NIVELACION DE LA DEMANADA Y PRODUCCION BASADA EN JUEGOS COOPERATIVOS DE UTILIDAD TRANSFERIBLE

(LEVELING OF DEMAND AND PRODUCTION BASED ON COOPERATIVE GAMES WITH TRANSFERABLE UTILITY).

Darwin Young, Giovanni Lizarraga, Pedro Pérez

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales
Ciencia y Tecnología # 790, Fracc. Saltillo 400
Saltillo, Coahuila, México. Tel: 844-4113200
dyoung@comimsa.com

Resumen

La globalización de los mercados económicos, provoca que las compañías tengan la necesidad de mejorar sus sistemas productivos y generar procesos para la planeación de la demanda y programación de la producción que les permitan mantener flujos de efectivo para afrontar sus compromisos financieros y no la creación de altos inventarios. El enfoque del presente trabajo se basa en la viabilidad del uso de teoría de juego para determinar estrategias que permitan generar alternativas de negociación con proveedores, o inter-plantas, para generar puntos de equilibrios que permitan reducir los inventarios de producto terminado, cumplir con entregas y mantener niveles óptimos de satisfacción de clientes. Además de generar un proceso de toma de decisiones basados en la producción para cubrir ordenes de compra o para llenar inventarios. La propuesta de la aplicación de juegos de transferencia de utilidad dentro de las cadenas de suministro considera la integración de factores o variables de la cadena de valor global que pueden producir deficiencias, generando matrices de ganancia que permiten la toma de decisiones sobre las estrategias posibles en el proceso de nivelación de la demanda y programación de la producción.

Abstract

The globalization of economic markets, causing companies need to improve their production systems and create processes for demand planning and production scheduling to enable them to maintain cash flows to meet its financial commitments and not the creation of high inventories. The focus of this work is based on the feasibility of using game theory to determine strategies to generate alternatives for negotiation with suppliers, or inter-plants, to generate points of equilibrium to reduce inventories of finished product, meet delivery and maintain excellent levels of customer satisfaction. Besides generating a decision-making process based on production to meet purchase orders or to fill inventories. The proposal for the implementation of transfer utility games within supply chains considers the integration of factors or variables in the global value chain that can cause failures, generating a payoff matrix that allow decisions on possible strategies in the leveling process of demand and production scheduling.

Palabras Clave: Juegos Cooperativos, Planeación de la Demanda, Programación de la Producción.

1. Introducción

Actualmente, las empresas requieren mejorar sus sistemas productivos para ser competitivos ante la globalización de los mercados económicos, esto provoca que las compañías tengan que mantener flujos de operaciones lo más ágiles posibles y niveles de inventario reducidos para no afectar el flujo de efectivo de las empresas; dentro de la cadena global de suministro se presenta que los procesos de planeación de la demanda y programación de la producción presentan problemas al no tener identificados los factores que producen incertidumbre y que en la mayoría de los casos terminan con la generación de altos inventarios.

Dentro del proceso de planeación, generalmente intervienen diferente áreas de una compañía, y en muchas ocasiones al no se considerar las variables de incertidumbre, se tienen programas que deben ajustarse durante el periodo de producción, generando ineficiencias que terminan con inventarios de proceso y producto terminado superiores a los inventarios presupuestados, además de provocar incumplimientos de entregas de productos e insatisfacción de clientes. Cada vez que se modifica un plan de producción, el efecto que se obtiene es un incremento en el punto de equilibrio de la planta, como resultado de las ineficiencias por urgencias de materia primas, paros de proceso por cambios de producto, desviaciones de materiales entre otros factores.

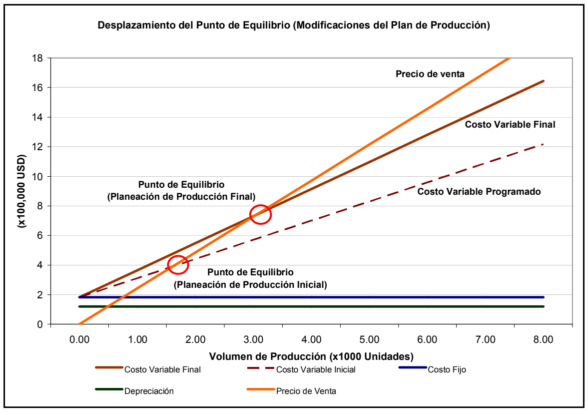

Fig. 1. Desplazamiento del Punto de Equilibrio por modificaciones en programa de producción.

En la figura 1, se muestra el desplazamiento del punto de equilibrio al estar modificando un programa de producción, donde principalmente el costo variable de producción es el rubro afectado.

Lo anterior provoca que las áreas de programación de producción requieran tener la habilidad para adecuar los pronósticos de ventas a un proceso flexible que permita ajustar la programación de producción diaria a los niveles de ventas, sobre todo en aquellas compañías que tienen ventas por temporadas que sobrepasan su capacidad de producción, teniendo la necesidad de generar inventarios de producto terminado.

En general, los problemas de toma de decisiones o relativos a conflictos de intereses se caracterizan por la existencia de un grupo de individuos que se encuentran ante una situación que puede tener más de un desenlace, donde cada individuo tiene una determinada preferencia personal. Además, cada individuo controla alguna de las variables que determina el resultado final, aunque no controla la totalidad [1]. Cada una de estas situaciones se denomina juego. Dentro de un juego se considera la existencia de un número concreto de jugadores que se conocen y que están determinados todos los posibles resultados del juego, cada individuo tiene una preferencia entre los diferentes resultados que pueden expresarse en términos de función de utilidad y el objetivo de cada jugador es maximizar la utilidad obtenida tras el desenlace del juego.

El problema para cada área consiste en determinar la estrategia que debe seguir, de manera que su influencia parcial en el juego le resulte lo más beneficiosa posible. Ante esta situación se presenta la primera clasificación entre juegos: los cooperativos y los no cooperativos. La teoría de juegos no cooperativos se ocupa del comportamiento de los agentes del juego en situaciones en que la elección de la estrategia óptima de cada jugador depende del pronóstico sobre las elecciones de los oponentes y busca maximizar su propio beneficio desconociendo la elección efectuada por los demás.

En el caso de haber comunicación entre los jugadores, de manera que puedan negociar o establecer acuerdos que permitan formar coaliciones, entonces se trata de juegos cooperativos. En estas situaciones se considera como información básica la utilidad que cada coalición puede obtener coordinando las estrategias de sus integrantes, con independencia de la actuación del resto de los agentes del juego. Así, los acuerdos entre los miembros de cada coalición se encaminan a coordinar sus actuaciones o a redistribuirse los pagos o ganancias obtenidos. En un sentido amplio, la teoría de juegos cooperativos trata sobre las elecciones que los jugadores efectúan, o que deberían efectuar, para obtener resultados de equilibrio, así como aspectos relativos a la comunicación entre los jugadores o la formación de coaliciones entre los mismos.

Por otra parte, la redistribución de los pagos obtenidos será posible si la utilidad que se obtiene en un juego es transferible. Un ejemplo de utilidad transferible sería el pago en dinero, o en cualquier otro bien que pudiera dividirse tantas veces como fuera necesario; en contraposición a la utilidad transferible, existen situaciones en que la utilidad es un bien subjetivo referido a preferencias personales de los jugadores. De esta forma, si la utilidad es transferible, un único número permite describir las posibilidades estratégicas de cada coalición, entendiendo que a la hora de redistribuirse, las apetencias de cada jugador respecto a la utilidad disponible serán equiparables.

