

Optimización del Proceso Productivo: Implementación de Tecnologías Web en Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V.



Colaboración

Guadalupe Robles Calderón; Jacobo Robles Calderón; Marco Antonio Aguilar Cortés; Yamileth García Pérez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Fecha de recepción: 30 de agosto del 2023

Fecha de aceptación: 24 de noviembre de 2023

RESUMEN: Las tecnologías web desempeñan un papel crucial en prácticamente todas las industrias contemporáneas. En este estudio, nos enfocamos en la aplicación de estas tecnologías para supervisar el proceso productivo y calcular las capacidades en Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V. Para lograrlo, se implementó un sistema web que centraliza la información del proceso productivo en una base de datos, generando gráficos Yamazumi. Estos gráficos, herramientas invaluableles en la gestión de procesos de producción y manufactura, ofrecen una representación visual clara del flujo de trabajo, simplificando la identificación y corrección de desequilibrios y cuellos de botella.

La implementación del Sistema Web no solo permite ajustes y optimizaciones en tiempo real, sino que también potencia la toma de decisiones al proporcionar información en tiempo real, establecer metas realistas y administrar eficientemente los tiempos de producción y una gestión operativa más efectiva.

PALABRAS CLAVE: Industria 4.0, gráfico Yamazumi proceso productivo, sistema web, tecnologías web.

ABSTRACT: Web technologies play a crucial role in virtually all contemporary industries. In this study, we focus on the application of these technologies to monitor the production process and calculate capacities at Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V. To achieve this, we implemented a web-based system that centralizes production process information in a database, generating Yamazumi charts. These graphs, invaluable tools in the management of production and manufacturing processes, offer a clear visual representation of the work flow, simplifying the identification and correction of imbalances and bottlenecks.

The implementation of the Web System not only enables real-time adjustments and optimizations, but also enhances decision making by providing real-time information, setting realistic goals and efficiently managing production times and more effective operational management.

KEYWORDS: Industry 4.0, Yamazumi graphic, production process, web system, web technologies.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías web juegan un papel crítico en prácticamente todas las industrias ya que en la actualidad permiten la automatización de una amplia gama de procesos empresariales, desde la gestión de relaciones con el cliente, el control de procesos productivos, hasta la administración de recursos humanos y logística. Esto ahorra tiempo y recursos, aumentando la eficiencia operativa.

Este tipo de tecnologías permiten a las empresas acceder a una amplia gama de recursos que fomentan la innovación y el desarrollo de productos, así como un mejor control de las actividades y procesos al interior de las empresas.

El utilizar soluciones web ha dado pauta a la escalabilidad que en estos tiempos es crucial para garantizar que los sistemas puedan manejar el aumento de tráfico sin comprometer el rendimiento; así como la compatibilidad, la cual permite que las aplicaciones web puedan funcionar correctamente en diferentes entornos y dispositivos, incluyendo diferentes navegadores web, sistemas operativos y dispositivos móviles, considerando la Experiencia de Usuario (UX) al momento de interactuar con el sistema.

Las tecnologías web desempeñan un papel crucial en la implementación y el éxito de la Industria 4.0. La Industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, caracterizada por la integración de tecnologías digitales y la interconexión de sistemas para transformar la forma en que se lleva a cabo la producción y la gestión de la cadena de suministro.

A nivel nacional, la industria automotriz ha invertido más de 21,000 millones de dólares, que se han traducido en el inicio de operaciones de seis nuevas plantas de ensamble de vehículos y motores, la ampliación de la capacidad de producción de cinco plantas ya instaladas en el país, y la atracción de un mayor número de proveedores directos en torno a los nuevos desarrollos[1].

Considerando lo anterior, se tiene a la empresa Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V., de giro automotriz, que sirve a clientes globales de posventa y equipos originales con capacidades de diseño, ingeniería, fabricación y distribución, una cadena de suministro global ventajosa de extremo a extremo y una cartera de marcas, productos y tecnologías líderes en el mercado.

Tenneco es una empresa que está preparada para entrar en el futuro como un proveedor de soluciones, conocida por promocionar avances en la movilidad global y proporcionar soluciones para un rendimiento más limpio, eficiente, cómodo y fiable.

A partir de la gestión de productos ofrecidos a los clientes, surge la necesidad de tener un control exhaustivo del proceso productivo de la empresa. Este control implica el seguimiento detallado de la captura y cálculo de capacidades por cada unidad producida, con especial énfasis en las actividades ejecutadas por los operarios, tanto programadas como no programadas. Este monitoreo abarca el número de parte en producción, la cantidad de piezas por hora y los tiempos de producción asociados a cada unidad.

