

Una propuesta metodológica para realizar cambios de ingeniería de la industria automotriz en el estado de Aguascalientes, México

A methodological proposal to make engineering changes of the automotive industry in the state of Aguascalientes, Mexico

Marcela Rodríguez-González^{a,*}, Jonás Velasco-Alvarez.^b, Efrain Flores-Figueroa^a, Ma. Antonieta Zuloaga-Garmendia^c, Sergio Martín Nava-Muñoz^c, Ana María Velázquez-González^a

^a Departamento de Ingeniería Industrial, TecNM/Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. Adolfo López Mateos 1801 Ote. Fracc. Bona Gens, C. P. 20256, Aguascalientes, México.

^b CONACYT- Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), A.C., Fray Bartolomé de las Casas 314, Barrio La Estación, CP 20259, Aguascalientes, Ags, México.

^c Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), A.C., Fray Bartolomé de las Casas 314, Barrio La Estación, CP 20259, Aguascalientes, Ags, México

Resumen

En este artículo se presentan los primeros resultados de una investigación cualitativa de tipo exploratoria, de la propuesta metodológica de las mejores prácticas que realizan en los cambios de ingeniería en las empresas automotrices del estado de Aguascalientes, México. La muestra sujeta a estudio es no probabilística o dirigida de tipo expertos. El instrumento de medición que se diseñó es un cuestionario, en el cual se evalúan 8 variables, las cuales reúnen la información de la actividades que se realizan en los departamentos de ingeniería, finanzas, planeación, ingeniería industrial, desarrollo de proveedores, calidad, mantenimiento y producción. Las empresas automotrices involucradas en esta investigación fueron ensambladoras, proveedores directos conocidos como proveedores de Nivel Uno ó Tier One; y los proveedores de Nivel Dos ó Tier Two. Los resultados preliminares presentados en este artículo son únicos, ya que el tema no ha sido abordado con profundidad. Dichos resultados beneficiarán a estas empresas y a las que quieran integrarse como proveedores de la industria automotriz; los beneficios mejorarán la gestión de un cambio de ingeniería, y en consecuencia la productividad. La evidencia que arroja el instrumento de medición, está dentro de los rangos mayores de la escala evaluada, en el nivel de cumpliendo; lo cual permite continuar con esta investigación y da la apertura para que otros investigadores sigan explorando el tema.

Palabras Clave:

Cambios de ingeniería, metodología, industria automotriz, Aguascalientes.

Abstract

This issue depicts the first results of a qualitative exploratory research, of the methodological purpose of the best practices that make the engineering changes in car making companies in the State of Aguascalientes, Mexico. The sample subject to study is not probabilistic or directed the type expert. The measuring instrument developed was a questionnaire, in which 8 variable are evaluated and they gather the information of the activities that are carried in the different departments like the financial, planning, industrial engineering, suppliers development, quality, maintenance and production. The car making companies involved in this studies were assembly plants, direct suppliers Level 1 or Tier One; and the suppliers Level Two or Tier Two. The preliminary results presented in this issue are unique, due to the fact this topic has not been deeply addressed. These results will benefit these companies, and those that want to become suppliers, the benefits will improve the operation of an engineering change, and in consequence productivity. The evidence that the measuring instrument reveals is in the high ranges of the scale, in the fulfillment range, which allows us to continue with this research and opens the opportunities for the researchers to continue exploring the topic.

Keywords:

Change of engineering, methodology, automotive industry, Aguascalientes.

*Autor para la correspondencia: marcela060676@yahoo.com

Correo electrónico: marcela060676@yahoo.com (Rodríguez González, Marcela), jvelasco@ciamat.mx (Velasco Jonás), efrass2002@yahoo.com.mx (Flores Figueroa, Efrain), tony@ciamat.mx (Zuloaga Garmendia, M. A.), nava@ciamat.mx (Nava Muñoz, S. M.), anamvg@live.com.mx (Velázquez González, A. M.).

1. Introducción

A nivel global, la industria automotriz en las economías nacionales 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 industria automotriz en nuestro país ha representado un sector estratégico para el desarrollo. Su participación en las exportaciones la coloca como la industria más importante (Secretaría de Economía, 2012). El estado de Aguascalientes se destaca a nivel nacional por la producción de vehículos, ya que cuenta con tres plantas armadoras y es considerado como el séptimo principal fabricante de la industria automotriz del país (Instituto Nacional de Geografía e Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016). Según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN) la industria automotriz se conoce como la fabricación de equipo de transporte, la cual integra a su vez, a más industrias manufactureras como proveedores, las cuales son: fabricación de automóviles y camiones, fabricación de carrocería y remolques, fabricación de partes para vehículos automotores y la fabricación de otro equipo de transporte (Instituto Nacional de Geografía e Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016). Existen requerimientos particulares para la producción automotriz y piezas relevantes de servicio, estos requerimientos se encuentran en la guía de especificaciones técnicas para la administración de un sistema de calidad y su nombre es la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés, International Organization for Standardization) la cual tiene un apartado de Especificaciones Técnicas (TS por las siglas en inglés, Technical Specification) dirigido a la industria automotriz (ISO, 2009). 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 requisitos de la documentación que deberá incluir en un sistema de administración de la calidad son: las declaraciones documentadas de una política de calidad, un manual de calidad, los documentos de procedimientos y los registros requeridos por esta norma internacional, y, documentos que incluyan los registros determinados por la organización que sean necesarios para asegurar la eficaz planeación, operación, control y acciones de contingencia en los procesos (International Automotive Task Force, 2015). Uno de los registros que determina la organización para asegurar la eficaz planeación, operación y control de los procesos son las especificaciones de ingeniería, las cuales establecen que la organización deberá tener un proceso para asegurar la oportuna revisión, distribución e implementación de todos los estándares y requerimientos del cliente; y, los cambios basados en programación requerida por el cliente (ISO, 2009). El ámbito de la administración de los cambios es conocido como cambios de ingeniería y generan numerosos cambios en los procesos bajo la perspectiva y soporte de profesionales que lidian con el cambio de ingeniería (Kernschmidt et al, 2014). La capacidad de administrar los cambios de manera eficiente y eficaz refleja la agilidad de una empresa (Huang, Yee, & Mak, 2001); sin embargo, la industria todavía es cuestionada por tratar con los cambios de ingeniería en la práctica (Kernschmidt et al, 2014). Los cambios de ingeniería son una clase de cambios y/o modificaciones en las formas, funciones, materiales, dimensiones, etc., de productos y componentes constitutivos (Huang, Yee & Mak, 2001). Los cambios de ingeniería son procesos genéricos adaptables a las necesidades de la empresa (Wickel et al, 2013).

