

## OPTIMIZACIÓN DE CADENA DE SUMINISTRO MEDIANTE CAMBIO DE PROVEEDOR EN ÉPOCA DE PANDEMIA SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION THROUGH SUPPLIER CHANGE IN TIME OF PANDEMIC

**Autores:** María Blanca Becerra Rodríguez<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-2463-8757>

Ángel Adad Franco Baltazar<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-9746-6709>

Arturo Hernández Hernández<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-7636-6488>

**Institución:** <sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro, México

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Campus San Juan del Río, México

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Querétaro, México

**Correo electrónico:** [maria.br@queretaro.tecnm.mx](mailto:maria.br@queretaro.tecnm.mx)

[angel.fb@sjuanrio.tecnm.mx](mailto:angel.fb@sjuanrio.tecnm.mx)

[arturo.hernandez@upq.mx](mailto:arturo.hernandez@upq.mx)

### RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló dentro de una empresa manufacturera del estado de Querétaro-México, dedicada a la fabricación de equipos de seguridad en sistemas de frenos para el sector automotriz. En esta investigación se presentan los primeros resultados de una investigación exploratoria, mediante la propuesta metodológica de mejores prácticas que se realizan en los cambios de proveeduría del área de ingeniería dentro de las empresas manufactureras de clase mundial. Se reunió información de las actividades que se realizan en los departamentos de ingeniería, finanzas, planeación, ingeniería industrial, desarrollo de proveedores, calidad, mantenimiento y producción. Las empresas manufactureras involucradas en esta investigación fueron ensambladoras, proveedores directos del nivel Tier Two. Los resultados en este trabajo han sido de alto impacto, ya que el tema no ha sido explorado a tal profundidad de forma sistémica. Estos resultados beneficiarán a empresas manufactureras Tier Two y aquellas compañías que quieran integrarse como proveedores de la industria automotriz; los beneficios mejorarán la gestión de cambios de proveeduría o ingeniería, y en consecuencia un incremento de la productividad.

**Palabras clave:** Cambio de ingeniería, Localización de Plantas, Proveedores Tier Two, Seguridad, Sistemas de Frenos.

## ABSTRACT

This work was developed within a manufacturing company in the state of Querétaro-Mexico, dedicated to the manufacture of safety equipment in brake systems for the automotive sector. In this applied research, the first results of an exploratory research are presented, through the methodological proposal of best practices that are carried out in the changes of supply in the engineering area within world-class manufacturing companies. Information was gathered on the activities carried out in the engineering, finance, planning, industrial engineering, supplier development, quality, maintenance and production departments. The manufacturing companies involved in this investigation were assemblers, direct suppliers of Tier Two level. The results in this work have been of high impact since this topic has not been explored in such depth in a systemic way. These results will benefit Tier Two manufacturing companies and those companies that want to integrate as suppliers to the automotive industry; the benefits will improve the management of supply or engineering changes, and consequently increase productivity.

**Keywords:** Braking Systems, Engineering change, Plant Location, Tier Two Suppliers, Safety.

## INTRODUCCIÓN

Las industrias automotrices y las empresas que les manufacturan son la economía nacional y su papel como propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado resalta en uno de sus principales objetivos, que es el desarrollo y el fortalecimiento de esta industria. La ISO/TS en uno de sus procedimientos hace énfasis en que la organización deberá establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de administración de la calidad y continuamente mejorarlo de manera eficaz según los requisitos de esta norma internacional (ISO, 2009).

Los cambios de ingeniería son una clase de cambios y/o modificaciones en las formas, funciones, materiales, dimensiones, etc., de productos y componentes (Huang *et al.*, 2001, p. 255). Los cambios de ingeniería son procesos genéricos adaptables a las necesidades de la empresa (Wickel *et al.*, 2013, p. 125). La investigación de (Karl *et al.*, 2012, p. 608), ofrece una metodología general para realizar los cambios de ingeniería la cual se divide en cinco etapas.