El objetivo es obtener un registro preciso de las actividades realizadas durante el proceso productivo, segmentado por operario y correlacionado con el número de parte en producción. Este enfoque busca proporcionar un panorama integral de la eficiencia y rendimiento del proceso. Para lograr esto, se implementa-

rá un sistema que capture y calcule automáticamente estos datos, generando información consolidada representada mediante gráficos Yamazumi.

Actualmente, el registro de maquinaria, actividades y operarios se realiza de forma manual mediante una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Esta metodología se utiliza para coordinar los tres turnos de trabajo y alcanzar las 24 horas de producción. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones, ya que la generación de los gráficos Yamazumi se realiza al finalizar cada turno. Esto puede resultar en una toma de decisiones desfasada, ya que no refleja con precisión lo que sucede en tiempo real durante la producción.

Además, los gráficos Yamazumi, fundamentales para identificar puntos positivos, áreas de oportunidad y posibles riesgos en el proceso productivo, también se generan mediante Microsoft Excel. Esta dependencia de herramientas manuales y el retraso en la generación de información visual pueden afectar la capacidad de tomar decisiones oportunas y precisas.

En este contexto, se busca implementar un sistema automatizado que permita el seguimiento en tiempo real del proceso productivo, agilizando la captura de datos, cálculos de capacidades y la generación de gráficos Yamazumi. Esto no solo optimizará la eficiencia operativa, sino que también facilitará la toma de decisiones basada en información actualizada y precisa.

Con base a la problemática anterior se desprende la siguiente pregunta de investigación:

¿La implementación un Sistema Web para el seguimiento de captura y cálculo de capacidades del proceso productivo mejoraría la toma de decisiones, así como el control y gestión de de información durante el proceso productivo de la planta?

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente apartado, se enlistan y describen las actividades y herramientas utilizadas para el desarrollo de un sistema web, con el objetivo de gestionar la información necesaria para alimentar la base de datos que permita la generación de gráficos Yamazumi en tiempo real, permitiendo implementar una plataforma analítica de gran volumen de datos, que apoye a la toma de decisiones dentro de proceso productivo.

Propuesta Tecnológica

Para poder desarrollar e implementar el presente proyecto, se consideraron las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) en colaboración con la empresa Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V.

La solución de propuesta fue el desarrollo e implementación de un Sistema Web para la gestión y control

del seguimiento de captura y cálculo de capacidades del proceso productivo que permita la generación de gráficos Yamazumi en tiempo real para una mejor toma de decisiones, lo anterior mediante un servicio web que de apertura a la conexión de múltiples usuarios dentro de la empresa, los cuales tendrán la función de alimentar la información del sistema en los diferentes momentos de procesos productivo.

Para poder llevar a cabo está implementación web se utilizó una metodología de desarrollo

a Object Oriented Hypermedia Design Model (OO-HDM, Método de Diseño Hipermedia Orientado a Objetos), la cual es una metodología orientada a objetos, tiene un proceso de desarrollo de cinco etapas donde se combinan notaciones gráficas UML con otras propias de la metodología[2].

Cada etapa se basa en una especificación de diseño donde las notaciones de modelado se derivan de diversas técnicas como Lenguaje de Modelado Unificado.

Fase 1. Obtención de requerimientos

En esta fase se trata de hacer la identificación de roles y tareas; el analista debe identificar los diferentes roles que cumplirán los usuarios, así como las acciones que realizarán dentro de la aplicación.

Como resultado de estas actividades se logra identificar los actores del principales de la aplicación, que serán: el gerente y supervisor de línea de producción así como operarios en turno. También se conoce el proceso a fondo obtenido la siguiente información:

Registro de actividades diarias, con base a la actividad a desarrollar, operario, fecha, maquinaria, clasificación que tiene con ver el grado de complejidad de la tarea. (Ver Figura 1)

No.	Descripción de la actividad	Clasificación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
1	Toma cono y traslado a mesa de subsensibles	SVAA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.63	1.61	1.12
2	Traslado a mesa de subsensibles	NVA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.10
3	Coloca tapón en conos de subsensibles	SVAA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	Traslado hacia herramental parte B	NVA	2.06	2.26	1.81	1.99	1.78	1.76	2.54	1.94	1.96	2.40	2.05
5	Desmonta subsensibles de parte B	SVAA	1.50	3.96	1.95	1.23	1.44	1.14	1.49	1.24	1.18	1.41	1.65
6	Traslado a parte C de herramental	NVA	1.69	1.91	3.29	1.34	1.54	1.18	1.30	2.90	1.58	1.78	1.85
7	Coloca subsensibles de parte B en C	SVAA	3.02	2.20	2.03	1.74	1.48	1.61	1.67	1.99	2.05	2.01	1.98
8	Clampea	SVAA	1.83	0.56	1.47	1.37	2.33	1.76	1.99	1.57	2.06	0.94	1.59
9	Traslado a parte A de herramental	NVA	1.90	1.64	2.33	2.24	2.17	2.35	2.30	2.32	2.61	2.20	2.21
10	Desmonta subsensibles de parte A	SVAA	1.48	1.11	1.48	1.78	1.49	1.30	1.39	1.71	1.16	1.16	1.41

Figura 1. Evidencia de registros de actividades.
Fuente: Recuperada de empresa Tenneco.