Un cambio de ingeniería se presenta mínimo una vez por año para cada modelo de automóvil que esté vigente en el mercado, y, generalmente un proveedor de partes, fabrica componentes similares para varios modelos. En cada cambio, las actividades que se efectúan son acorde a la experiencia de cada compañía, ya que la norma ISO/TS no describe cuales son las actividades específicas que realizarse; y menciona que “deberán registrarse dichas actividades acorde a la programación solicitada por el cliente”. Por otro lado, se ha encontrado la investigación de Karl F. (2012) ofrece una metodología general para realizar los cambios de ingeniería la cual se divide en cinco etapas, las cuales son: la identificación de los factores que influyen en el cambio, el modelado de los recursos para la manufactura, el mapeo de los factores que afectan el cambio, la representación del cambio, la evaluación del cambio y la planificación del cambio. Este autor, expone en la etapa de identificación, una lista de factores o elementos que pueden ser causales en un cambio de ingeniería; sin embargo no ofrece una recomendación de las actividades que los departamentos involucrados pueden ejecutar para su control. Él da la apertura para que su metodología sea ampliada antes de la ejecución del producto o después de la fabricación del modelo primario. El objetivo de esta investigación es proponer una metodología o modelo de innovación tecnológica que integre las mejores prácticas que realicen en los cambios de ingeniería la cadena de suministro, de las empresas automotrices del estado de Aguascalientes.

Fundamentos teóricos.

2.1 La industria automotriz en el estado de Aguascalientes.

Aguascalientes es una entidad federativa de la República Mexicana con una superficie de 5,680.330 kilómetros cuadrados, que representa el 0.3 por ciento de la superficie del país. Colinda al norte, este y oeste con el Estado de Zacatecas; al sur y este con el de Jalisco. La división política consta de once Municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo y El Llano (Gobierno del Estado de Aguascalientes, s.f.).

En Aguascalientes 4 678 empresas de se dedican a las industrias manufactureras (2013), lo que representa 9.9% del total de establecimientos del sector privado y paraestatal en la entidad (Instituto Nacional de Estadística y Geografía *Conociendo Aguascalientes*, 2016). En el periodo del 2014 ocupó el segundo lugar entre las entidades con mayor participación de las manufacturas en el PIB local; su contribución de 69 847 millones de pesos corrientes, representó, en relación con la actividad productiva del estado, el 35.3% del total (Instituto Nacional de Estadística y Geografía *Estructura Económica de Aguascalientes en síntesis*, 2014); la población ocupada por la industria manufacturera en el periodo del 2014 al 2015 fue de 125,052 personas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía & Gobierno del Estado de Aguascalientes, Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes, 2016). Las actividades más importantes por su producción bruta en la entidad son (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014):

- Fabricación de maquinaria y equipo con 1280.1 millones de pesos.
- Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos con 5 366.6 millones de pesos.
- Fabricación de accesorios, aparatos electrónicos y equipo de generación de energía eléctrica con 163.8 millones de pesos.

- Fabricación de equipo de transporte con 96 234 millones de pesos.

La SCIAN en México menciona que la industria automotriz pertenece a la agrupación tradicional de actividades secundarias y su característica es la transformación de bienes, está ubicada en el sector de industrias manufactureras y tradicionalmente, junto con el sector de la minería, el sector de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas; y el sector de la construcción, se les conoce como "la industria" (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México.*, 2013). El subsector de las industrias manufactureras, al cual pertenece la industria automotriz, es el de la Fabricación de Equipo de Transporte. En la Figura 1 visualizaremos las unidades económicas correspondientes a cada una de las ramas que conforman la industria automotriz, en las cuales destacan: la fabricación de automóviles y camiones, donde existe un número reducido de empresas que son intensivas en capital con un alto volumen de producción; de igual manera, en la fabricación de partes para vehículos automotores, coexisten una gran cantidad de empresas que son intensivas en trabajo (Instituto Nacional de Geografía e Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016).

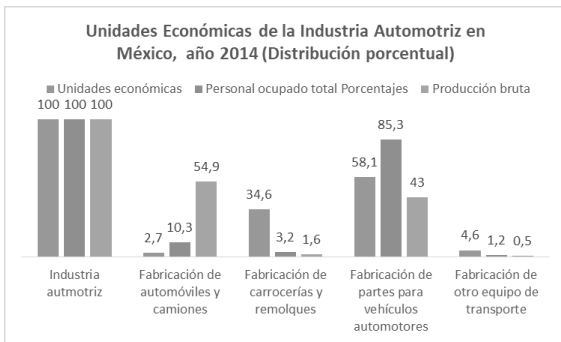


Figura 1. Unidades Económicas de la Industria Automotriz en México, 2014 (porcentaje). Fuente: INEGI.