El presente trabajo se centra en juegos cooperativos con utilidad transferible. Una vez modelado el conflicto de nivelación de la demanda y programación de la producción mediante un juego especifico, el problema central que aborda la teoría de juegos en este campo consiste en la distribución de la totalidad de la utilidad disponible entre las diferentes áreas involucradas consideradas como los jugadores. Para dar respuesta a este planteamiento se emplea el desarrollo de matrices de evaluación para determinar la matriz de pagos correspondiente al juego, que será empleadas como referencia de la situación relativa de cada jugador dentro del juego y, en su conjunto, pueda ser comparada con otras posibles soluciones de la misma situación que puedan derivarse en enfoques diferentes en la distribución de la utilidad. El objetivo consiste en la generalización y el estudio de modelos y métodos que han mostrado su eficiencia en la obtención de soluciones para juegos cooperativos propuestas por Shapley o por Banzhaf [2], así como el desarrollo de propiedades derivadas de la generación de esos conceptos para la formación de coaliciones en el conjunto de jugadores y su calculo por medio de la extensión multilineal del juego.

El despliegue de la investigación es presentado de la siguiente forma, Definición de las variables del proceso de nivelación de la demanda y planeación de la producción. Matriz de Evaluación para proveedores. Matriz de flexibilidad de productos. Juego de forma extensiva finita. Transformación a juego de Utilidad Transferible. Equilibrios y distribuciones de pago. Por último, se analiza la relación entre las mejoras encontradas con la aplicación del presente modelo de juego y el índice de eficiencia global de competitividad de la empresa participante.

2. Definición de variables del proceso

La definición de las variables involucradas fue desarrollada sobre la cadena de valor, identificando inicialmente las variables de salida del proceso de nivelación de la demanda y producción:

- Inventario de producto terminado.
- Cumplimiento de Orden de Compra.
- Cumplimiento en tiempo de entrega.
- Relación entre Producción por ordenes y Producción para inventarios.

El inventario de producto terminado, considera el monto máximo aceptable, definido como limite de especificación.

Cumplimiento de orden de compra denota el satisfacer al 100%, el pedido de producto por parte de los clientes.

Cumplimiento de tiempo de entrega del pedido de acuerdo al compromiso con el cliente.

El proceso de abasto en una compañía puede basarse en dos tipos de modelos principalmente: Producción para inventarios (make to stock) o bien producción por ordenes de cliente para satisfacer una demanda (make to order). La relación entre producción por ordenes y producción para inventarios se considera como un indicador en porcentaje que denote la mezcla de producto producido para cada modelo, cuando la empresa tenga que hacer uso de ambos modelos de producción.

Cuando la naturaleza de la cadena de abasto es el crear inventarios se requiere de una serie de actividades de planeación que permitan determinar cual es la cantidad óptima en cantidad y mezcla requerida de productos, para lo cual se requiere un proceso robusto de planeación de la demanda. Por medio de la Planeación de la demanda se integran las estrategias, planes de ventas, promociones y todo aquello que impacte el comportamiento de la demanda y pueda pronosticar la demanda esperada en un período de tiempo determinado. Una vez que se realiza el proceso de planeación de la demanda, se convierte en el disparador del resto de los procesos necesarios dentro de la planeación de una cadena de abasto: planeación de la distribución, planeación de la producción y planeación de abastecimiento o compra de materiales [3, 4, 5, 6, 7]. Las aplicaciones para pronosticar predicen impactos en horizontes de tiempo basados en la experiencia del comportamiento de cada producto o elemento a evaluar, pero la administración de la demanda es hoy en día una actividad que puede incluir reposición de inventarios, planeación de ventas y operaciones y la integración de un proceso que cruza las áreas de mercadotecnia, Pedidos y sistemas de administración de clientes.

Los características de incertidumbre consideradas como variables de entrada del proceso de nivelación de demanda y producción son:

- Confiabilidad de pronósticos de venta
    - Demanda
    - Pronóstico
        - Introducción de nuevos productos
        - Planes de promociones
        - Cambios de precios
        - Depuraciones de portafolio
    - Oferta de servicio

- Planeación de la producción
    - Interacción con proveedores
        - Inventarios de seguridad
        - Penalizaciones
        - Calidad
        - Plan de tiempos de entrega
    - Maquilas Inter-plantas
        - Plan de producción de planta (1)
        - Logística de envío de materiales
        - Planeación del proceso de maquila
        - Logísticas entrega de materiales
    - Cambios al periodo en firme
        - Productividad
        - Materiales
        - Mantenimiento
        - Conversiones de producto
        - Reparaciones de producto

    - Capacidad de producción
        - Saturación de línea
        - Flexibilidad de producción

- Control de la Producción
    - Cedula diaria de producción
    - Disponibilidad de materia prima
    - Diseño de lote mínimo
    - Mezcla de producción
    - Disponibilidad de equipos
    - Maquilas

-Administración de pedidos
    - Pedidos detenidos por crédito
    - Pedidos por cita

- Control de almacén de producto terminado
    - Captura de producto
    - Espacio de almacén
    - Respuesta a cambios de producción

La planeación de la Demanda es un proceso que anticipa la demanda del mercado, pronosticando cuanto, que y en donde podrían venderse los distintos productos. Su objetivo principal es generar un pronóstico certero y confiable, identificando tendencias del mercado así como predecir cambios en los patrones de consumo de los clientes. El pronóstico es un componente crítico del plan de demanda, pues dispara el resto de procesos de la Cadena de Abasto y ayuda a eficientar los niveles de inventario. Un pronóstico más certero, da como resultado: Incremento en los niveles de servicio a clientes, reducción de costos de manufactura, almacenamiento y transporte, así como niveles de inventario balanceados.

Los recientes avances en procesos de planeación de la demanda han sido focalizados en captar el impacto de que producen en la demanda los cambios de precios y promociones, la introducción de un nuevo producto, la obsolescencia o racionalización de un producto, la intermitencia de la demanda así como la canibalización de mercados.

Se considera la planeación de la producción separada del control de producción, ya que el primero considera los requerimientos operativos para desarrollar el programa de producción a desarrollarse durante un periodo de tiempo, el segundo considerar los factores a controlar durante el desarrollo de dicho programa y que al presentar variaciones, generan modificaciones o ajustes al programa de manera reactiva.

3. Matriz de evaluación de proveedores

Al evaluar proveedores, la calidad entendida como cumplimiento de las especificaciones y adecuación al uso, de los productos suministrados por los proveedores es el primer y más importante factor para la evaluación y selección de proveedores. De su valoración depende, en gran medida, el grado de inspección en recepción al que se someterán dichos productos. La estabilidad y el mantenimiento de ese nivel de calidad en el tiempo también han de ser considerados [8, 9, 10].

El nivel de servicio en cuanto a rapidez, eficacia y flexibilidad en las entregas es otro factor importante, que afecta directamente al nivel de satisfacción de los clientes y que deberá influir fundamentalmente en la selección de un proveedor. El factor del precio también es tenido en cuenta, siempre que un menor coste no conlleve incumplimiento de requisitos que impliquen un descenso de calidad.

