

## Sistema ERP para la automatización de procesos productivos en el Sector Metal-Mecánico Automotriz

GÁLVEZ-GONZÁLEZ, Fabián\*†, ALAMILLA-CINTORA, Cuitlahuac, TAPIA-CALVO, Andrea Aurora, OROZCO-José Luis

Recibido 2 de Agosto, 2017; Aceptado 28 de Septiembre, 2017

### Resumen

El sector Metal-Mecánico es de los más dinámicos en México, ya que aporta el 14% del PIB manufacturero, y para su crecimiento se requiere de tecnología, inversión y capacitación orientada a esta industria, así como, mayor inversión en la industria de autopartes y utilizar nuevas tecnologías para mantener los estándares de competitividad que la economía demanda. El desarrollo del ERP-Enterprise Resource Planning para Maena Corporativo, empresa del Sector Metal-Mecánico Automotriz, tiene como finalidad automatizar los procesos productivos por medio del acceso a la información de manera confiable, precisa y oportuna, dando como resultado la reducción de tiempos y costos en cada uno de los procesos que involucran las operaciones de producción y de distribución de la compañía. Se utilizó como metodología de desarrollo el Modelo en Espiral, que permite producir versiones cada vez más completas durante el desarrollo del sistema, hasta generar la iteración final. El sistema está conformado en su primera etapa por los módulos: Logística, Ingeniería, Almacén, Producción y Control de Calidad. Las herramientas de desarrollo utilizadas en la parte del Backend son PHP y el Framework Laravel, en el FrontEnd se utiliza Bootstrap y plantillas Blade, y como sistema manejador de base de datos Microsoft SQL Server.

**ERP, Metal-Mecánico Automotriz, Procesos Productivos**

### Abstract

The Metal-Mechanical sector is one of the most dynamic in México, as it contributes 14% of manufacturing GDP, and it's grow requires technology, investment and training oriented to this industry, as well as greater investment in the auto parts industry. It also uses new technologies to maintain the competitiveness standards demanded by the economy. The development of ERP-Enterprise Resource Planning for the corporate Maena, a company of the Metal-Mechanical Automotive Sector, has the objective to automate the production processes through the access to information in a reliable, accurate and timely manner, resulting in the reduction of times and costs in each of the processes that involve the production and distribution operations of the company. The Spiral Model was used as a development methodology, allowing the production of ever more complete versions during the development of the system, until the final iteration. The system consists in seven modules: Logistics, Engineering, Warehouse, Production and Quality Control. The development tools used in the Backend part are PHP and the Laravel Framework, the FrontEnd uses Bootstrap and Blade templates, and as database manager system Microsoft SQL Server.

**ERP, Metal-Mechanical, production processes**

**Citación:** GÁLVEZ-GONZÁLEZ, Fabián, ALAMILLA-CINTORA, Cuitlahuac, TAPIA-CALVO, Andrea Aurora, OROZCO-José Luis. Sistema ERP para la automatización de procesos productivos en el Sector Metal-Mecánico Automotriz. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-2:33-41

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: fgalvez@utvm.edu.mx

## Introducción

En el estado de Hidalgo y en México el sector metal-mecánico es prioritario confirman que hubo una inversión por 35,000 millones de dólares en el país por el impulso de las industrias automotriz y aeronáutica en México; aportando el 14% al PIB nacional (INEGI, 2014); de lo anterior, esta plataforma pretende integrar los procesos operativos y administrativos que forman parte de la cadena de la industria metal-mecánica, para de esta forma, incrementar su competitividad.

Actualmente las empresas deciden invertir cada día más en sistemas de software que apoyen sus operaciones y cada uno de sus procesos que efectúan dentro de cada una de las áreas, tener la información necesaria para la toma de decisiones que sustenten su efectividad y control en cada uno de sus procesos productivos es vital para poder competir en este entorno globalizado.

Estos sistemas se conocen como ERP (Enterprise Resource Planning) y se refiere al conjunto de sistemas de información que integran y manejan las operaciones de producción y de distribución de una compañía, facilitando el flujo de información entre todos los recursos de una empresa, y que sirve a sus diversos departamentos o áreas (finanzas, recursos humanos, manufactura, cadena de abastecimiento, gestión de clientes, etc.)