## **Procedimiento de la empresa para cambios de ingeniería:**

a) Propósito: Establece los lineamientos, para el Manejo, Control e Implementación de los Cambios de Ingeniería - CR'S (Godínez *et al.*, 2017, p. 11). b) Alcance: Este proceso inicia cuando se reciben/envían solicitudes de cambio al corporativo y termina cuando se obtiene la aprobación de parte del cliente y se implementa en el proceso (Godínez *et al.*, 2017, p. 11). c) Definiciones: **CR:** Solicitud de cambio de ingeniería, destinada para modificaciones en diseños **MPCR:** Solicitud de aprobación para uso de material fuera de especificación (respecto al diseño). **Material obsoleto:** Material fuera del nivel actual de ingeniería. **PV Testing:** Solicitud de pruebas de Ingeniería, aplicable para corridas iniciales, cambios de ingeniería y/o desarrollo de nuevos productos. **PPAP:** Proceso de aprobación de partes de producción. d) Medición de desempeño: Tiempo de respuesta a solicitudes de cambios de ingeniería no mayor a dos semanas. El papel de los costos de cambios en las relaciones con los clientes: La selección de una nueva localización de planta es una decisión importante en las primeras instancias de un proyecto o estudio de factibilidad, porque esta tiene un gran impacto en los costos futuros de producción y en la organización de la empresa, con una influencia irreversible sobre la rentabilidad de la empresa.

## **Metodología para cambio de ingeniería**

Las investigaciones que conciernen con el objeto de estudio fueron elaboradas desde el año de 1999, de las cuales destacan los temas de cambio de ingeniería de manufactura y la producción cambiante. Este plan de investigación pone énfasis en la investigación de (Karl *et al.*, 2012, p. 608), en la cual se estudian las actividades de planeación de una metodología propositiva para los cambios de ingeniería; y sobresale una mejora que iguala las insuficiencias de un cambio mediante la descripción de los desencadenadores y grados de libertad los cuales son: identificar los factores de caracterización del cambio, los recursos para el ensamble de la manufactura, el mapeo de los elementos que intervienen, la exposición del cambio, la evaluación y la planeación del cambio que servirán para diagnosticar las mejores prácticas de los cambios de ingeniería que se realizan en la industria automotriz en el Estado de Querétaro y presentar una metodología modelo que pueda ser utilizada por dicha industria y por los demás sectores manufactureros que se encuentran en el mismo estado (Barroso, 2004, p. 209).

## **DESARROLLO**

**Inicio del cambio de ingeniería:** Este trabajo se originó en el año 2020. En la Figura 1, se pueden observar los diversos problemas que afectan en conjunto a elevar el costo del producto y la materia prima para el producto final de la empresa.