En esta fase se logra recabar toda la información referente al proceso productivo, personal, maquinaria, caracterizaciones, mediciones y actividades que se realizan durante la producción, así como las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de iniciar un turno de trabajo.

También se conoce como se establecen los lineamientos y reglas para la generación de gráficos Yamazumi, la importancia de esta representación radica en que ayuda a lograr un equilibrio en la carga de trabajo entre estaciones de trabajo o empleados, lo que significa que cada uno tiene una cantidad de trabajo aproximadamente igual. Esto evita que algunos operarios se sobrecarguen mientras otros están inactivos, lo que puede mejorar la eficiencia global del proceso.

Los gráficos Yamazumi dentro de la empresa permiten presentar mediante barras apiladas desde los puntos buenos hasta los más críticos del proceso productivo por asociados a un código de color como se muestra en la Figura 2.

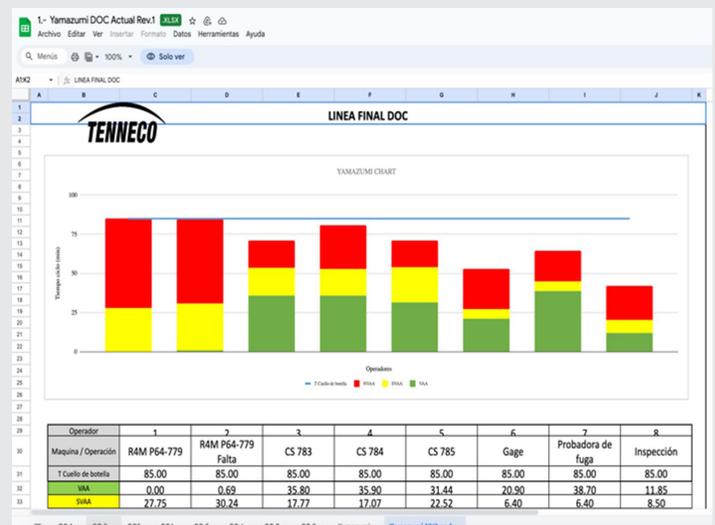


Figura 2. Evidencia de Gráfico Yamazumi.
Fuente: Recuperada de empresa Tenneco.

Con base a la información recabada se generan diferentes diagramas de caso de uso y diagramas de secuencia los cuales permiten conocer de manera estática el funcionamiento del sistema.

En la Figura 3 se muestra un diagrama de secuencia que muestra cómo se puede agregar una nueva maquinaria a un proceso productivo, este diagrama servirá para conocer la secuencia al momento de la programación.

En la Figura 4 se muestra un diagrama de secuencia que permitirá la eliminación de alguna medición se haya capturado de manera incorrecta o bien que ya no sea necesario en el proceso productivo.

Fase 4. Diseño de interfaz abstracta

Esta fase se realiza después de finalizar el diseño navegacional para especificar las interfaces de la aplicación, estos diseños ayudarán a percibir al usuario lo que se intenta en esta fase. Para realizar estos diseños se utilizarán ADVs (Vista de Datos Abstracta) que representan estados o interfaces y su dinamismo con la interfaz y no la implementación, sin entrar en detalles como el color, tipo de letra o entradas y salidas que ofrecen al usuario. Como resultado de esta fase se llevo a cabo el diseño de las maquetas del sistema, es decir, el diseño de como quedaría la interfaz durante el proceso de implementación, en la Figura 5 y Figura 6 se muestra el diseño de la interfaz del sistema web.