Para que un sistema de planificación de recursos empresariales se considere como tal, debe de tener las siguientes características:

**Integral:** Debe controlar los diferentes procesos de la compañía bajo la premisa de que todas las áreas de una empresa tienen una relación entre sí, es decir, el resultado de un proceso es el punto de inicio del siguiente.

**Modular:** La funcionalidad de todo el sistema se encuentra dividida en módulos, que pueden instalarse dependiendo de las necesidades del cliente y de la empresa.

**Adaptable:** Los ERP están creados para adaptarse a cada empresa. Esto se logra por medio de la configuración o parametrización de los procesos de acuerdo con las salidas que se necesiten de cada uno.

Los sistemas ERP, han sido los más usados por su alto grado de manejo estadístico que permite estar monitoreando el estado real de la empresa, sin embargo el costo de las herramientas así como el no poder ajustarlo en su totalidad al entorno productivo hace que el Sistema ERP para la automatización de procesos productivos en el Sector Metal-Mecánico Automotriz para la empresa Maena Corporativo ubicada en el estado de Hidalgo, represente una gran oportunidad para entrelazar cada una de las áreas involucradas dentro de su cadena de valor en procesos como almacén, ingeniería, producción y calidad, así como toda la logística necesaria para lograr la entrega de cada una de sus partes solicitadas por sus diferentes clientes.

La funcionalidad final del producto consta de los siguientes módulos: Acceso y Administración, Logística, Ingeniería, Almacén, Producción y Control de Calidad; siendo cada uno de ellos importantes para llevar a cabo el proceso de producción de esta empresa.

En este artículo se presenta el desarrollo de este sistema de información, describiendo la metodología utilizada para su realización, haciendo énfasis en el análisis de los procesos así como también la estructura de la aplicación y en el último apartado se presentan las conclusiones de este proyecto, derivado de la construcción de esta plataforma web.

**Desarrollo****Planteamiento del problema**

El Estado de Hidalgo ha tenido un crecimiento importante en el sector de la transformación en los últimos años, específicamente en el área metal mecánica. Aun cuando el crecimiento ha sido notable, se ha detectado que esta industria en esta entidad carece de la implementación de herramientas de software que permita agilizar los procesos involucrados en su cadena de producción, la mayoría de ellas por los altos costos de los sistemas del mercado, que en su mayoría, al no ser sistemas para esta industria en particular, rebasan las necesidades de gestión de la informacióna cubrir

Es por ello que se requiere el desarrollo de una herramienta web que permita integrar y administrar la información que se genera en las empresas y que permitan adaptarse a la estrategia global de las organizaciones y a las necesidades de los clientes, buscado con ello, el crecimiento de este sector tan importante para nuestro país.

**Propuesta de solución**

Se propone desarrollar la plataforma web dirigida al sector metal-mecánico, con la finalidad de incrementar la productividad de este sector.

En relación al análisis efectuado dentro de cada uno de los departamentos de la empresa el sistema está conformado por 5 módulos principales, los cuales interactúan generando datos necesarios uno del otro para poder lograr una administración eficiente que es capaz de tomar de decisiones en un tiempo menor. Los módulos que conforman esta plataforma tecnológica son: Acceso y Administración, Logística, Ingeniería, Almacén, Producción y Control de Calidad.

Este proyecto debido a su importancia en el sector, fue sometido y aprobado dentro de los programas de CONACYT PEI2017.

**Pregunta de investigación**

¿Cómo lograr la implementación de una plataforma tecnológica web para el sector Metal-Mecánico Automotriz que sea eficiente y adaptable a sus necesidades y que permita garantizar la toma de decisiones de manera oportuna?

**Objetivo general**

Desarrollar un Sistema ERP enfocado a las necesidades de una empresa del sector Metal – Mecánico-Automotriz que automatice sus procesos productivos, permitiendo el acceso a la información de manera confiable, precisa y oportuna

**Objetivos específicos**

- Realizar la investigación de tendencias tecnológicas para el desarrollo del software.
- Realizar el Análisis de Negocio y Análisis de Requerimientos Técnicos.
- Desarrollar el manual de estándares de desarrollo.
- Realizar el modelado y script de datos.
- Desarrollar la plataforma web utilizando las herramientas de software seleccionadas.
- Generar pruebas unitarias y de calidad del sistema.