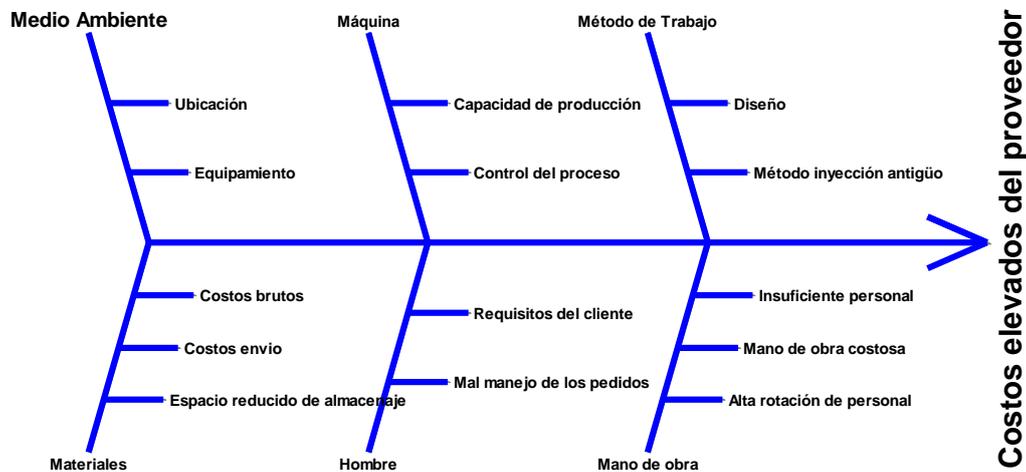


Figura 1. Diagrama de Ishikawa según expertos  
Fuente: Statgraphics

- **Ubicación:** El proveedor que se reemplazará se denotará como A, se encuentra ubicado en Tailandia, y la sugerencia de reemplazo será ubicado en Asia. Este factor es uno de los más importantes ya que en plena pandemia del Covid19 los fletes vía marítima y aérea se detuvieron provocando escases de un componente esencial para el dispositivo de frenos.
- **Máquina:** La capacidad de producción de A es 60 % de 70 millones por piezas con demanda creciente.
- **Mano de obra:** Dicho factor afecta al costo por pieza final un 0.020 %.
- **Método de trabajo:** Un buen método de trabajo incrementa la probabilidad de menos porcentaje de rechazos en tema de calidad y aceptación de la sugerencia de proveedor con respecto al cliente final.
- **Hombre:** Los requisitos de un proveedor en la industria automotriz van estrechamente dictaminados por los clientes a los cuales se venden los ensambles del dispositivo de frenado.

Los factores que determinaron ser los más relevantes según un Diagrama de Pareto, fueron *Medio ambiente* (ubicación) y *Maquina*, (capacidad de producción).

**Análisis de candidatos como proveedores:** Se realizó un estudio donde se evalúan a tres proveedores respecto al *gap* de los costos, el primer proveedor A ubicado en Tailandia, mantuvo sus herramientas, la empresa reemplazo sus moldes hasta cuatro

cavidades. Adicional se incrementó (100 mil) en costos, la gráfica muestra en euros la proyección anual para la capacidad del proveedor. A continuación, en la Figura 2, se muestra el gap de producción de A, que tiene un déficit del 78 % respecto a las necesidades de su cliente.

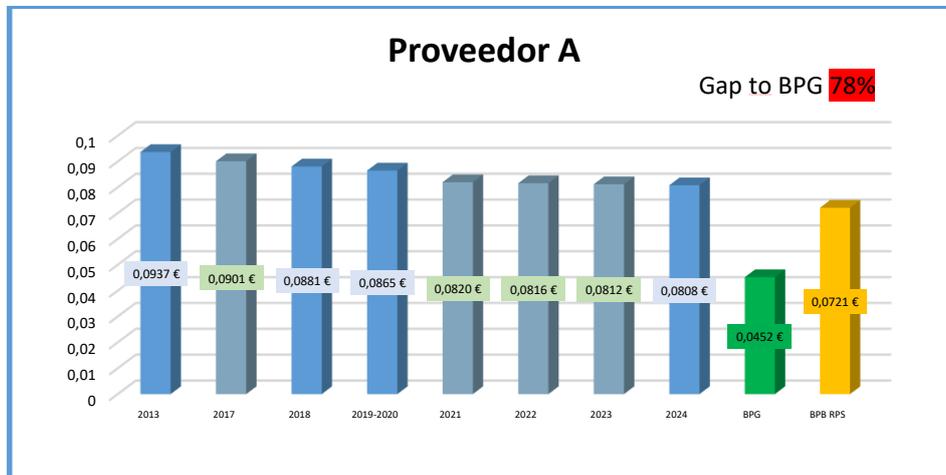


Figura 2. GAP costos del proveedor A de componente

A continuación, en la Figura 3, se muestra un diagrama de Pareto correspondiente al periodo 2020. En este se puede observar que el 20 % de los problemas de capacidad se muestra el 80 % en los meses más cruciales de la cuarentena y así se proyectó en el año 2020.