La evaluación de proveedores desde el punto de vista de la planeación de la demanda y programación de la producción, conlleva a otros factores de interés, ya que debe revisarse que tan importantes es el cliente para su proveedor, y el nivel de prioridad que tendrá ante una orden de compra por urgencia que se le solicite en caso de requerir ajustar un programa de producción. Así como el tiempo en que la misma planta revisa el producto proveniente del proveedor, ya que en ocasiones los tiempos muertos provocados por falta de materiales se provocan dentro de la misma planta por no tener los materiales disponibles por falta de inspección. Los factores a considerar dentro de la matriz de evaluación de determina con respecto a los materiales críticos, de la siguiente forma:

- Proveedor 1
- Origen del embarque
- Destino de la mercancía
- Planta donde se fabrica
- Tiempo de entrega negociado
- Tiempo de entrega real
- Tiempo de entrega "urgencias"
- Tiempo de tránsito
- Tiempo inspección calidad
- Nivel cliente para proveedor 1
- Tipo de producto
- Niveles de inventario del proveedor
- Niveles de inventario en planta
- Rechazos del proveedor
- Número de proveedores alternos

Con dichos factores se construye una tabla de contingencia ponderada. Una matriz de contingencia es una técnica empleada en problemas de probabilidad, en la que los individuos de una población se clasifican en función de algunas variables dentro de una matriz. La calificación obtenida sobre cada material crítico (S_i) es determinada por

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} a_j b_{i,j} \qquad (1)$$

Donde a_j denota la calificación dada en una escala del 1 al 10 para cada variable identificada por su importancia como factor clave consensuada dentro de la planeación de la producción.

$$a_j = \begin{cases} 10, \; 9, \; 8 & \Rightarrow \textbf{importancia alta} \\ 7, \; 6, \; 5 & \Rightarrow \textbf{importancia media} \\ 4, \; 3, \; 2, \; 1 & \Rightarrow \textbf{importancia baja} \end{cases} \qquad (2)$$

El coeficiente $b_{i,j}$ es la calificación otorgada a la relación entre la variable y el material crítico. Esta calificación es similar a la desarrollada en un QFD.

$$b_{i,j} = \begin{cases} 9 & \Rightarrow \textbf{relación alta} \\ 3 & \Rightarrow \textbf{relación media} \\ 1 & \Rightarrow \textbf{relación baja} \end{cases} \qquad (3)$$

La matriz de evaluación de proveedores bajo los parámetros antes mencionados será empleada como parte de la elaboración de la matriz de pagos, al emplear la teoría de juegos.

4. Matriz de flexibilidad de productos

En general, cuando se habla de sistemas de manufactura flexible se entiende como un proceso que permite la manufactura de una mezcla de productos, bajo los principios de manufactura esbelta y empleos de cambios rápidos (SMED), uso de tiempo takt, kanban, celdas de manufactura, entre otras herramientas, donde una de las principales consideraciones es tener un programa de producción estable.

Parte del interés de este trabajo es hacer énfasis en la flexibilidad de administración productiva, como la capacidad de una empresa para variar volumen, gama, mix, enfrentar picos de demanda estaciónales o puntuales y la habilidad para reaccionar ante las deficiencias de la planeación de demanda y programación de la producción, que puede presentarse en diversas empresas [11, 12].

El desarrollo de la matriz de flexibilidad de productos es una carta para el área de planeación de la producción para identificar las secuencias, y acciones a desarrollar ante la necesidad de tener que ajustar el plan de producción, minimizando los efectos por las desviaciones a realizar. Entendiendo como desviación toda aquella acción que salga del estándar establecido, desde sustituciones de materiales, reajustes de plantillas de trabajadores, ajustes en equipos. Por ejemplo, la empresas cuentan con los tiempos de cambios de modelos, pero no se tiene identificado bajo que secuencias se cumple dicho estándar (Fig. 2).

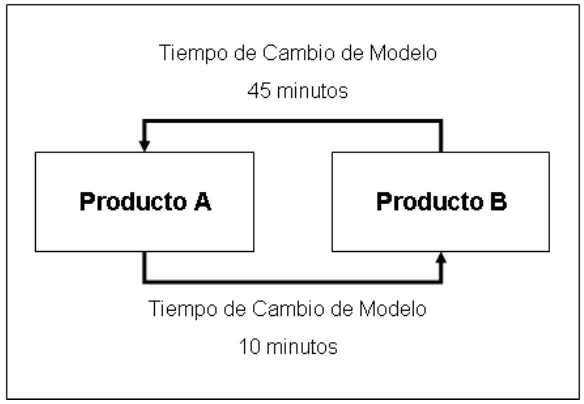

Fig. 2. Tiempo de cambio de modelo por secuencia.

De la misma forma, al cambiar un programa de producción un factor que realmente es afectado son las plantillas requeridas para la manufactura de cada modelo, lo cual puede provocar modificaciones a los tiempos de ciclo establecidos dado el ajuste o desbalance que se genera.

Los elementos que se consideran dentro de la matriz de flexibilidad de producto se basan en las evaluaciones sobre los siguientes puntos,

Flexibilidad de externalización: como la capacidad de la empresa de recurrir a proveedores externos para la realización de maquilas o modificación en los programas de producción de dichos proveedores.

Flexibilidad de volumen, o la capacidad de variar el volumen de producción de uno o más modelos, sin pérdida de los márgenes operacionales cuando hay retracción de demanda, o sin costos extraordinarios significativo, cuando hay expansión de producción y/o capacidad productiva. Este punto incluye la adecuación de plantillas por secuencias de cambios de modelos, además de indicar la flexibilidad para enfrentar variaciones estacionales de la demanda y producción de bienes.

Flexibilidad de gama, entendida como la capacidad de introducir y/o retirar piezas y componentes de línea, o de introducir modificaciones en los productos/componentes existentes. Denota la capacidad de producir bienes diversos a lo largo de un horizonte de tiempo mayor que la vida individual de cada producto, generando integración entre proyectos, diseños y fabricación del producto.

Flexibilidad de mezcla, que consiste en la capacidad de alterar la mezcla de producción dentro de una gama determinada de productos. Esto comprende las actividades de setup o tiempos de preparación de la producción, organización de abastecimiento de los insumos, adecuación de los planes de mantención, así como la capacidad de relocalizar la fuerza de trabajo en las líneas de producción.

Flexibilidad para enfrentar fallas del sistema productivo, que consiste en la capacidad de la empresa para resolver problemas tales como accidentes, deterioro de equipos, variaciones en la calidad de los insumos, escasez de recursos, etcétera. Esta flexibilidad es decisiva cuando se trata de producciones con temporalidad crítica (por ejemplo, en producción Justo a Tiempo) o que se caracterizan por su alto grado de automatización. En este último caso, se consideran alternativas de rutina del proceso productivo, en base a criterios de producción paralela, modular, redundante, en red o malla de líneas.

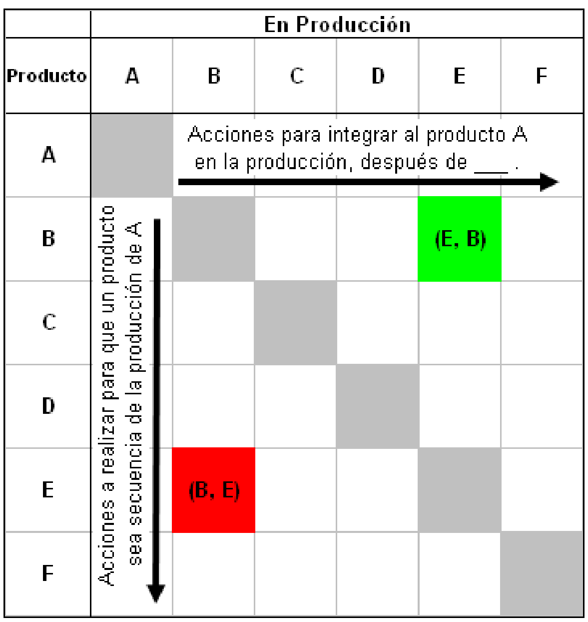

Fig. 3. Matriz de flexibilidad de productos (secuencias de producción).