En el año 2014, la industria automotriz ocupó el lugar número 4 en exportaciones a nivel mundial con el 6.7%, y, su producción representó el 16.9% del PIB (a precios corrientes) de las manufacturas en el país, al demandar insumos para realizar su producción. Generó impactos en 157 actividades económicas de un total de 259 y presentó un saldo superavitario en la balanza comercial cercano a los 50 mil millones de dólares. En un enfoque global, las estadísticas registran que en México el valor agregado de exportación global de la actividad económica de automóviles y camiones respecto a su producción, fue de 64.4%, en promedio entre el periodo 2003-2013. Esta cifra es superior a la aportación que realizaron las industrias manufactureras del 35.2% (Instituto Nacional de Geografía e Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016). En México tienen instalaciones productivas 18 de las más importantes empresas fabricantes de vehículos; 2 fabricantes de motores a diesel y más de 300 proveedores de primer nivel de la industria terminal conocida como Tier One.

En la Figura 2 se muestran los estados del país, que en el año 2014 generaron el 84.2% de la producción total de la fabricación de automóviles y camiones, y dieron empleo al 75.3% de personas ocupadas en esta actividad. Aguascalientes ocupó el lugar 7 en el valor de la producción bruta (Instituto Nacional de Geografía e

Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016).

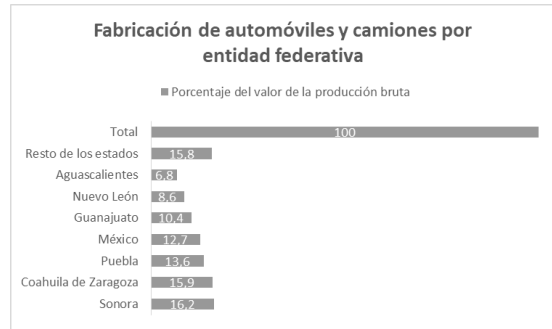


Figura 2. Fabricación de automóviles y camiones por entidad federativa. Fuente: INEGI.

La fabricación de automóviles y camiones tiene como principales proveedores de insumos a: la fabricación de partes para vehículos automotores, fabricación de productos de plástico, fabricación de componentes electrónicos, fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones; y, la fabricación de productos de hule (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México.*, 2013). Si se relaciona la cadena de suministro con la localización geográfica, se observa que a partir de una "actividad ancla o estratégica" como la fabricación de automóviles y camiones, que se desarrolle en un determinado estado, se fomentan otras actividades que le suministran insumos en la misma entidad, sin descartar la posibilidad de que reciban insumos de otros estados o del exterior (Instituto Nacional de Geografía e Informática & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2016). En la Figura 3 muestra el impacto de la industria automotriz en la estructura económica en el estado de Aguascalientes; cabe resaltar que el periodo del 2014 al 2015 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía & Gobierno del Estado de Aguascalientes, Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes, 2016).



Figura 3. Principales proveedores de la producción de automóviles y camiones: Aguascalientes. Fuente: INEGI.

2.2 Cambio de Ingeniería.

El aumento de la competencia, la globalización y la incertidumbre de los mercados actuales son sólo algunos de los muchos desafíos a los que se enfrentan actualmente las principales empresas de manufactura. Esto ha llevado a una mayor personalización y cambio de los productos (Xuehong et al, 2006).

Un cambio normalmente es definido como la modificación de la pieza original, de la ejecución del tiempo, costo y/o calidad (Ibbs, 1997). Los cambios en el mercado están sujetos a una nueva capacidad de fabricación la cual se convirtió en una necesidad de

los sistemas de fabricación reconfigurable (Dashchenko, 2006). La gestión de las variaciones en todos los niveles de fabricación reconfigurable es una de las prioridades más importantes para ofrecer variedad y rentabilidad, altos niveles de calidad, capacidad de respuesta y adaptabilidad (ElMaraghy, 2005). Una fabricación reconfigurable es considerada como un cambio en el proceso y en la industria automotriz es llamado cambio de ingeniería (ISO 2009 *et all*, 2009), el cual puede ocurrir por los siguientes factores (Koren *et all*, 1999):

- La creciente introducción de la frecuencia de nuevos productos.
- Cambios de piezas para los productos existentes.
- Grandes fluctuaciones en la demanda del producto y la mezcla.
- Cambios en las regulaciones del gobierno (seguridad y medio ambiente) y,
- Cambios en la tecnología de proceso.

Estos factores causan una creciente presión sobre las empresas. Sin embargo, el tiempo disponible para los cambios de ingeniería disminuye (Bleicher, 2014). Por lo tanto, los cambios deben planificarse con suficiente tiempo, ya que las empresas se ven afectadas por esta presión, y su principal preocupación repercute en los procesos (Zäh *et all*, 2008), por ser altamente dependientes del número cambios ingeniería (Zäh *et all*, 2009).

Existen indicadores o parámetros de rendimiento para evaluar un cambio de ingeniería, algunos los más comunes son los costos, la fiabilidad, la utilización, la calidad, el tiempo de rampa, la disponibilidad y el plazo la ejecución (Mittal & Jain, 2014). Los costos, el tiempo de ejecución y la calidad se utilizan como índices para evaluar los objetivos de un proyecto (Almohadi *et all*, 2011).