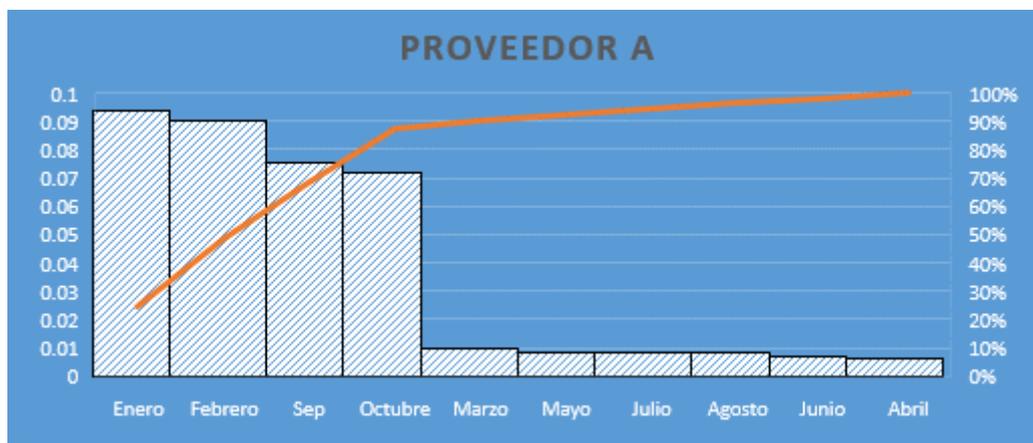


Figura 3. Diagrama de Pareto de baja capacidad en el año 2020

En la Figura 3, el pico de la pandemia al proveedor tuvo fuertes recortes de personal provocando, que baje su capacidad desde el mes de febrero hasta el cierre de su planta en los meses de mayo, julio y agosto. Reabriendo en septiembre, pero sin un plan de recuperación de capacidades con un gap del 78 %. El proveedor C, la propuesta del siguiente proveedor es el moldeo por compresión que se comprometió a hacer una inversión en 250 Ton 2 juegos de máquinas de inspección automática,

también se aumentarán las cavidades de 21 a 40. Sin embargo, la empresa tendría que pagar estimadamente 126 K Euros por herramientas más grandes. A continuación, se muestra en la Figura 4, el gap de producción de un proveedor, que se evalúa como candidato que corresponde al 35 % respecto a las capacidades del cliente.

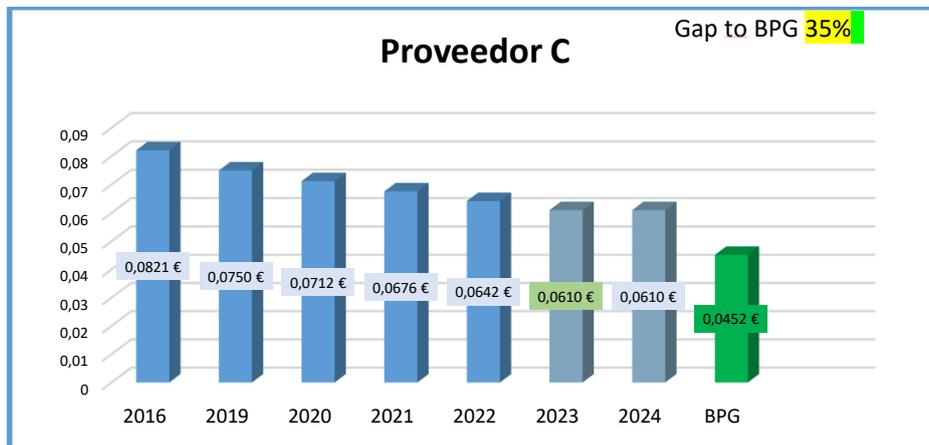


Figura 4. Proyección de capacidad-costos

A partir de la información anterior, se puede decir que:

- El gap es menor que con el proveedor A, se reduce y ahora es 35 %.
- El tercer proveedor C se encuentra ubicado en China.
- El proveedor C, se comprometió a incrementar sus cavidades de moldeo de 42 a 60.

