejoramiento de la productividad, la que inicia en un valor mínimo del sesenta y tres por ciento del valor ponderado para cada una de las categorías en las restricciones de factibilidad y finaliza en un 100%.

En la siguiente tabla se observan las diferentes corridas realizadas, en donde para el primer caso la solución da como resultado los valores diagnosticados en las empresas del clúster bajo las condiciones exigidas del modelo, es decir, el nivel de productividad para una brecha nula es de 63,04% (condiciones iniciales evaluadas en el conjunto de empresas del clúster). Esta condición de solución actual se puede mejorar o se quebranta (se vuelve factible para el modelo de programación lineal) a partir de una meta de productividad para el clúster  $\geq 63,04\%$ , por lo que los resultados de la simulación se observan soluciones óptimas a partir de metas superiores al 65%.

**Tabla4: Análisis de sensibilidad y brechas en categorías para diversas metas de productividad del clúster textil**

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD							BRECHAS						
	PR	PA	SI	MRP	CA	QFD		PR	PA	SI	MRP	CA	QFD
63	4.80	3.71	3.00	2.70	1.10	3.60	63	Brechas nulas					
65	4.80	4.30	3.00	2.70	1.10	3.60	65	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
70	4.80	5.00	3.80	2.70	1.10	3.60	70	0.00	1.29	0.80	0.00	0.00	0.00
75	4.80	5.00	5.00	2.70	1.40	3.60	75	0.00	1.29	2.00	0.00	0.30	0.00
80	4.80	5.00	5.00	2.70	2.90	3.60	80	0.00	1.29	2.00	0.00	1.80	0.00
85	4.80	5.00	5.00	2.70	2.90	3.60	85	0.00	1.29	2.00	0.00	1.80	0.00
90	5.00	5.00	5.00	3.40	5.00	3.60	90	0.20	1.29	2.00	0.70	3.90	0.00
95	5.00	5.00	5.00	4.90	5.00	3.60	95	0.20	1.29	2.00	2.20	3.90	0.00
100	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	100	0.20	1.29	2.00	2.30	3.90	1.40

Fuente: Elaboración propia

Naturalmente en la medida que se desea una meta de productividad más alta (superior), el impacto de cada una de las categorías para la maximización de la productividad del clúster es más exigente, es decir, implícitamente se deben realizar mayores esfuerzos.

Otro tipo de análisis de sensibilidad que se puede considerar es utilizando las herramientas propias de la programación lineal como son: los intervalos de sensibilidad para los coeficientes de las variables de decisión en la función objetivo, la clasificación en restricciones activas e inactivas, el uso de precios

sombra o precios duales para interpretar el impacto en la productividad del clúster al tener cambios en los parámetros de las restricciones del modelo, entre otros aspectos. Este proceso será realizado hacia una segunda etapa prevista en el proyecto de investigación en desarrollo.

#### **4. Conclusiones**

La combinación de métodos de investigación contribuye al fortalecimiento de los procesos investigativos. El caso estudio demostró la posibilidad de incorporar resultados de un enfoque cualitativo en algunas etapas del enfoque cuantitativo, lo que permitió la reunión de datos e información relevante para el modelo de medición de productividad del clúster.

La disposición y contribución multidisciplinaria minimiza la distancia académica – empresarial en el que un conjunto de gerentes de operaciones junto a profesionales académicos estructuran una vía investigativa con fines prácticos.

El modelo obtenido es capaz de optimizar metas en niveles de productividad deseados del clúster textil, considerando, la maximización de las contribuciones de las categorías en operaciones (aportes significativos ponderados), tomando en cuenta el diagnóstico de las categorías en operaciones, los máximos niveles de productividad esperados y la factibilidad operativa ponderada entre las categorías en operaciones.

Para cada una de las metas factibles al modelo, se tiene como proceso de optimización los resultados del nivel de productividad a abordar según cada categoría. Esto permite la dosificación de esfuerzos a categorías específicas según la solución dada y la cuantificación de las brechas a cubrir en cada una de las mismas.

El análisis de sensibilidad desarrollado puede ser complementado incorporando o utilizando algunas herramientas propias de la programación lineal, lo que puede generar mejores vestigios de mejoramiento para cada una de las opciones planteadas con respecto a niveles de productividad del clúster. Esta vía es complementaria para los procesos de toma de decisiones del clúster textil.

Con el modelo obtenido, se puede avanzar a otros niveles de análisis y de complemento para obtener la traducción de los resultados globales a resultados particulares en cada una de las diez empresas analizadas.

## 5. Referencias

- Barrientos, E. J., Franco, M. C., Buelvas, E. D., Morris, L. H., Franco, J. C. & Bautista, H. M. (2019) Theorization on case studies in business intelligence management on intellectual capital. IV International Congress / Days of Applied Mathematics. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1160 012011. doi:10.1088/1742-6596/1160/1/012011
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. & Aquilano, N. J. (2006) *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros (12ªed)*. México: McGraw Hill.
- De Felice, F., Petrillo, A. & Monfreda, S. (2013) *Operations Management, The open University of Hong Kong*. Original source: InTech. Obtenido de: <http://www.intechopen.com/books/operations-management>
- Heizer, J. & Render, B. (2009) *Principios de administración de operaciones (7ªed)*. México: Pearson Educación.
- Hernández, R. M. (2014) La investigación cualitativa a través de entrevistas: su análisis mediante la teoría fundamentada. Universidad Internacional de la Rioja (España). Secretariado de publicaciones, Universidad de Sevilla. Cuestiones Pedagógicas 23, 2014, pp 187-210. Obtenido de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1160/1/012011/pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014) *Metodología de la investigación (6ªed)*. México: McGraw Hill.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010) *Introducción a la Investigación de Operaciones (9ª ed)*. México: McGraw Hill.
- Kulej, M. (2011) *Business Information Systems*. Wrocław University of Technology. ISBN 978-83-62098-83-5. Published by PRINTPAP Łódź. Obtenido de: [www.printpap.pl](http://www.printpap.pl)
- Nag, B. (2014) *Business Applications of Operations Research*. Business Expert Press, LLC, 2014. ISBN-13: 978-1-60649-527-8. Obtenido de: <https://hvtc.edu.vn/Portals/0/files/636076312329739612Businessapplicationsofoperationsresearch.pdf>
- Sandín, M. P. (2003) *Investigación cualitativa en la educación, fundamentos y tradiciones*. España: McGraw Hill.
- Schroeder, R. G., Meyer, S. & Rungtusanatham, M. J. (2011) *Administración de operaciones (5ªed)*. México: McGraw Hill.
- Taha, H. (2012) *Investigación de Operaciones (9ªed)*. México: Pearson Educación.