Las investigaciones que se relacionan con el tema objeto de estudio fueron realizadas desde el año de 1999, de las cuales destacan los temas de cambio de ingeniería de manufactura y la producción cambiante (Koren *et all*, 1999). Este proyecto de investigación pone énfasis en la investigación de Karl, F. desarrollada en el año de 2012, en la cual se estudian las actividades de planeación de una metodología propuesta para los cambios de ingeniería; y resalta una mejora que identifica las necesidades 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 factores que intervienen, la exposición del cambio, la evaluación y la planeación del cambio (Karl *et all*, 2012). La etapa de los recursos para la manufactura nos servirá para diagnosticar las mejores prácticas de los cambios de ingeniería que se realizan en la industria automotriz en el estado de Aguascalientes y proponer una metodología modelo que pueda ser utilizada por dicha industria y por los demás sectores manufactureros que se encuentran en el mismo estado.

2.3 ¿Qué es una metodología?

La metodología, del griego *metà* (más allá), *odòs* (camino) y *logos* (estudio), hace referencia al conjunto de procedimientos basados en principios lógicos, utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica o en una exposición doctrinal (EcuRed, s.f.).

El término metodología hace alusión al modo en que enfocamos los problemas y buscamos las respuestas, a la manera de realizar la investigación. Los supuestos teóricos, las perspectivas y los propósitos, nos llevan a seleccionar una u otra metodología (Quecedo Lecanda & Castaño Garrido, 2002). Aporta al conocimiento métodos, técnicas y procedimientos que permiten alcanzar la verdad objetiva para facilitar un proceso de investigación. Cuando se planea de manera adecuada en una investigación se obtiene un proceso claro y objetivo, para recabar, registrar y analizar los datos obtenidos de las fuentes consultadas, proporcionando elementos indispensables para elaborar y sustentar un informe final; además permite revisar de manera constante los aspectos que no resulten claros (Gomez Bastar, 2012).

Aristóteles hace referencia que una metodología puede estar orientada a dos tipos de investigación las cual puede ser cuantitativa y cualitativa. Él sostenía una posición sustantivista mediante la aproximación y aprehensión a los fenómenos de la naturaleza, sociales y políticos a través de la observación sensible y empírica en forma deductiva y cualitativa dirigida a la búsqueda explicaciones teleológicas, que aclaren con el fin de qué ocurren los fenómenos (Mardones, 1994). El primero es el enfoque cuantitativo o positivismo, donde lo importante es medir y su la metodología proviene de las ciencias exactas y naturales (Monje Álvarez, 2011). El segundo, es el enfoque cualitativo, donde la metodología puede definirse como la investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable (Quecedo Lecanda & Castaño Garrido, 2002). Las etapas en las que suelen integrarse los enfoques cuantitativo y cualitativo son fundamentalmente: el planteamiento del problema, el diseño de investigación, el muestreo, la recolección de los datos, los procedimientos de análisis de los datos y/o la interpretación de los resultados (Hernández Sampieri *et all*, 2010).

Materiales y Métodos.

El modelo conceptual teórico del diseño del instrumento de medición de este estudio se realizó desde un panorama holístico, el cual permite obtener información más completa de manera exploratoria, para lo cual se observaron las actividades que las empresas Ensambladoras, Tier One y Tier two del estado Aguascalientes efectúan en un cambio de ingeniería. Al comenzar con este estudio se contó con la participación de 3 empresas automotrices, de las cuales se obtuvo información para realizar el instrumento de medición. En la Figura 4 observamos que las áreas involucradas para un cambio son ocho, las cuales son las variables o factores de este estudio. Es importante resaltar que no existen estudios de este tipo por lo cual la construcción del instrumento es un diseño de investigación-acción en la cual su perspectiva es obtener una visión tecno-científica y su tipo de diseño es participativo.

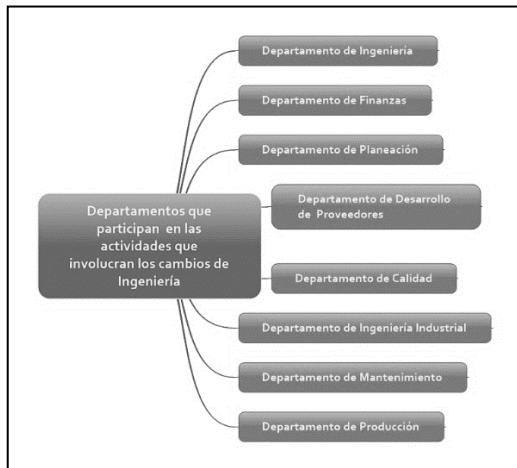


Figura 4. Departamentos que participan en las actividades que se involucran al realizar un cambio de ingeniería. Fuente: propia.

El instrumento de medición que se diseñó para este estudio es el cuestionario, en el cual se encontraron las respuestas a los objetivos de esta investigación para obtener información, misma que sirvió para crear una propuesta metodológica para el desarrollo de las empresas automotrices del estado de Aguascalientes en todos los niveles que se encuentre como proveedor de partes.

El cuestionario toma como referencia a los elementos que conforman un cambio de ingeniería reunidos en 8 temas centrales los cuales reunieron la información de la actividades que se realizan en los departamentos de ingeniería, finanzas, planeación, ingeniería industrial, desarrollo de proveedores, calidad, mantenimiento y producción.

En la Figura 5, se pueden observar las categorías de interés de este tema y se refiere a la información general y de control (empresa en el que se realizó la encuesta y la persona encuestada), la caracterización de las actividades que realizan los departamentos involucrados en un cambio de ingeniería (actividades de comunicación, actividades de validación, actividades de actualización, documentos de aprobación, estudios dimensionales, actualización de instalaciones, planes de mantenimiento, capacitación del recurso humano, entre otros). Por último se integró la información de opinión del encuestado en la cual se hace referencia a las aportaciones referentes al tema. Para obtener la información anterior se realizó un cuestionario que contiene 149 ítems. Los resultados que se obtuvieron de los apartados 1 y 3 del instrumento son de tipo abierto y cerrado. En el apartado 2 los resultados se obtuvieron en escala de Likert.