La empresa manufacturera tendría que pagar 70K Euros por herramientas más grandes, también durante la cobertura del gap será a costo 50-50, es a cargo del proveedor. A continuación, se muestra en la Figura 5, el gap de producción de un proveedor que se evalúa como prospecto que corresponde al 8 % respecto a las capacidades del cliente.

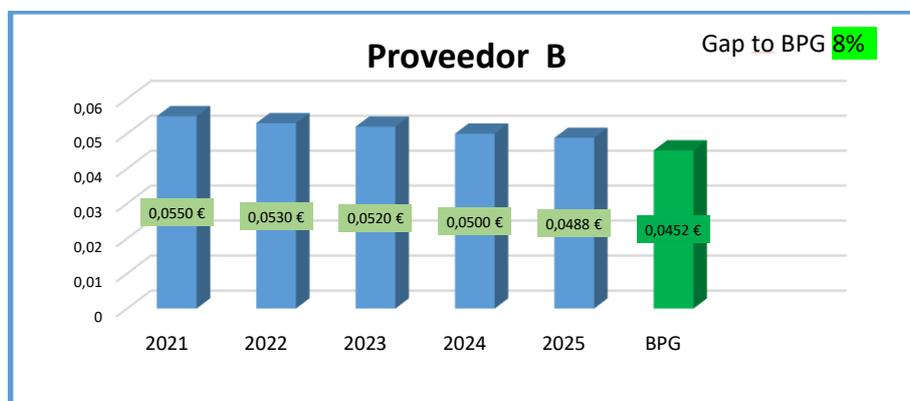


Figura 5. Proyección de capacidad de proveedor B

En comparación los tres proveedores el que está en B, A, y C su cobertura del gap fue 78 %, 35 % y 8 % respectivamente, el proveedor de B demuestra que tiene una mayor cobertura en las capacidades para manufacturar el componente esencial del dispositivo de frenos para la empresa manufacturera.

**Método de localización de planta:** La ponderación se otorga de 1 al 10, el uno, es menos relevante y 10 mayor, la Tabla 1, indica los factores de importancia al seleccionar un nuevo proveedor. En la siguiente Tabla 1, se evalúa el factor que se consideró de suma importancia en el Diagrama de Ishikawa, a este factor se le coloca una evaluación respecto a la importancia, la ubicación que tenga más calificación sumando los factores es la ubicación potencial para elegir al proveedor.

Tabla 1. Método de localización por ponderación calificación de factores

Criterios	Peso	Calificación			Puntos Ponderados		
		A	B	C	A	B	C
Capacidad de producción	0.217	9	10	9	1.953	2.17	1.953
Poca competencia	0.098	1	8	1	0.098	0.784	0.098
Leyes de comercio exterior (INCOTERMS)	0.198	8	10	9	1.584	1.98	1.782
Tiempo de transporte	0.097	2	7	4	0.194	0.679	0.388
Costo del transporte	0.39	1	10	7	0.390	3.9	2.73
		<b>TOTALES</b>			<b>4.219</b>	<b>9.5</b>	<b>6.951</b>

En la Tabla 1, también se mostró el cómo fue la calificación ponderada donde el proveedor B, tiene la capacidad de producción adecuada para las coberturas, leyes arancelarias favorecedoras, costos accesibles en tema de logística marítima y aérea a la empresa manufacturera. Por lo tanto, de los tres, candidatos a la licitación del nuevo proveedor, se tomó la decisión de elegir al proveedor B.

- Selección por ubicación geográfica
- Centro de gravedad
- Capacidad de producción por proveedor

Respectivamente en la siguiente Tabla 2, se muestran las capacidades de producción de los tres candidatos a evaluar para proveedor información requerida para la evaluación por medio del método de centro de gravedad.