La matriz de flexibilidad de productos (Fig. 3) denota las acciones a realizar para poder incorporar un cierto producto al programa de producción, dando la flexibilidad para enfrentar errores de previsión, con capacidad de rectificación o modificación de la secuencia y ritmo de producción, debido a fallas en la predicción de las ventas o en el uso de insumos, eliminado o reduciendo costos adicionales a la empresa. Cada celda denota un par coordenado, donde la abscisa denota el producto que esta en producción previo al producto a incorporar y la ordenada es el producto a incorporar. En el esquema mostrado el par (E, B), muestra una celda en verde, que indica que las acciones a realizar son menores a la especificación estándar de cambios de modelos. En el caso del par (B, E), muestra una celda en rojo, ya que los acciones y tiempos para dicho cambio son superiores al estándar de cambios de modelo.

5. Juego de forma extensiva finita

Un juego en forma extensiva especifica el orden completo de movimientos a través de la dirección del juego, que puede ser representado por un árbol de juego. La propuesta presentada es generar un juego para el problema de nivelación de la demanda y producción al considerar la participación de 3 jugadores o agentes.

Jugador 1 (J1), denota la toma de decisiones realizada por el área comercial de la empresa.

Jugador 2 (J2), denota la toma de decisión realizada por el área de producción de la empresa.

Jugador 3 (J3), denota la toma de decisión realizada por el área de abastecimiento.

Este juego es considerado dentro de los juegos n-personales finitos donde el equilibrio de Nash [13] es el concepto de solución más importante para este tipo de juegos. Aunque todo juego finito posee al menos un equilibrio de Nash, esta solución puede presentar diferencias con respecto al número de puntos de equilibrio, y forma en que tales equilibrios podrían estar relacionados o el hecho de que el resultado que proporcione el punto de equilibrio pueda no ser Pareto-óptimo. Para eliminar estas deficiencias del equilibrio de Nash debemos tener un nivel de cooperación entre los jugadores, de forma que se garanticen un resultado mejor que el que puedan obtener de forma independiente.

Se considera el espacio de todos los posibles resultados a obtener dentro del espacio de pagos del juego finito mediante estrategias mixtas conjuntas. Estas estrategias no sólo permiten generar cualquier pago del espacio, sino que también pueden utilizarse para mejorar el resultado en relación con un punto de desacuerdo no cooperativo que se determina como los pagos que pueden asegurarse los jugadores si actúan unilateralmente.

Algunas soluciones propuestas en juegos de negociación como la solución de Nash se asigna el punto del conjunto de pagos posibles que maximiza el producto de las utilidades obtenidas desde el punto de desacuerdo. En otros casos, las soluciones proporcionales [14], denominadas también αigualitarias, asignan el punto maximal factible para el cual las ganancias de utilidad de todos los agentes desde el punto de desacuerdo son proporcionales. La solución de Kalai-Smorodinsky [15], considera el punto cuyas utilidades son proporcionales a las expectativas más optimistas de los jugadores, y la solución igualitaria que proporciona las mismas ganancias de utilidad a los jugadores.

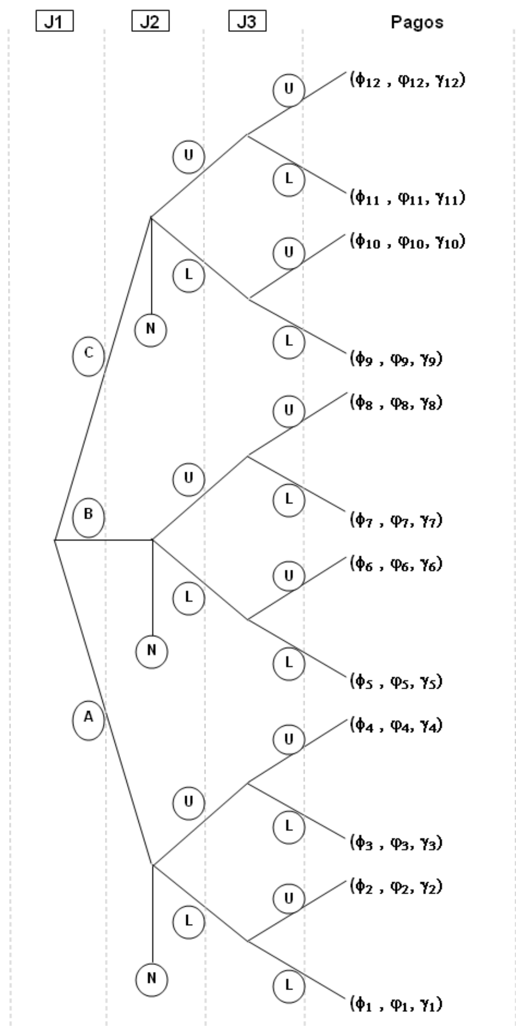

Fig. 4 .Propuesta de Juego Extensivo Finito 3 Jugadores para el problema de nivelación de la demanda y producción.

A, B, C son las alternativas del jugador 1 o área comercial para solicitar el ajuste del programa de producción, A es modificar solo la producción para llenar inventarios, B es la alternativa de modificar solo la producción por ordenes de compra, C denota la alternativa de modificar ambos partes del programa. U, L, N denotan las alternativas del jugador 2 o área de producción. U denota la alternativa de cumplir parcialmente el requerimiento del área comercial sobre el ajuste, L es alternativa que cumplir la completamente la solicitud. La alternativa N representa la negación del área de producción a realizar el cambio del programa, lo que provocaría que no se realice el juego. Para el jugador 3, área de abastecimientos, se emplea U para la alternativa de cumplir parcialmente con la entrega de materiales requeridos por el ajuste de programa, y L para el cumplimiento de entrega de materiales a producción.

La propuesta usada se basa en la aplicación del criterio maximin, dando lugar a soluciones α-maxmin [16], que proporcionan un resultado factible que maximiza el mínimo de las ganancias de utilidad ponderadas obtenidas por cada jugador.

Un juego n-personal finito [17], dado por el conjunto de jugadores, $N = \{1,\dots, n\}$, donde cada jugador, $i \in N$, con un número finito de alternativas o estrategias puras, r_i. Para $i \in N$, sea $S_i = \{e_i^1, \cdots, e_i^{r_i}\}$ el conjunto de estrategias puras del jugador i. Cuando cada jugador i elige su estrategia pura $e_i^{j_i}$, el resultado del juego es un vector n-dimensional $\left(a_i^{j_1,\cdots,j_n}, \cdots, a_n^{j_1,\cdots,j_n}\right)$, donde la componente i – ésima representa el pago obtenido por el jugador i. Denotando por Y_i al espacio de estrategias mixtas para el jugador i,

$$Y_i = \left\{ y_i \in R^{r_i} \middle| \sum_{j=1}^{r_i} y_i^j = 1, y_i^j \geq 0, \forall j = 1, \dots r_i \right\} \tag{4}$$

Las estrategias mixtas de los jugadores son distribuciones de probabilidad sobre el conjunto de sus estrategias puras. Si los jugadores no cooperan, cada jugador elige una estrategia de su espacio de estrategias mixtas, $y_i \in Y_i$, y la función de pagos se define en el producto cartesiano de los espacios de estrategias mixtas de los jugadores.