Un departamento es una parte en que se divide un todo para su organización para el caso de una empresa es la división de un territorio empresarial sujeto a una autoridad administrativa. La información de las actividades de los departamentos se encontró en el instrumento de medición. Por otro lado, la información de opinión es el conjunto de datos de ideas, juicios o conceptos que se tiene sobre el tema de cambios de ingeniería.

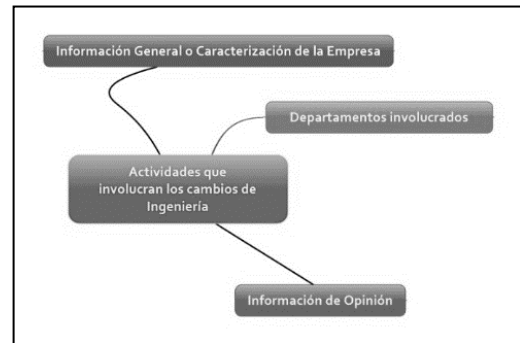


Figura 5. Categorías o apartados del instrumento de medición. Fuente: propia.

Los temas de opinión fueron reflejados en las respuestas a las preguntas abiertas del tercer apartado del instrumento de medición. La información que se obtuvo de este apartado son las propuestas que los expertos hicieron para mejorar la productividad al realizar un cambio de ingeniería.

3.1 Validez y confiabilidad del instrumento utilizado.

3.1.1 Capacitación y prueba piloto.

Al comenzar a recabar la información que sustentó esta investigación se realizaron 3 reuniones en las cuales asistieron los representantes del área de calidad e ingeniería de las empresas automotrices del estado de Aguascalientes; esta reunión se expuso la finalidad del estudio. El ambiente de trabajo fue afectuoso y colaborativo. Durante las sesiones se realizó una lluvia de ideas de las tareas o actividades que efectúa cada departamento de éstas empresas. En pocos casos, las actividades son recomendadas por la norma IATF 16949 para mejorar el desempeño de una empresa y cumplir con las exigencias de un sistema de calidad automotriz. En la mayoría casos, las actividades fueron descritas acorde a la experiencia de cada representante. Antes de terminar esta etapa de trabajo con los expertos, se recomendó que el cuestionario se redactara de forma sencilla para obtener la información solicitada. Para esto, se consideró tener una lista de chequeo en los temas centrales de la investigación, en la cual se contestó de manera objetiva y rápida. Posteriormente, el equipo de trabajo construyó el cuestionario y se llegó al acuerdo en trabajar con una lista de chequeo en el apartado principal con las escalas de Likert en el segundo apartado del cuestionario, en el primer y tercer apartado con las preguntas abiertas y cerradas. Una vez que el instrumento fue validado por el equipo de trabajo, se procedió a efectuar un muestreo tipo expertos con las empresas automotrices Tier One y Tier wo; además de la integración de las 3 empresas ensambladoras de automóviles del estado de Aguascalientes.

Para septiembre del 2018 se realizaron 3 pruebas piloto con dos empresas Tier One y con la ensambladora. El tiempo de realización del cuestionario duró un tiempo máximo de 15 minutos aproximadamente. En general, el instrumento no tuvo problemas de forma, ni de fondo.

3.1.2 Instrumento de captación de la información.

El cuestionario se conformó por tres temas centrales y consta de contiene 149 ítems en total.

El tema Información General o caracterización de la empresa contiene un total de 11 ítems, en los que se incluyen los de control y los de caracterización de la empresa. Éste contiene ítems de carácter demográfico, socioeconómico, de interés del estudio, entre otros.

Así mismo, en el constructo de Departamentos Involucrados contiene ocho apartados, con un total de 130 ítems en los cuales se encuentran las actividades relacionadas con los departamentos involucrados al realizar un cambio de ingeniería. En este apartado se evaluaron dos categorías o niveles: la primera valora con la escala de Likert el *nivel de cumplimiento* de cada una de las actividades que se realizan durante un cambio de ingeniería. Esta categoría contiene la escala dividida en cinco rubros: (5) Siempre, (4) La mayoría de las veces sí, (3) Algunas veces sí, algunas veces no; (2) La mayoría de las veces no y (1) Nunca. A su vez, la segunda categoría valora con la escala de Likert el *nivel de importancia* considerado por el experto. Esta categoría contiene la escala dividida en tres rubros, los cuales son: (5) Sumamente importante, (3) Medianamente importante y (1) Poco importante.

Por último, en el constructo de la Información de Opinión consta de 8 ítems, que contiene las preguntas de opinión que enriquecen esta investigación en relación al tema sujeto a estudio.

Las respuestas como ya se mencionó, son captadas en tipo abierto y cerrado en el constructo uno, en escala de Likert en el constructo dos y de tipo abierto en el tercer constructo.

3.1.3 Validez y Fiabilidad del instrumento.

La validez se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente la(s) variable(s) que pretende medir. El equipo de trabajo confirmó la validez de dependencia, credibilidad y transferencia; así como fundamentación, aproximación, representatividad de voces y capacidad de otorgar significado al instrumento de medición, los cuales son indicadores para este rubro (Hernández Sampieri *et al.*, 2010).