Tabla 2. Capacidad de producción de los candidatos a proveedores

A - Tailandia	30,000,000
B- China	75,000,000
C- Bangladesh	445,000,000

**Coordenadas del centro de localización:** A continuación, en la Tabla 3, se muestra la coordenada obtenida de cada localización, información requerida para llevar a cabo el cálculo del método por centro de gravedad.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de los candidatos a proveedores

A - Tailandia	15.654414 N	100.349774 W
B- China	30.6522636 N	100.993935W
C- Bangladesh	8.4542N	-100.354509 W

**Nueva coordenada:** En la siguiente Tabla 4, se muestra la coordenada obtenida potencial para la elección de la mejor ubicación para los proveedores propuestos.

Tabla 4. Cálculo de nueva coordenada

Nuevo centro de distribución proveedor	20.65156578	-100.3498591
--	-------------	--------------

El método de centro de gravedad consiste en calcular las coordenadas de los proveedores tomando en cuenta el punto de la empresa manufacturera, utilizando la fórmula de la Ecuación 1:

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ix} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad C_y = \frac{\sum_{i=1}^n d_{iy} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Ecuación 1. Centro de gravedad

Donde:

- $C_x$                       Coordenada de la nueva instalación en X
- $C_y$                       Coordenada de la nueva instalación en Y
- $d_{ix}$                       Distancia de la ubicación i en términos de la coordenada X

Después del cálculo de la nueva coordenada con dicha Ecuación 1, se realiza la representación gráfica, para una mejor visualización donde la coordenada calculada se acerca más al proveedor con mejor ubicación a la empresa manufacturera. A continuación, en la siguiente Figura 6, se muestra la gráfica de la localización geográfica de los candidatos a proveedores, se añade la coordenada calculada por la Ecuación 1, del método de centro de gravedad.

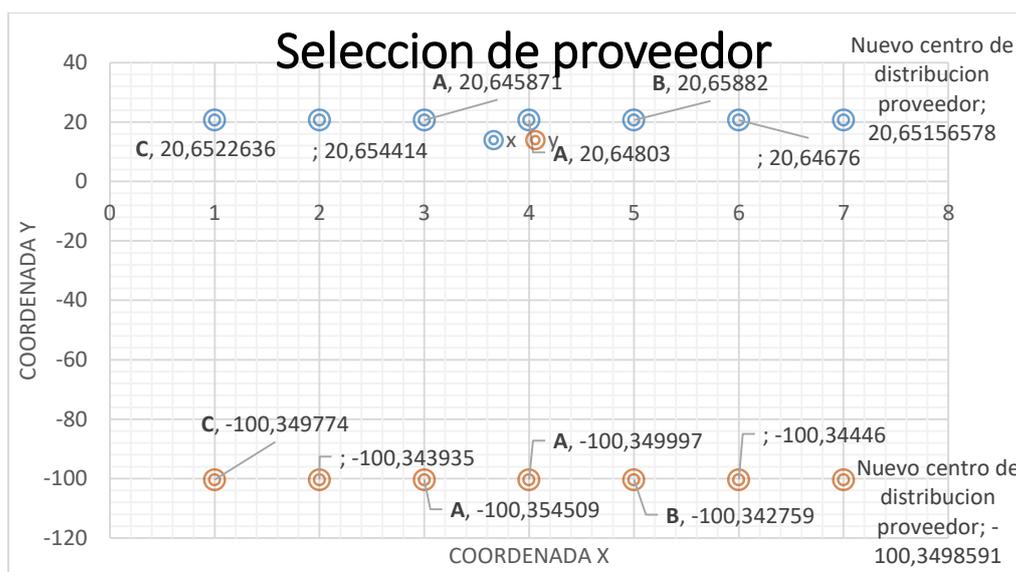


Figura 6. Gráfica de localización de candidatos a proveedores

También, se puede observar en la Figura 6, que la coordenada potencial se acerca a la ubicación del proveedor B, por lo tanto, con este método se elige la mejor ubicación a éste como el proveedor de que realizara el componente esencial del dispositivo de frenos.