**Metodología a desarrollar**

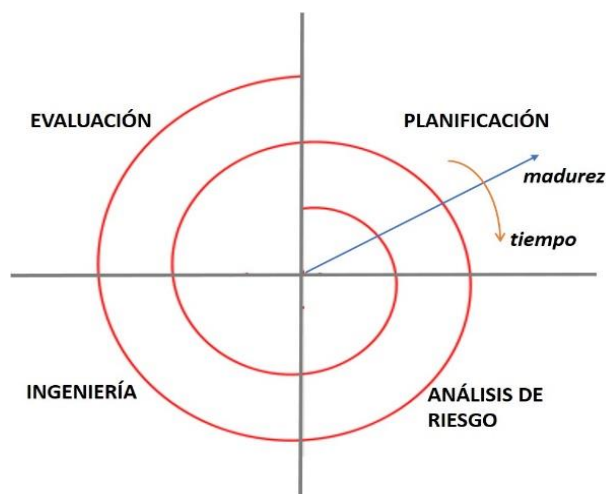
En el desarrollo de esta plataforma se utiliza una metodología de desarrollo, la cual está definida por fases sucesivas compuestas por tareas planificables.

La importancia que tiene ejecutar una sucesión de etapas es la retroalimentación que se obtiene, de manera que lo que se considera en una misma fase, puede ejecutarse más de una vez a lo largo del proyecto.

Es por ello que la metodología elegida para este Sistema ERP para ambiente web es el Modelo en Espiral (BOEHM, 1988). Es un módulo evolutivo del proceso de software y se basa en su naturaleza iterativa de generar prototipos.

Ésta metodología es utilizada ampliamente en la ingeniería del software, ya que hace uso de un enfoque evolutivo que permite al equipo de trabajo y al cliente entender las necesidades y reaccionar a los cambios que se detectan en cada iteración o espiral.

Este modelo de desarrollo incorpora un elemento inexistente en otros modelos, denominado “análisis de riesgos” y que está definido por cuatro actividades principales que se describen en los cuadrantes de la figura 1:



**Figura 1** Modelo de desarrollo en Espiral

Fuente: Barry Boehm (1988)

**Planificación:** Se definen objetivos y restricciones, por lo que el equipo de desarrollo de software realizará actividades definidas en un circuito alrededor de la espiral. Es importante mencionar que cada paso en esta etapa, da como resultado un ajuste del plan de proyecto.

**Análisis de riesgo:** Se identifican y se da solución a los riesgos, los cuales se consideran conforme se desarrolla cada iteración.

**Ingeniería:** Se desarrolla y verifica el producto del siguiente nivel, lo que da como resultado el desarrollo de una especificación del sistema, teniendo cada vez versiones más sofisticadas del sistema.

**Evaluación del cliente:** Se valoran los resultados y se hace la planificación para la siguiente fase. Es aquí cuando el costo y la programación de actividades se ajustan con base a los comentarios obtenidos por el cliente, y el líder del proyecto ajusta el número planeado de iteraciones que se requieren para concluir el sistema.

Durante cada una de las aplicaciones del modelo, se van generando versiones sucesivas del software, y cada iteración, permite obtener un modelo más completo del software, hasta llegar al sistema final que se pondrá en producción. Este modelo es considerado con un enfoque realista para el desarrollo de sistemas a gran escala, ya que, como el software evoluciona a medida que se va avanzando en el proceso, el desarrollador y el cliente reaccionan mejor ante los riesgos que pueda tener el sistema en cada interacción (PRESSMAN).

**Resultados**

Las metas de ingeniería obtenidas con el uso de esta tecnología son:

- Mejora en los tiempos de productividad de los usuarios del sistema.
- Disminución del tiempo de respuesta en la solicitud de información para cada uno de los módulos del sistema.
- Modernización en el sector metal-mecánico automotriz mediante el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

**Selección de herramientas de desarrollo**

Para la programación de la parte del Backend en el ERP se ha seleccionado el Framework Laravel basado en el lenguaje de programación PHP, debido a que es muy usado en el desarrollo de aplicaciones web, sobre todo en aquellas que sean dinámicas y tengan datos almacenados en algún manejador de base datos.

Por otra parte, PHP cuenta con una gran variedad de Frameworks que facilitan el desarrollo y organización del mismo. Los Frameworks más buscados por los usuarios son Codeigniter y Laravel, siendo este último el mejor posicionado desde hace dos años con 117,037 de acuerdo al sitio VS Schart; para comprender mejor estas estadísticas en la Tabla 1 se comparan los dos Frameworks.