Un análisis de fiabilidad permite estudiar las propiedades de las escalas de medición y de los elementos que componen las escalas. El procedimiento Análisis de fiabilidad calcula un número de medidas de fiabilidad de escala que se utilizan normalmente y también proporciona información sobre las relaciones entre elementos individuales de la escala. Se pueden utilizar los coeficientes de correlación intra-clase para calcular estimaciones de la fiabilidad inter-evaluadores (Walpole *et al.*, 2012). Con el objetivo de alcanzar niveles óptimos de validez del contenido del cuestionario, se realizó un análisis de fiabilidad mediante el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach utilizando los datos recabados.

En el estudio de fiabilidad se consideraron los datos obtenidos de 24 empresas automotrices del estado de Aguascalientes de los niveles Tier One, Tier two y Ensambladoras.

El Alfa de Cronbach es un método de consistencia interna que permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través

de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica. Este modelo es un modelo de consistencia interna, que se basa en la correlación entre elementos promedio (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013).

La medida de la fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems medidos en escala tipo Likert valoran un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch & Comer, 1988).

Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación.

Este coeficiente entonces mide la calidad o confianza del agrupamiento de las preguntas (ítems), asimismo evalúa la consistencia interna Global del grupo propuesto (concepto a medir), con dos posibles escalas tipo Likert. Toma valores entre 0 y 1 que veremos en la Tabla 1:

Valor de alfa (α)	Consistencia
< 0.60	consistencia inaceptable
entre 0.60 y 0.65	consistencia indeseable
entre 0.65 y 0.70	consistencia mínima deseable
entre 0.70 y 0.80	consistencia respetable
entre 0.80 y 0.90	consistencia muy buena
> 0.90	considerar reducción del número de ítems

Tabla 1. Coeficientes de análisis de la prueba de Cronbach. Fuente: Welch & Comer, 1988.

Resultados y discusión

En este apartado se observan los resultados previos obtenidos de las 24 empresas automotrices encuestadas en el estado Aguascalientes, los resultados muestran la descripción y los datos obtenidos del análisis del nivel de cumplimiento de las actividades que realizan los departamentos de la empresa, en un cambio de ingeniería.

4.1 Medición Alfa de Cronbach.

La Tabla 2 representa el valor de fiabilidad para las sub-variables o departamentos en la escala de cumplimiento. Como podemos observar, la consistencia del instrumento de medición según el Alfa de Cronbach se encuentra entre el rango de respetable y muy buena.

Departamento	Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
Ingeniería	0,867	0,872	15
Planeación	0,909	0,916	13
Desarrollo de Proveedores	0,787	0,815	2
Calidad	0,814	0,838	24
Ing. Industrial	0,763	0,756	4
Mantenimiento	0,73	0,74	2
Producción	0,724	0,757	4

Tabla 2. Estadística de fiabilidad del instrumento de medición de los departamentos involucrados en los cambios de ingeniería en una empresa automotriz. Categoría Cumplimiento. Fuente: propia.

4.2 Resultado del instrumento de medición.

En la figura 6, en la primera columna se muestra el objeto de estudio. En la segunda columna se muestra la categorización o descripción de los factores que componen el instrumento de medición, los cuales fueron obtenidos como resultados de la investigación exploratoria. El contenido se reduce a ocho categorías, las cuales se definieron como los departamentos principales que existen en una empresa automotriz. Estas incluyen a los departamentos de ingeniería, finanzas, planeación, ingeniería industrial, desarrollo de proveedores, calidad, mantenimiento y producción; en la tercera columna vemos 130 actividades o ítems a evaluar, en dos categorías que utilizan la escala de Likert. La primera evalúa el nivel de cumplimiento y la segunda el nivel de importancia que consideren de cada una de las actividades.

4.3 Resultados preliminares de los factores medidos.

En la figura 7 se visualizan los diagramas de caja y bigote, los cuales muestran los datos concentrados del nivel de cumplimiento de las actividades que realizan los departamentos o sub-variables relacionados con los cambios de ingeniería. Los datos que se presentan son el nivel de cumplimiento y el nivel de importancia, ambos son evaluados en un rango de escala del 1 al 10. El departamento de ingeniería en el cuartil inferior indica que el 75% de las empresas encuestadas reportan una calificación menor a 7.8 en el nivel de cumplimiento y el 25% califican su cumplimiento menor a 9.7. Así mismo, en el nivel de importancia se visualiza el 75% de los datos en un rango de 6.2 a 8.6 y el 25% de los datos en un rango de 8.6 a 10.

Ahora, se analizan los resultados del departamento de finanzas. En el nivel de cumplimiento se concentran los datos en el valor de 10, lo anterior significa, que esta actividad se cumple siempre; sin embargo se observan cuatro valores extremos o atípicos en la cola inferior, de los cuales destacan tres valores de 5, 2.2 y 1. En el nivel de importancia, también se observan los datos concentrados con un valor de 10 y dos valores atípicos con valores de 5 y 0. Ahora bien, en el nivel de cumplimiento, el departamento de planeación concentra el 75% de los datos en un rango con valores de 1 a 9; y el 25% de los datos en un valor superior a éste. En el nivel de importancia los datos se concentran en un rango con valores de superiores a 7.5 en su total.