### Costo calculado para una pieza del componente muestra por cliente.

- -Ingreso agua 2c/s -Lubricante 3 c/s -Rattle A vs B 2 C/s -Resistencia a la temperatura 3c/s -Corrosión 3c/s

Suponiendo que todas las demás variantes de cada plataforma utilizaran datos sustitutos. Si el cliente no acepta los datos para 1 caliper. Entonces el costo aumentara respecto a las piezas que se prueban (40K \*100= \$400K).

- El cliente principal o potencial, requerirá pruebas específicas, antes de hacer el cambio de proveedor.
- El segundo cliente potencia, requerirá pruebas de dinamómetro corrosión 3 c/s
- El tercer cliente, puede ser validaciones a nivel de vehículo

**El Impacto comercial de del cambio de proveedor:** El impacto comercial del cambio de proveedor, resultado muy significativo en cuanto al ahorro sustancia anual, cobertura de la inversión, y también en la cobertura de capacidades del nuevo proveedor B. También, se observa que el costo unitario con el proveedor anterior A era de \$0.141, ahora el precio unitario con la propuesta de proveedor B es de \$0.073, con un ahorro unitario por parte de \$0.068. Si se evalúa esa cantidad por 12 meses proyectados para el año 2021 el volumen sería de 16,752,382 Piezas, en unidad monetaria de la empresa manufacturera en pesos mexicanos de un ahorro de \$1,131,791. La empresa manufacturera se comprometió a invertir \$629,920, recuperando dicha inversión con el ahorro anual en aproximadamente 42 semanas.

## CONCLUSIONES

Este trabajo se aplicado en un 60 %, ya que se siguen aplicando corridas y pruebas para seguir la validación al 100 %, con los clientes de las plataformas afectadas, sin embargo queda una gran área de oportunidad porque el proveedor B, es un gran candidato para reemplazar varios componentes de la empresa manufacturera que importa a elevados costos varios componentes, la pandemia del COVID – 19, ha sido un problema de gran importancia para empresas manufactureras que importan componentes, de igual forma también un área de oportunidad para seguir evaluando propuestas que ya fueron validadas por los gerentes de las distintas áreas con las que cuenta la empresa para mejorar y ahorrar. Además, con el estudio realizado de localización de plantas, se logró determinar la ventaja de la posición geográfica con base en las leyes arancelarias que favorecieron a la reducción de costos de fletes. Se recibió la retroalimentación acerca de las corridas de prueba que se realizaron con el componente del nuevo proveedor B, pasando cada una de las pruebas en materia de: capacidad, calidad y costos de forma satisfactoria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, M. ... [et al.]. (2004). La importancia de los costes de cambio en el comportamiento del cliente. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 10, No. 3, pp. 209-232.
- GODINEZ, I. ...[et al.]. (2017). Procedimiento para el control de cambios de ingeniería en Ashimori Industria de México. p. 1-40.  
[https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23453/Escrito\\_God%C3%ADnez](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23453/Escrito_God%C3%ADnez)

[Ramos Ivan Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#) Visitado 22 de junio de 2022.

HUANG, G. ... [et al.]. 2001. Development of a web-based System for engineering change management. *Robotics and compuring integrate manufacturing*. Vol. 17, No. 3, pp. 255-267. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584500000582> Visitado: 22 de enero 2021.

ISO (2009). ANFIA, FIEW, SMMT, VDA, CHRYSLER, RENAULT. 2009. TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS 16949. ISO copyright office.

KARL, F. ... [et al.] (2012). Strategic planning of reconfigurations on manufacturing resources. *Procedia CIRP*. Vol. 3, pp. 608-613. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.104> Visitado: 22 de enero 2021.

KERNSCHMIDT, K. [et al.] (2014). An integrated approach to analyze change-situations in the development of production Systems. *Procedia CIRP*. Vol. 17, pp.148-153. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114003333> Visitado: 22 de enero 2021.

WICKEL, M. ... [et al.]. 2014. Comparison of seven Company-specific engineering changes processes. *Modelling and Management of Engineering Processes*. Springer. p.125- 136. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-662-44009-4\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-662-44009-4_11) Visitado: 22 de enero 2021.