Frameworks	Laravel	Codeigniter
Base de datos	Cassandra MySQL PostgreSQL Redis Microsoft SQL Server 2012 MongoDB	Oracle IBM DB2 Microsoft SQL Server 2008 R2 MySQL PostgreSQL MongoDB
Protocolos de E-mail	SMTP IMAP POP3 Mailgun Mandrill	SMTP IMAP POP3 Mailgun Mandrill

Paradigma de programación	Orientado a objetos Funcional Evento-disparador	Orientado a componentes
Documentación	Documentación de API Tutoriales Foros eBook Eventos	Foros Tutoriales Documentación de API Sitio de e-learning
Influencias	Django Ruby .NET Framework NodeJS	Clousure

**Tabla 1** Comparación Laravel vs Codeigniter  
Fuente: <http://www.vschart.com>

En el almacenamiento de datos dentro del proyecto se ha escogido Microsoft SQL Server debido a su capacidad de procesamiento, aunque es conocido que uno de los manejadores más utilizados es MySQL; sin embargo, la popularidad de MySQL se debe a que no requiere un pago para hacer uso de sus funciones, pero no cuenta con la robustez para procesos con la que cuenta SQL Server, como lo muestra la comparación de la Tabla 2.

Manejador de base de datos	MySQL	SQL Server
Costo	Libre y de pago	De pago
Open Source	Si	No
Plataformas	Linux, Windows y muchas otras	Sólo Windows
Límite de tamaño de la base de datos	Limitado por el sistema operativo	Limitado por el sistema operativo
Compatibilidad ACID	Depende del motor de almacenamiento	Si
Transacciones	Si	Si
Servicio de reportes	No	Si
Posibilidad de elegir diferentes formas de almacenamiento	Si	No
Claves Foráneas	Depende del motor	Si
Vistas	Si	Si
Procedimientos almacenados	Si	Si
Triggers	Si	Si
Cursorres	Si	Si
Subconsultas	Si	Si
Replicación	Si	Si
Lenguaje Soportado	Muchos incluyendo C, C#, C++, D, Java, Ruby, and Objective C	Java, Ruby, Python, VB, .NET, and PHP

XML	No soportado	Soportado
Certificación de seguridad	No	Si
Transacciones	Muy limitado	Extensamente soportado
Exportación	Básica	Completa
OLAP Service	No	Si
Data Mining	No	Si

**Tabla 2** Comparación SQL Server vs MySQL

Fuente: [www.latindevelopers.com](http://www.latindevelopers.com), [www.rapidprogramming.com](http://www.rapidprogramming.com)

En el diseño del Frontend se seleccionó Bootstrap para reducir el tiempo de diseño y al mismo tiempo lograr que el sistema sea responsivo para su visualización desde varios dispositivos, ya sean equipos de cómputo o dispositivos móviles (como tablets o smartphones), sin perder la integridad de la misma. Por otro lado, para validación de datos y funciones del lado del cliente se ha seleccionado el Framework de Javascript AngularJS debido a que se basa en el MVC (Modelo Vista Controlador) para separar la presentación, la lógica de negocio y los datos, tareas como actualizar interfaces cuando se agregan o actualizan datos en los modelos no será necesario programarlas completamente.

En la Tabla 3 se describen las características de **AngularJS**.

Características	Descripción
2-Way-data-binding	Esta continuamente observando que sucede en el modelo y la vista para actualizarlos automáticamente.
Expresiones	Cualquier valor, variable u operación se expresa entre llaves y se verá reflejado en la interfaz.
Directivas	HTML, DOM
Plantillas	Recibe el contenido estático y la información a representar desde el servidor, para combinarlos y crear la interfaz de usuario.
Filtros	Permite modificar el modo en el que se mostrará la información al usuario, mediante código similar a los Pipeline de Unix.