Departamento	Actividades
Departamento de Ingeniería	Informa al personal de logística
	Requiere realizar un cambio de nivel de ingeniería
	Realizar la corrida de validación de PPAP
	Realiza las pruebas de validación de ingeniería
	Realiza los estudios iniciales del proceso
	Realiza el estudio de factibilidad
	Realiza la aprobación del personal de Seguridad e Higiene.
	Modifica el DFMEA
	Actualiza el AMEF
	Actualiza las instrucciones de trabajo
	Actualiza el instrumental o los dispositivos de las máquinas
	Actualiza diagrama de flujo del proceso
	Actualiza la lista de chequeo de auditoría de capas
	Actualiza el catálogo de ingeniería y sus registros
	Actualiza el código de barras
Departamento de Finanzas	Realiza la revisión del precio del producto
Departamento de Planeación	Revisa el sistema PEPS (primeras entradas, primeras salidas)
	Envía la orden de compra de maquinaria, equipo, equipo de medición, herramientas, etc., que sean afectados por el cambio
	Notifica a los proveedores del cambio de ingeniería
	Solicita las muestras prototipo al cliente
	Solicita las muestras prototipo al proveedor
	Solicita la disposición a material obsoleto al almacén
	Realiza un banco de seguridad de inventario
	Realiza el instructivo de manejo de material
	Ajusta el sistema Kanban
	Actualiza las órdenes de compra de los proveedores
Modifica la lista de chequeo del tráfico de materia prima	
Actualiza la base de datos del sistema de importación y exportación	
Asigna nuevo espacio para almacenar materiales nuevos	
Departamento de Desarrollo de Proveedores	Envía la solicitud del PPAP a proveedor
	Actualiza el plan de inspección de recibo de la materia prima
Departamentos que participan en las actividades que involucran los cambios de Ingeniería	Genera un reporte 8D o 3R (respuesta rápida PDCA)
	Identifica las piezas de PPAP
	Identifica las características especiales del cambio de ingeniería
	Identifica si son necesarios gages
	Programa la calibración de los gages
	Realiza la orden de compra para gages
	Realiza la instrucción para el uso de gages
	Realiza la validación del cambio de ingeniería
	Envía el PPAP para aprobación del cliente
	Realiza el plan de aprobación PPAP para proveedores
	Realiza un estudio dimensional del cambio de ingeniería
	Realiza estudios de capacidad de proceso antes del cambio (CPK)
	Realiza los estudios de capacidad de proceso después del cambio (CPK)
	Realiza estudios de MSA (R&R, Bias, Linealidad) en el caso que el equipo de medición lo requiera, o se adicione un nuevo equipo de medición
	Solicita adicionar anticorrosivo al producto, en el caso de haya un material que sea corrosivo en el producto
Solicita información del primer lote (trazabilidad)	
Solicita implementar la carta de control del control estadístico del proceso	
Realiza el programa de auditorías LPA	
Realiza la lista de LPA aplicables	
Plan de control de recibo	
Actualiza el plan de control de Proceso	
Modifica o agrega un pokayoke (dispositivo a prueba de errores)	
Audita el funcionamiento del pokayoke	
Actualiza las ayudas visuales	
Departamento de Ingeniería Industrial	Realiza la configuración del número de parte en el sistema MRP
	Actualiza la hoja de ruta del producto
	Actualiza el lay out de la planta
	Actualiza la lista de materiales
Departamento de Mantenimiento	Actualiza el plan de mantenimiento
	Modifica las instalaciones de servicio de iluminación, energía eléctrica, aire comprimido, agua, etc
Departamento de Producción	Informa al personal del cambio
	Identifica el material con etiqueta amarilla
	Solicita a recibo de materiales los registros del número de serie de las etiquetas de la materia prima
	Realiza la corrida de demostración de la capacidad de producción por hora o con el cliente

Figura 6. Categorización de los factores de los cambios de ingeniería en la industria automotriz. Fuente: propia.

Veremos los resultados del departamento de desarrollo de proveedores. En el nivel de cumplimiento la caja presenta el valor en el extremo superior y mediana de 10. El extremo inferior es de 7.6 de valor, y el bigote inferior tiene un valor de 5. Para este nivel de cumplimiento existes dos valores atípicos de 2.2 y 1.6. Semejantes son los valores para el nivel de importancia de este departamento. El valor de la mediana y los extremos es de 10; además que en este caso hay dos valores atípicos de 7.6 y 5.

En el caso del departamento de calidad vemos a la mediana que está representada por el valor de 8.1, el cual significa que la mayoría de las veces las empresas cumplen con las actividades que realiza este departamento. Mientras tanto, el cuartil inferior tiene el valor de 6.4, mientras que el superior tiene el valor de 8.2. El valor de la observación extrema inferior está más alejada de la caja que el valor de la observación extrema superior. Por otro lado, el departamento de calidad considera que las actividades son sumamente importantes con un valor superior a 9 representado por

la mediana, en un rango de entre cuartiles de 8.1 a 10, donde el valor extremo inferior tiene un valor de 6.5.

El departamento de ingeniería industrial en el nivel de cumplimiento es representado por la caja con un valor de mediana de 7.6, y nos dice que “la mayoría de las veces sí” se realizan las actividades de este departamento. Los extremos de la caja tienen valores de 4.5 y 8.8. El bigote superior tiene un valor de 10 y el bigote inferior tiene un valor de 0. De igual manera, el nivel de importancia al menos la mitad de las empresas consideran que es “sumamente importante” que se realicen las actividades en este departamento, lo anterior se ve reflejado con un valor de 10.

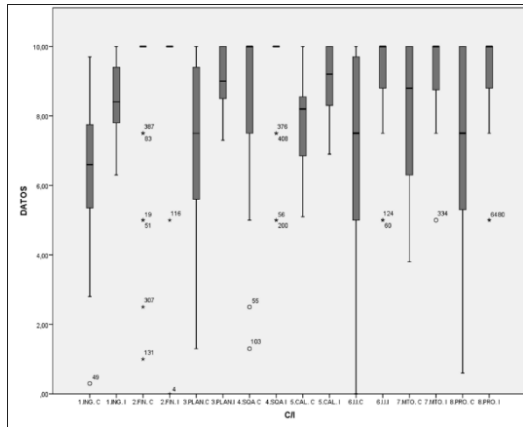


Figura 7. Diagrama de caja y bigote nivel de cumplimiento.
Fuente: propia.