La función de pagos en el juego no cooperativo es una función vectorial multilineal,

$$f^{NC} : \prod_{i=1}^{n} Y_i \rightarrow R^n \tag{5}$$

Que puede escribirse como

$$f^{NC}(y_1, \dots, y_n) = \left(\sum_{j_1=1}^{r_1} \cdots \sum_{j_n=1}^{r_n} y_1^{j_1} \cdots y_1^{j_n}, \dots, \sum_{j_1=1}^{r_1} \cdots \sum_{j_n=1}^{r_n} y_1^{j_1} \cdots y_1^{j_n} \right) \tag{6}$$

Si se supone la cooperación entre jugadores, se consideran estrategias conjuntas que pueden formarse a través de dicha cooperación. Así, que el número de estrategias puras conjuntas que el juego tiene es

$$R = \prod_{i=1}^{n} r_i \tag{7}$$

El conjunto de estrategias se representan como

$$S = \prod_{i=1}^{n} S_i = \left\{\left(e_1^{j_1}, \cdots, e_n^{j_n}\right), e_i^{j_1} \in S_i, i = 1, \ldots, n, j_i = 1, \ldots, r_i\right\} \tag{8}$$

Análogamente, se extiende la definición de estrategia mixta conjunta como una distribución de probabilidad sobre el conjunto de las estrategias puras conjuntas. Así, mientras que en un juego no cooperativo, las estrategias mixtas son distribuciones de probabilidad de los jugadores elegidas independientemente, en un juego cooperativo las estrategias mixtas conjuntas son distribuciones de probabilidad elegidas en acuerdo. El espacio de decisión conjunto de los jugadores en un juego n-personal finito cooperativo es

$$Y = \left\{ y \in R^R, \sum_{i=1}^{R} y^k = 1, y^k \geq 0 \right\} \tag{9}$$

Donde cada componente de

$$y \in Y, y^k = y^{j_i, \ldots, j_n}, j_i \in \{1, \ldots, r_i\}$$

Representa la probabilidad de que los jugadores elijan la estrategia pura conjunta $\left(e_1^{j_1}, \cdots, e_n^{j_n}\right)$.

La función de pagos del juego cooperativo, definida en el espacio de estrategias mixtas conjuntas, es una función vectorial lineal,

$$f^C : Y \to R^n \tag{10}$$

Que puede escribirse como

$$f^C(y) = \left(\sum_{\substack{j_i=1 \\ i=1,\ldots,n}}^{r_i} y^{j_1,\ldots,j_n} a_1^{j_1,\ldots,j_n}, \ldots, \sum_{\substack{j_i=1 \\ i=1,\ldots,n}}^{r_i} y^{j_1,\ldots,j_n} a_n^{j_1,\ldots,j_n} \right) \tag{11}$$

Considerando estrategias mixtas conjuntas se consigue la convexión del conjunto de pagos del juego n-personal finito, ya que puede generarse cualquier combinación convexa de vectores de pagos obtenidos mediante estrategias puras. Esto es debido a que el espacio de estrategias mixtas conjuntas es compacto y convexo, y la función de pagos cooperativa es lineal, por lo que el conjunto de pagos es un poliedro cuyos vértices son los pagos correspondientes a las estrategias puras conjuntas de los jugadores. La región de pagos del juego n-personal cooperativo está formada por las combinaciones convexas de los pagos asociados a las estrategias puras.

Un juego de negociación n-personal se describe usualmente por un conjunto de agentes, N = {1,...,n}, y un par (S*,d) , donde $S \subset R^n$ es el conjunto de todos los posibles resultados del juego y *d* es el punto de desacuerdo, que representa el pago que los agentes obtendrán en caso de no llegar a un acuerdo. Una solución para un juego de negociación especifica un pago que los jugadores aceptarían bajo ciertos supuestos de racionalidad.

Asociado a un juego finito n-personal, definimos un juego de negociación (S*,d) , donde S* se corresponde con la región de pagos del juego cooperativo, esto es $S^* = f^C(Y)$. El punto de desacuerdo en un juego de negociación consiste en determinar los pagos que pueden asegurarse los jugadores si actúan unilateralmente, sin tener en cuenta la actuación de los demás. Si se trata de un juego bimatricial, estos pagos son los valores maximin del juego. En el caso de n jugadores, se propone obtener un nivel de seguridad, d_i , para cada jugador $i=1,...,n$, para lo que extendemos el concepto de los valores maximin de un juego de 2 jugadores.

La familia de soluciones α-maxmin se determina mediante el siguiente desarrollo

$$\Delta = \left\{ \alpha \in R^n : \sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1, \alpha_i > 0, i = 1, \ldots, n \right\} \tag{12}$$

Considerando $\alpha \in \Delta \therefore x \in S^*$,

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - d_i}{\alpha_i}, \forall i = 1, \ldots, n \tag{13}$$

$\tilde{x}_i$ denota las ganancias de utilidad para el jugador i desde el punto de desacuerdo ponderadas con pesos $1/\alpha_i$. El vector de utilidades ponderadas se representa por $\tilde{x} = (\tilde{x}_1, \ldots, \tilde{x}_n)$.

Para cada $x \in S^*$, sea $z(x) = \min_i \{\tilde{x}_i\}$, la menor utilidad ponderada que proporciona el resultado *x*.

Aplicar el criterio maxmin para obtener la solución del juego (S*,d), bajo la hipótesis de que las ganancias de utilidad puedan estar ponderadas bajo distintos pesos, consiste en hallar un resultado factible que maximice el mínimo de las ganancias de utilidad ponderadas obtenidas por cada jugador. Es decir, x es una solución α-maxmin, si la mínima ganancia de utilidad ponderada que genera es máxima. Obsérvese que la mínima ganancia puede alcanzarse en diferentes puntos factibles de *S**. Bajo determinadas condiciones sobre el conjunto de pagos, dado α∈Δ, la solución α-maxmin es única, y todos los agentes obtienen la mínima ganancia de utilidad ponderada. Las soluciones α-maxmin verifican la propiedad de Pareto-optimalidad débil. Además, para cada α∈Δ, una de ellas es Pareto-óptimo (Mármol).

De la definición anterior se deduce que las soluciones α-maxmin son soluciones del problema de optimización

$$\begin{aligned} &\max \min_{i=1,\ldots,n} \left\{ \frac{x_i - d_i}{\alpha_i} \right\} \\ &s.a \\ &x \in S^*, x \geq d \end{aligned} \tag{14}$$

ES equivalente a um problema lineal *(PM(α))*

$$\begin{aligned} &\max\{z\} \\ &s.a. \\ &\frac{x_i - d_i}{\alpha_i} \geq z, \forall i = 1,\ldots,n, x \in S^*, x \geq d \end{aligned} \tag{15}$$

Así, el conjunto de soluciones α-maxmin de un juego de negociación *(S*,d)*, puede obtenerse a partir de las soluciones del problema (PM(α)). La resolución de este problema se simplifica considerablemente cuando el juego de negociación es lineal, es decir, cuando el conjunto de pagos *S** es poliédrico, ya que se pueden utilizar las técnicas de la programación lineal para obtener las soluciones de negociación. Esta es la situación que se presenta en el juego de negociación que induce un juego n-personal finito, cuyo conjunto de pagos es un poliedro $f^{\epsilon}(Y)$.