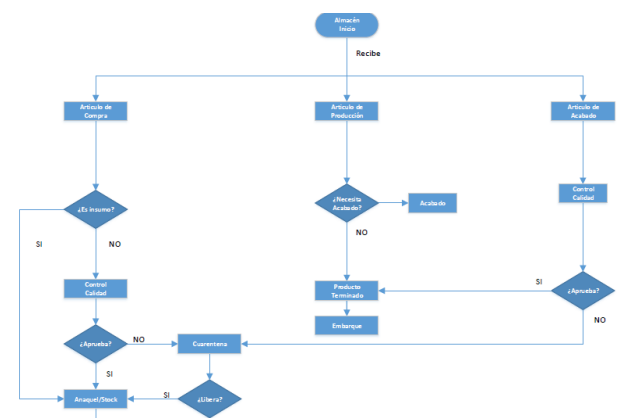
Servicios	Envía y recibe información al servidor que después será tratada por los controladores.
-----------	--

**Tabla 3** Características de AngularJS

Fuente: [www.genbetadev.com](http://www.genbetadev.com)

**Estructura de la aplicación**

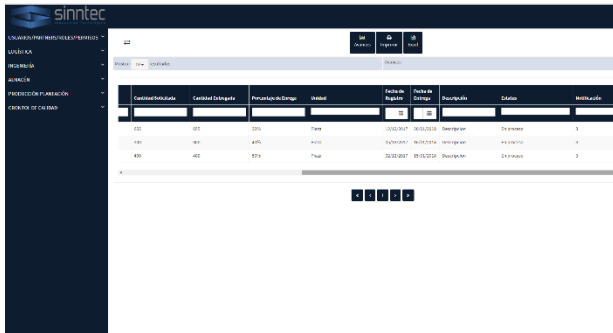
Como resultado del Análisis de Negocio y Análisis de Requerimientos Técnicos se obtuvieron la secuencia de los procesos que se desarrollan en cada módulo, generando los respectivos diagramas de flujo para los procesos encontrados en cada módulo, lo cual se ejemplifica en la figura 2.



**Figura 2** Diagrama de Flujo de Almacén (entrega de artículos)

Fuente: *Elaboración propia*

Parte importante en todo desarrollo es la interfaz gráfica (Frontend), por lo que se desarrolló la vista correspondiente a cada módulo. En la figura 3 se muestra un ejemplo de la interfaz gráfica de usuario desarrollada.



**Figura 3** Interfaz gráfica  
Fuente: Elaboración propia

Esta tarea permitió definir los módulos que componen al ERP desarrollado, los cuales a continuación se describen. Es importante mencionar que cada módulo cuenta con sus respectivas descripciones de Controles y Campos de la bd's, Funcionalidades, Validaciones y Mensajes para el usuario, que se encuentran detallados en la documentación del sistema.

**Módulo 1. Acceso y Administración**

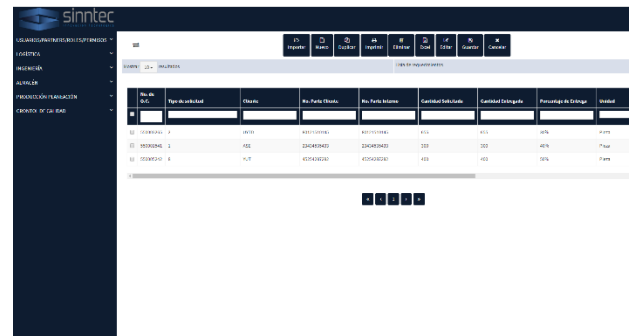
Permite el acceso del usuario al sistema, así como la solicitud de recuperación de su contraseña en caso de perderla, así como la administración del sistema en actividades como asignación de roles, registros de colaboradores, permisos por mencionar algunas características.

**Módulo 2. Logística**

Este módulo, es el más importante de los módulos del sistema ya que es donde se inicia, se da seguimiento y se da por terminado el proceso de producción de cierto requerimiento realizado por un cliente. Este módulo cuenta con funcionalidades importantes como Requerimientos, Planificación de Ordenes, Generación de órdenes, Avances y Liberación de Embarque.

**Módulo 3. Ingeniería**

En este módulo, su importancia radica en la creación y estandarización de todos los artículos que entran a planta, tanto los que se pueden fabricar (requerimientos) como los insumos que se utilizan en los procesos de transformación, y de igual manera todos los materiales que entran al almacén cuentan con 2 submódulos los cuales son Artículos y Consultar Artículos. En la figura 4, se ilustra una interfaz gráfica de éste módulo.