Conclusión

Este trabajo presenta un cuestionario que evalúa las actividades que se efectúan en un cambio de ingeniería, y de lo anterior, obtener una propuesta metodológica para realizar esta actividad. Los resultados preliminares obtenidos son únicos hasta el momento, ya que no existen investigaciones previas. Esta investigación cualitativa muestra las etapas exploratoria y descriptiva, cubriendo una fase no planeada de análisis estadístico preliminar. Como pudimos observar, las empresas encuestadas realizan las actividades que se describen en el cuestionario en su mayoría, en un rango de la escala evaluada *desde siempre* hasta *la mayoría de las veces sí*. Lo cual permite continuar con esta investigación y da la apertura para que otros investigadores, sigan explorando el tema de las actividades que se ejecutan en los cambios de ingeniería. Dichas actividades son sumamente importantes, ya que de ellas depende una buena planeación y comunicación entre los departamentos involucrados; dado que las empresas automotrices y aquellas que quieran adoptar la metodología, tendrán mayor posibilidad de mejorar su productividad en la gestión de un cambio o integrarse como proveedor directo o indirecto de la industria automotriz; al mismo tiempo, el obtener más ganancias y negocios, beneficiará a nuestro estado de Aguascalientes y a la industria en general.

Agradecimientos

La autora agradece el apoyo parcial del CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), a los investigadores colaboradores en este trabajo y a los revisores de la revista Pädi.

Referencias

- Almohadi A., Dehghan, J., & Ruwanpura, J. (2011). The predictability of fast-track projects. *Procedia Engineering*.
- Bleicher, K. (2014). *Das Konzept Integriertes Management*. Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- Dashchenko, A. (2006). *Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories*. New York. Springer. doi:10826377
- EcuRed. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2017, de Conocimiento con todos y para todos: <https://www.ecured.cu/Metodolog%C3%ADa>
- ElMaraghy, H. (2005). Flexible and reconfigurable manufacturing systems paradigms. *International journal of flexible manufacturing systems*, 17(4), 261-276.
- Gobierno del Estado de Aguascalientes. (s.f.). Portal del gobierno del Estado de Aguascalientes. Recuperado el junio de 2017, de <http://www.aguascalientes.gob.mx>
- Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Estado de México, México: Red Tercer Milenio S. C.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Métodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Huang, G., Yee, W., & Mak, K. (2001). Development of a web-based system for engineering change management. *Robotics and computing integrate manufacturing*, 255-267.
- Ilbs, W. (1997). *Quantitive Impacts of Project Change: Size Issues*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte*, México. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Estructura Económica de Aguascalientes en síntesis*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). INEGI. Obtenido de Censos Económicos 2014. Resultados Definitivos.: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Conociendo Aguascalientes*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, & Gobierno del Estado de Aguascalientes. (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes*. Aguascalientes: INEGI.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática, & Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A. (2016). *Estadísticas a propósito de... la Industria automotriz*. México: INEGI.
- International Automotive Task Force. (2015). *Norma del sistema de Gestión de Calidad Automotriz IATF 16949. Integración de las normas ISO-IATF (2015-2016)*. Ginebra: AIAG.
- ISO 2009, ANFIA, FIEV, SMMT, VDA, CHRYSLER, . . . RENAULT. (2009). *TECNICAL SPECIFICATION ISO/TS 16949*. ISO copyright office.
- Karl, F., Reinhart, G., & Zaeh, M. (2012). Strategic planning of reconfigurations on manufacturig resources. 3, 608-613.
- Kernschmidt, K., Behncke, F., Wickel, M., Chucholowski, N., Bayrak, G., Lindemann, U., & Vogel-Heuser, B. (2014). An integrated approach to analyze change-situations in the development of production system. *CIRP*, 148-153.
- Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Morikawi, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., & Van Brussel, H. (1999). *Reconfigurable Manufacturing Systems*. 48(2), 527-540.

- Mittal, K., & Jain, P. (2014). An overview of performance measures in reconfigurable manufacturing system. *Procedia Engineering*, 69, 1125-1129.
- Monje Álvarez, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Colombia: Universidad Sur Colombiana.
- Quecedo Lecanda, R., & Castaño Garrido, C. (2002). Introducción a la metodología de la investigación cualitativa. *Psicodidáctica*(14), 5-40.
- Secretaría de Economía. (2012). *Industria Automotriz. Monografía*.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: PEARSON, Educación.
- Welch, S., & Comer, J. (1988). *Quantitative Methods for Public Administration*. Chicago: The Dorsey Press.
- Wickel, M., Chucholowski, N., Behncke, F., & Lindemann, U. (2013). Comparison of seven company-specific engineering changes processes. 3rd. International Conf. on model and Mag. of Eng. Processes.
- Xuehong, D., Mitchell, M., & Tseng, M. (2006). Understanding customer satisfaction in product customization. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31(3-4), 396-406.
- Zäh, M., Hagemann, F., & Teufelhart, S. (2009). Form-flexible tools for injection molding: approach for the economic application of injection molding form small lot sizes. German: German Academic society for Production Engineering (WGP).
- Zäh, M., Reinhart, G., Werner, J., & Aull, F. (2008). *Beherrschung zyklischer Innovationen in der Produktion*. Obtenido de *Werkstattstechnik* online 98: www.werkstattstechnik.de