Para el juego de nivelación de la demanda y producción mostrado en la figura 4, se obtiene la matriz de vectores de pagos cuando se consideran las estrategias puras de los jugadores, obteniendo

$$\begin{array}{cccc} & e_1^1 & e_1^2 & e_1^3 \\ e_2^1 e_3^1 & (\phi_1, \varphi_1, \gamma_1) & (\phi_5, \varphi_5, \gamma_5) & (\phi_9, \varphi_9, \gamma_9) \\ e_2^1 e_3^2 & (\phi_2, \varphi_2, \gamma_2) & (\phi_6, \varphi_6, \gamma_6) & (\phi_{10}, \varphi_{10}, \gamma_{10}) \\ e_2^2 e_3^1 & (\phi_3, \varphi_3, \gamma_3) & (\phi_7, \varphi_7, \gamma_7) & (\phi_{11}, \varphi_{11}, \gamma_{11}) \\ e_2^2 e_3^2 & (\phi_4, \varphi_4, \gamma_4) & (\phi_8, \varphi_8, \gamma_8) & (\phi_{12}, \varphi_{12}, \gamma_{12}) \end{array} \tag{16}$$

El conjunto de estrategias puras conjuntas es

$$S = \prod_{i=1}^{n} S_i = \left\{ \begin{array}{l} \left(e_1^{j_1}, \cdots, e_n^{j_n}\right), e_i^{j_1} \in S_i, \\ i = 1,2,3, j_1 = 1,2,3, j_{2,3} = 1,2 \end{array} \right\} \tag{17}$$

y el conjunto de pagos del juego de negociación asociado es un poliedro cuyos vértices son los pagos correspondientes a las estrategias puras conjuntas, es decir,

$$S^* = \left\{ \begin{array}{l} x = \sum_{j=1}^{12} y^j P^j, \sum_{j=1}^{12} y^j = 1, y^j \geq 0, \\ \forall j = 1,\ldots,12 \end{array} \right\} \tag{18}$$

Donde $P^1,\ldots,P^{12}$, son los vectores de pagos de la matriz del juego de nivelación de la demanda y producción. El punto de desacuerdo, $d=(d_1,d_2,d_3)$, se calcula el pago que cada jugador puede garantizarse independientemente de los otros jugadores. Para ello, se resuelven los 3 juegos bipersonales de suma nula, y el punto de desacuerdo para el jugador *i*, d_i, se obtiene como el valor del juego bipersonal de suma nula y matriz A(i), i= 1,2,3, que en este caso son

$$A(1) = \begin{bmatrix} \phi_1 & \phi_2 & \phi_3 & \phi_4 \\ \phi_5 & \phi_6 & \phi_7 & \phi_8 \\ \phi_9 & \phi_{10} & \phi_{11} & \phi_{12} \end{bmatrix} \tag{19a}$$

$$A(2) = \begin{bmatrix} \varphi_1 & \varphi_5 & \varphi_9 & \varphi_2 & \varphi_6 & \varphi_{10} \\ \varphi_3 & \varphi_7 & \varphi_{11} & \varphi_4 & \varphi_8 & \varphi_{12} \end{bmatrix} \tag{19b}$$

$$A(3) = \begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_5 & \gamma_9 & \gamma_3 & \gamma_7 & \gamma_{11} \\ \gamma_2 & \gamma_6 & \gamma_{10} & \gamma_4 & \gamma_8 & \gamma_{12} \end{bmatrix} \tag{19c}$$

Estas matrices representan los pagos que obtienen los jugadores con sus estrategias puras frente a las estrategias puras conjuntas de los otros jugadores. Resolviendo los juegos de suma nula correspondientes se obtienen d_1, d_2, d_3.

Una solución equitativa que maximiza el nivel mínimo de los jugadores, corresponde a la solución α-maximin para α = (1,1,1), donde el problema lineal (PM(α)) que proporciona la solución es:

$$\begin{aligned}
&\max\{z\}\\
&s.a\\
&\phi_1 y_1+\phi_2 y_2+\ldots+\phi_{12} y_{12}-d_1\geq z\\
&\varphi_1 y_1+\varphi_2 y_2+\ldots+\varphi_{12} y_{12}-d_2\geq z\\
&\gamma_1 y_1+\gamma_2 y_2+\ldots+\gamma_{12} y_{12}-d_3\geq z\\
&y_1+y_2+\ldots+y_{12}=1\\
&\phi_1 y_1+\phi_2 y_2+\ldots+\phi_{12} y_{12}\geq d_1\\
&\varphi_1 y_1+\varphi_2 y_2+\ldots+\varphi_{12} y_{12}\geq d_2\\
&\gamma_1 y_1+\gamma_2 y_2+\ldots+\gamma_{12} y_{12}\geq d_3\\
&y_j\geq 0,\forall j=1,\ldots,12
\end{aligned} \tag{20}$$

6. Transformación a juego de utilidad transferible

Un juego cooperativo con utilidad transferible [18], es un par (N, v) donde

1. $N = \{1, \ldots, n\}$ es el conjunto de agentes.

2. $v: P(N) \rightarrow R$ es la función característica que asigna a cada coalición $S \subset N$ un valor $v(S)$ que representa el beneficio que pueden alcanzar los jugadores o agentes de S si cooperan.

3. Se supondrá que el $v(\emptyset)=0$.

Al analizar un juego cooperativo, surge el problema de distribuir el beneficio de la cooperación, el valor $v(N)$ del juego, entre los n jugadores, es decir, como repartir $v(N)$ entre ellos. Un reparto es simplemente un vector $x=(x_1,\ldots,x_n) \in R^n$, donde cada componente x_i representa la cantidad asignada al jugador i. Un reparto $x=(x_1,\ldots,x_n) \in R^n$ será eficiente si distribuye el valor de la gran coalición $v(N)$ entre los jugadores, esto es, si $x_1+\ldots+x_n = v(N)$. Dado un reparto $x\in R^n$, la suma de las cantidades asignadas a los miembros de una coalición $S \subset N$ se denotará por $x(S)=\sum_{i\in S} x_i$.

Los teóricos de juegos han propuesto diversas formas de reparto [19] atendiendo a distintos criterios que pueden agruparse en dos tipos: las soluciones tipo conjunto y las soluciones puntuales.

La solución tipo conjunto más importante es el núcleo de un juego. Se dice que un reparto $x=(x_1,\ldots,x_n)\in R^n$ satisface la propiedad de racionalidad coalicional si asigna a cada coalición $S\subset N$ al menos lo que esta se puede asegurar sin la cooperación del resto de los jugadores, esto es, $x(S)\geq v(S)$. El núcleo, $C(v)$, es el conjunto formado por todos los repartos eficientes que, además, satisfacen la propiedad de racionalidad coalicional:

$$C(v)=\left\{\begin{array}{r} x\in R^n : x(N)=v(N), x(S)\geq v(S),\\ \forall S \not\subseteq N\end{array}\right\} \tag{21}$$

El núcleo de un juego puede ser vacío.

Una solución puntual, también denominada regla de reparto, es un procedimiento que selecciona una asignación única para un juego atendiendo a ciertos criterios o principios. La más importante es el valor de Shapley [20].

$$Sh_i(v)=\sum_{\substack{S\subset N\\ i\notin S}}\frac{s!(n-s-1)!}{n!}\left[v(S\cup\{i\})-v(S)\right] \tag{22}$$

En términos de expectativas el coeficiente

$$\frac{s!(n-s-1)!}{n!}=\frac{1}{n}\left(\frac{1}{c(s)}\right) \tag{23}$$

Donde $c(s)$ es el número de coaliciones de tamaño s a las que el jugador i se puede agregar. Por lo tanto el valores correspondiente de Shaplay para dicho jugador es la contribución marginal esperada por el jugador i a todas las coaliciones en las que puede participar, de acuerdo al siguiente procedimiento de formación de coaliciones: si los jugadores acceden en orden aleatorio a un punto de encuentro, se paga a cada jugador de acuerdo a su contribución marginal a la coalición formada por todos aquellos que hallan llegado antes que él. Si se consideran todos los órdenes posibles de llegada, el valor esperado de cobro de cada jugador es precisamente la cantidad que le asigna el valor de Shapley.

El valor de Shapley $Sh(v) = (S_1,\ldots, S_n)$ es la única regla de reparto que verifica las siguientes propiedades:

- Eficiencia: La solución reparte el valor de la gran coalición entre los jugadores.

- Simetría: Si dos jugadores tienen aportaciones equivalentes al juego, o sea, si son intercambiables, entonces han de recibir el mismo pago.