**Figura 4** Interfaz del módulo Ingeniería-submódulo Artículos  
Fuente: Elaboración propia

**Módulo 4 Almacén**

En este módulo, tiene como funcionalidad la recepción y entrega de los artículos en planta. Cuenta con tres submódulos los cuales son artículos de recepción, artículos de entrega, y artículos de stock. Se muestra como ejemplo el diagrama de flujo obtenido del análisis de las tareas llevadas a cabo en Almacén en la figura 2.

**Módulo 5. Producción**

Este módulo permite la administración de los artículos que se fabrican en la planta, así como todos los procesos referentes a maquinaria utilizada, planes de producción, ordenes de fabricación, cálculo de costos de producción, incidencias de trabajo y lista de materiales.

## Módulo 6. Control de Calidad

Último módulo, pero no por ello menos importante, ya que engloba la valoración de toda la cadena de producción y que esta logre optimizar los recursos y la reducción de los costos, ya que se aplican auditorías internas de calidad por parte de la empresa, valoración de proveedores y el registro de reclamaciones y rechazos internos. Como lo define el modelo de desarrollo utilizado, el modelo en Espiral, en cada iteración, se generaron versiones sucesivas del software, permitiendo obtener un modelo más completo del software, hasta llegar a la versión final del sistema.

## Conclusiones

Resulta de gran importancia utilizar las tecnologías de la información para contribuir en un sector tan importante para nuestro estado y para el país, con el presente trabajo desarrollo del ERP-Enterprise Resource Planning para Maena Corporativo, empresa del Sector Metal-Mecánico Automotriz del estado de Hidalgo, se demuestra que un sistema con esta funcionalidad trae como beneficios en primer plano en la parte económica y pero sobre todo agiliza el monitoreo que permite la solución en un menor tiempo y recursos involucrados en cada una de sus órdenes de trabajo solicitadas a la empresa.

El principal éxito de un sistema de esta envergadura es llevar a cabo un excelente y minucioso análisis que permite establecer las reglas de negocio que se puedan plasmar en los distintos requerimientos funcionales y no funcionales que dan pauta a establecer un modelo de datos coherente que permita el flujo de información de manera veraz y oportuna resaltado en el diseño de la funcionalidad establecida en cada uno de los principales módulos que soportan las actividades de esta empresa.

Al final el impacto mayor de este proyecto es la proyección que se le puede dar pues el número de empresas dedicadas a este tipo de mercado va en crecimiento, lo que nos da una pauta a seguir incrementando su funcionalidad que permita la estandarización y personalización que conlleve a poder replicarlo en más empresas dedicadas a esta actividad, tomando los módulos que se involucren en su cadena de valor.

Así mismo, el saber que existen espacios para dar a conocer nuevas ideas, e investigaciones, impulsa a seguir desarrollando proyectos que contribuyan en pro de la sociedad.

## Referencias

- ALVAREZ, C. (2015). *Introducción a AngularJS*. Obtenido de Sitio GengebetaDev: <https://www.genbetadev.com/javascript/introduccion-a-angular-js>
- ANDONEGI, J. M., CASADESUS, M., ZAMANILLO, E. (2005). *Evolución histórica de los sistemas ERP: De la gestión de materiales a la empresa digital*
- CORREA, A., GÓMEZ, R. A. (2009). *Tecnologías de la información en la cadena de suministro*. Dyna.
- GARCIA, J. (2014). *Desarrollo de Software dirigido por modelos: Conceptos, Métodos y Herramientas*. Alfaomega Grupo Editor
- INEGI (2014). *Actividad Económica Producto interno bruto*. Obtenido de Sitio web Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=23824>



Ingeniería de Software (2008). *Clasificación de los Requerimientos*. Obtenido del Sitio Ingeniería de Software:

<http://clases3gingsof.wikifoundry.com/page/Clasificaci%C3%B3n+de+los+Requerimientos>

Laravel (2016). *Laravel Docs: Installation*. Obtenido de Sitio Laravel:

<http://www.laravel.com/docs/5.2>

PRESSMAN, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. Madrid, McGraw-Hill.

RODRIGUEZ, E. (2012). *Estrategias y técnicas de Prueba de Software*. CINVESTAV, Tamaulipas. Obtenido de:

<http://www.tamps.cinvestav.mx/~ertello/swe/seccion15.pdf>

VERA, Á. B. (2006). *Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC*. Capic Review.

VsChart (2017). *Comparativa de Laravel vs Codeigniter*. Obtenido de Sitio VsChart:

<http://vschart.com/compare/laravel/vs/codeigniter>