- Jugador nulo: Si un jugador i no aporta ningún beneficio adicional a los demás entonces debe recibir exclusivamente su aportación individual *v(i)*.

- Aditiva: Si el juego v puede descomponerse como suma de dos juegos v_1 y v_2 entonces el reparto final para cada jugador ha de ser la suma de las asignaciones a dicho jugador en los dos juegos v_1 y v_2.

A continuación se describen los pasos a seguir para calcular el valor de Shapley del juego de 3 jugadores, desarrollado para la nivelación de la demanda y la producción.

1. Escribimos todas las formas de ordenar a los 3 jugadores: 123, 132, 213, 231, 312, 321

2. Dado un jugador $i \in N$ y una coalición $S \subset N$ a la que no pertenezca i, es decir, $i \in S$, la contribución de i a la coalición S viene dada por $v(S \cup \{i\}) - v(S)$.

Supongamos que los jugadores llegan en un orden determinado y que a cada uno le adjudicamos su contribución al grupo de los que le preceden. Así, calculamos las llamadas contribuciones marginales de cada jugador asociadas a cada orden.

Tabla 1. Contribución marginal de jugadores

	Contribución marginal del jugador		
Ordenación	J1	J2	J3
123	$v(1)$	$v(12) - v(1)$	$v(123) - v(12)$
132	$v(1)$	$v(123) - v(13)$	$v(13) - v(1)$
213	$v(12) - v(2)$	$v(2)$	$v(123) - v(12)$
231	$v(123) - v(23)$	$v(2)$	$v(23) - v(2)$
312	$v(13) - v(3)$	$v(123) - v(13)$	$v(3)$
321	$v(123) - v(23)$	$v(23) - v(3)$	$v(3)$

Se cuenta con seis vectores en R^3, las filas de la tabla, uno por cada posible orden de llegada de los jugadores.

3. Se calcula el promedio de las aportaciones de cada jugador, sumando la correspondiente columna y dividiendo por 6. El resultado obtenido es el valor de Shapley. Por lo tanto, el valor de Shapley es el promedio de los vectores de contribuciones marginales.

7. Aplicación de los juegos a la nivelación de la demanda y producción

Para la aplicación de los juegos definidos previamente, se genera una estrategia para poder llenar los vectores de pago del juego extensivo mostrado en la figura 4. Así como los valores obtenidos en cada coalición del juego de utilidad transferible. En el siguiente diagrama de flujo se muestra la aplicación de los juegos.

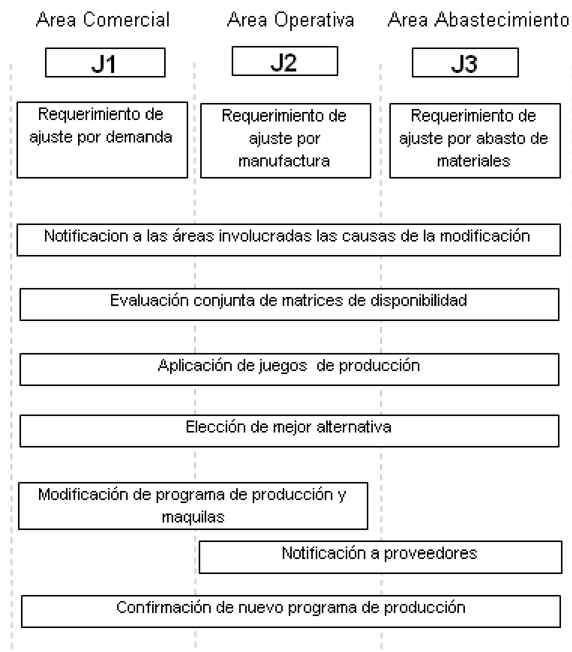

Fig. 5 .Proceso de Ajuste de Programa de Producción aplicando teoría de juegos.

El proceso de ajuste de nivelación de demanda y producción inicia con el requerimiento de cualquiera de las áreas al identificar fallas por una mala programación de la demanda, fallas de procesos de manufactura o desabasto de materiales. Generando una notificación a los involucrados para que revisen los parámetros correspondientes de sus procesos actuales. Posteriormente, se realizan las matrices de disponibilidad dende se involucran los criterios de la evaluación de proveedores (sección 3), y la matriz de flexibilidad de producto (sección 4). Generando una los vectores de ganancias para ser aplicados bajo los modelos de juego presentados.

Dado el resultado de equilibrio u optimización se ajusta el programa de producción a la alternativa propuesta por el modelo, la cual tiene como salidas de respuesta el inventario de producto terminado, el cumplimiento de ordenes de compra y tiempos de entrega, así como la relación entre producción por ordenes y producción para inventarios.

	Acciones	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Comercial	Flexibilidad de modificar demanda	Adecuación de producción por ordenes / producción por inventarios												
	Fexibilidad financiera	Liberacion de creditos a clientes para aceptar ordenes de compra												
	Flexibilidad de distribución	Adecuaciones de los procesos de logistica para envio de pédidos												
	Flexibilidad de nuevos productos	Incremento o reduccion de producción de nuevos productos en cédula												
Operaciones	Flexibilidad laboral	Factibilidad de ajustar plantillas de trabajadores entre lineas de producción												
	Flexibilidad de interrupción	Posibilidad de detener momentaneamente la producción												
	Flexibilidad de eficiencia	Posibilidad Mantener o mejorar la eficiencia o productividad del procesos de producción												
	Flexibilidad de respuesta	Tiempo de respuesta del sistema productivo (oferta de servicio)												
	Flexibilidad de volumen	Identificación de aumento o reduccion de volumen de unidades en inventario												
	Flexibilidad de parar	Posibilidad de abandonar produccion en proceso												
	Flexibilidad de mezcla	Posibilidad de aumentar o reducir gama de productos de cedula de producción												
	Flexibilidad de maquilas	Reajuste en paralelo de maquilas inter-plantas												
	Flexibilidad de sincronización	Secuencia de productos en nuevo programa de producción												
	Flexibilidad temporal	Adecuaciones adicionales por tiempo en que quiere hacerse el ajuste a la cédula de producción												
Abasto	Flexibilidad de proveedores	Factibilidad de cumplimiento por proveedores												
	Flexibilidad de suministro	Cambio de suministro/ materia prima/ localización de fuente de suministro												
	Flexibilidad de modificación	Identificación de desviaciones de materiales y costos inherentes por ajustes de cédulas												
		Evaluación Total	21	7	15	8	9	21	1	1	10	10	12	13

Fig. 6 Matriz de Disponibilidad basada en las alternativas de las áreas comercial, operación y abastecimiento.

La aplicación de una matriz de disponibilidad permite determinar la flexibilidad y acciones a realizar dentro de los parámetros identificados por las áreas comerciales, operaciones y abastecimientos, dados los procedimientos y especificaciones para cada toma de decisión.

La forma de evaluar dicha matriz, puede ser bajo diferentes ponderaciones, en este caso se emplea el criterio de la ecuación 3.

8. Discusión

Al realizar un proceso de decisiones apoyado bajo los conceptos de teoría de juegos, se tienen ventajas al obtener evidencia y conocimiento de:

- Flexibilidad y adaptación al realizar modificaciones en estructuras de coalición que general soluciones en un concepto más amplio.

- Estudiar el comportamiento de las variables de salida al determinar situaciones de cooperación modificada, ya sea por estructuras de coalición o por comunicación y caracterización de coaliciones.

- Ampliar las posibilidades de extensión multilineal de los juegos cooperativos en referencia al cálculo de soluciones en situaciones ajustes requeridos por distintos jugadores.

- Describir y cuantificar los juegos cooperativos que obtienen los mismos vectores de pagos por cualquier concepto de solución basado en medias ponderadas de las contribuciones marginales.

Se considera que la aplicación de juegos cooperativos de utilidad transferible son modelos que permiten analizar situaciones de conflicto y cooperación en situaciones de nivelación de la demanda y producción. Donde se propone que la aplicación de solución propuestas por Shapley, basadas en contribuciones marginales de cada jugador, ponderadas por los factores ponderados por la flexibilidad de sus variables criticas generan alternativas de toma de decisiones que permiten maximizar los beneficios de las cadenas de valor.

En futuras aplicaciones se extenderá al concepto de semivalores para modificar los juegos con estructuras de coaliciones basados en sistemas de referencia y extensiones de subgrupos de semivalores [21], generando estructuras geométricas para dichos estudios, buscando una generalización de situaciones de cooperación modificada sobre diferentes juegos de 3-jugadores para nivelación de la demanda y la producción.

Para llevar a cabo el proceso de nivelación se denota la importancia de la elaboración de matrices de evaluación de proveedores y matriz de flexibilidad de producto ya que detonan la variables criticas para estrablecer el ajuste de un programa de producción y poder adecuar un modelo de inventarios, basados en la relación de producción por ordenes y producción por inventarios. Por medio de la Planeación de la demanda se integran las estrategias de operación, planes de ventas, promociones y todo aquello que impacte el comportamiento del sistema productivo de la empresa, siendo el detonante del resto de los procesos necesarios dentro de la planeación de una cadena de abasto: planeación de la distribución, planeación de la producción y planeación de abastecimiento o compra de materiales. Dichos procesos una vez ejecutados se convertirán en producto terminado colocado estratégicamente en cada punto de almacenamiento, mismos que esperar la consolidación de la demanda esperada para poder ser colocados y entregado en los diferentes puntos de ventas con los clientes.

9. Conclusiones

El proceso de nivelación de la demanda y producción, es el proceso importante dentro de cualquier empresa. En función de la exactitud y precisión que se obtenga en pronosticar las cantidades de demanda esperada a futuro, la cadena de abasto tomará mejores decisiones y su desempeño será el adecuado, garantizando la disponibilidad en el punto de venta para satisfacer necesidades de clientes y consumidores. La actividad de pronosticar es un requisito indispensable para producir en función de lo que el mercado demandará y necesitará.

Al considerar el uso de juegos de cooperativos y de transferencia de utilidad, se presentan aspectos claves a considerar para asegurar el funcionamiento adecuado de un proceso de Planeación de la Demanda. En primer lugar se requiere contar con un proceso definido claramente, el cual contemple las diferentes fases en el proceso de planeación: Generación de un pronóstico base, integración de iniciativas, consenso, comunicación y retroalimentación. En segundo lugar, los roles de todos aquellos participantes deberán tener sus funciones definidas adecuadamente así como sus indicadores de desempeño y en tercer lugar se requiere de una herramienta tecnológica que soporte la administración de información y a su vez integre dicha información a lo largo de la cadena de abasto para ser usada en las matrices de disponibilidad que generan los vectores de ganancia en tiempo real.

El proceso desarrollado ha logrado mejorar los niveles de inventario, entregas a tiempo y nivelación de la producción al ajustar programas de producción basados en reformular los pronósticos en función de lecturas directas de la rotación y requerimientos de los productos, eficiencia operativa y adecuación del abastecimiento de materia prima.

Reconocimientos

Los autores agradecen el apoyo del *Grupo Industrial Saltillo* por las facilidades dadas para el desarrollo del proyecto de investigación del cual se desprende el presente artículo.

Bibliografía

[1] Meyer K. "Stakeholder Influence and Radical Change: A Coordination Game Perspective". *Asia Pacific Journal of Management*, Volumen 21, 2004, pp. 235–253

[2] Feltkamp V. "Alternative axiomatic characterizations of Shapley and Banzhaf values". International Journal of Game Theory, Volumen 24, 1995, pp. 179-186

[3] Fournier X., Agard B. "Improvement of earliness and lateness by postponement on an automotive production line". *International Journal of Flex Manuf Syst,* Volumen 19, 2007, pp. 107–121

[4] Youssef A., ElMaraghy H. "Optimal configuration selection for Reconfigurable Manufacturing Systems". *International Journal of Flex Manuf Syst,* Volumen 19, 2007, pp. 67–106

[5] Ou-Yang C., Chang M. J. "Developing an agent-based PDM/ERP collaboration system". *International Journal of Adv Manuf Technology*, Volumen 30, 2006, pp. 369–384

[6] Hinojosa M., Sánchez A. "Juegos de Investigación Operativa. El Juego de la Producción Lineal". *Departamento de Economía y Empresa. Universidad Pablo de Olavide*.

[7] Molina E., Tejada J. "LP Games with Committee Control: behavior of the core under direct market replication". *Fifth Spanish Meeting on Game Theory*, University of Seville, 2002

[8] Joshi A., Stump R. "The Contingent Effect of Specific Asset Investments on Joint Action in Manufacturer-Supplier Relationships: An Empirical Test of the Moderating Role of Reciprocal Asset Investments, Uncertainty, and Trust". *Journal of the Academy of Marketing Science*, Volumen 27 (3), 1999, pp. 291-305.

[9] Hernández R., José G. y García G., María J. "Matrices De Ponderación para la evaluación de proveedores". Documento presentado en el IV ICSE, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. 2007.

[10] Xiangtong QI. "two-stage production scheduling with an option of outsourcing from a remote supplier". *J Syst Sci Syst Eng*, Volumen 18(1), 2009, pp. 001-015

[11] Van Nieuwenhuyse I., Vandaele N. "A queueing model for a two-stage stochastic manufacturing system with overlapping operations". *Int J Flex Manuf Syst*, Volumen 17, 2006, pp.175–199

[12] Mukhin A. V., Tien Lap D. "Establishing the Basic Formulas in the Optimal-Specialization Model for a Production System". *Russian Engineering Research*, Vol. 28 (6), 2008, pp. 621–623

[13] Nash, J.F. "Equilibrium points in n-person games". Proceeding of National Academic of Science of the USA, volumen 36, 1950, pp. 48-49

[14] Kalai, E. "Proportional solutions to bargaining situations: interpersonal utility comparisons". *Econometrica*, Volumen 45, 1977, pp 1623-1630.

[15] Kalai, E., Smorodinsky M. "Other solutions to Nash's bargaining problem". *Econometrica*, Volumen 43, 1975, pp 513-518.

[16] Mármol A.M., Monroy L., Rubiales V. (2002). "Soluciones maximin en juegos de negociación n-personales". X Jornadas ASEPUMA, Madrid.

[17] Mármol A.M., Monroy L., Rubiales V. "Juegos finitos n-personales como juegos de negociación" Departamento de Economía Aplicada III. Universidad de Sevilla.

[18] Dragan I. "Potential and consistency for semivalues of finite cooperative TU games". International Journal of Mathematics, Game Theory and Algebra, Volumen 9 (2), 1999, pp. 85-87

[19] Nash, J.F. "The bargaining problem". *Econometrica*, Volumen 18, 1959, pp 155-162

[20] Shapley LS, "A value for n-person games". *Kuhn D, Tucker AW (eds) Contributions to the theory of games*, vol II. Annals of mathematics studies, vol 28. Princeton University Press, Princeton, (1953) pp 307–317

[21] Amer R., Carreras F. Magaña A., Owen G. "Multilinear extensions and quotients of simple games". Naval research Logistic, Volumen 43 (1), 1996, pp. 103 – 118