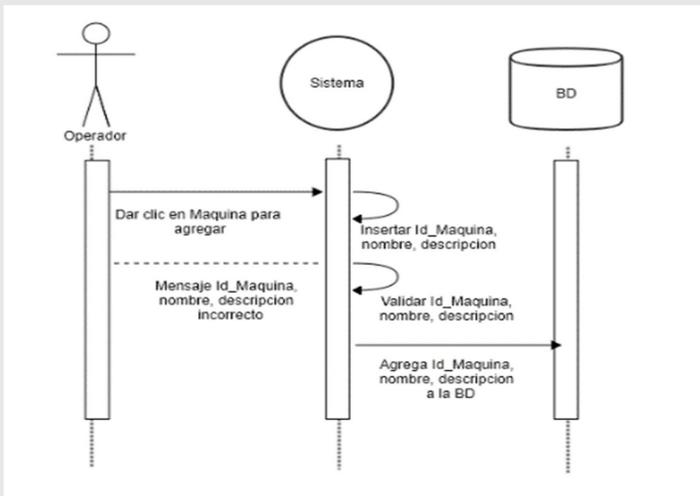


Figura 3. Diagrama de secuencia agregar maquinaria. Fuente: Elaboración propia.

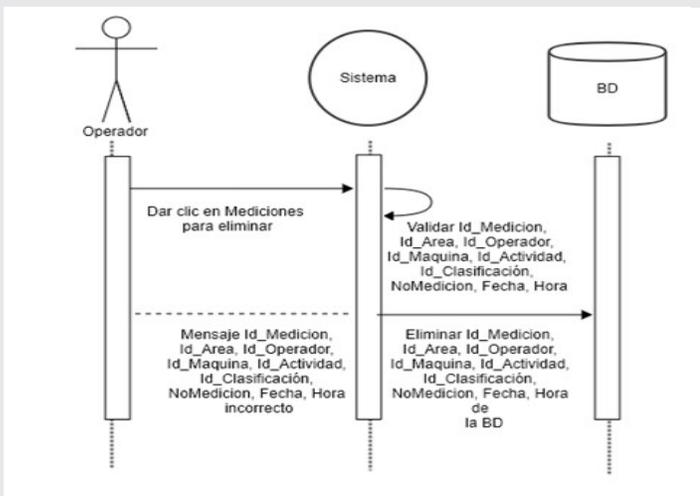


Figura 4. Diagrama de secuencia eliminar medición. Fuente: Elaboración propia.

Fase 2. Modelo Conceptual

En esta etapa se desarrolla un modelo enfocado en la semántica del dominio de la aplicación y no en los tipos de usuarios y sus tareas, haciendo el uso de clases, relaciones y cardinalidad. Se logra la definición de la base de datos del sistema tomado en cuenta los requerimientos de la Fase 1.

Fase 3. Diseño navegacional

En esta etapa se deben tener en cuenta las tareas que el usuario realizará dentro de la aplicación web, creando un modelo con clases especiales conocidas como clases navegacionales, utilizando nodos que son contenedores de información y utilizan un lenguaje intuitivo, estos contienen atributos de tipos básicos y enlaces que representan la navegación que puede tener un usuario. Esta fase permitió definir los menús navegacionales así como distribución de los formularios para la captura de información dentro de la aplicación.



Figura 5. Diagrama de secuencia eliminar medición. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6 Diagrama de secuencia agregar maquinaria. Fuente: Elaboración propia.

Fase 5. Implementación

Una vez que se tienen los modelos de los pasos anteriores se lleva a cabo la puesta en práctica. En esta fase de selecciona el lenguaje de programación y el

lugar donde se almacenarán los archivos, es decir el gestor de la base de datos, así como la herramienta con las que desarrollará las interfaces.

Para las fases de implementación o construcción se define la arquitectura de desarrollo, así como las diferentes herramientas y lenguajes de programación que ayuden al desarrollo de aplicaciones[3].

Las herramienta de desarrollo seleccionadas fueron: React: Al ser este una biblioteca de JavaScript de código abierto que permite el diseño para creación de interfaces de usuario interactivas que facilitan el desarrollo de aplicaciones web. Además, se encarga de actualizar y renderizar de forma eficiente los componentes cuando los datos cambian.

Java Script

Es un lenguaje de programación que permite implementar funciones complejas en páginas web, se puede utilizar este lenguaje cada vez que una página web hace un proceso o muestra información estática o bien actualizaciones de contenido[4].

MySQL

Como gestor de base de datos, ya que es un sistema de administración relacional de bases de datos. Una base de datos relacional archiva datos en tablas separadas en vez de colocar todos los datos en un gran archivo, esto permite velocidad y flexibilidad. Las tablas están conectadas por relaciones definidas que hacen posible combinar datos de diferentes tablas sobre pedido[5]. La importancia de contar con un gestor de base de datos es que los datos permanecerán en el tiempo, vinculados y de acceso libre para generar información relevante para la empresa.

RESULTADOS

Tomando en cuenta la ejecución de las 5 fases de la metodología OOHDM y una vez codificada la aplicación en su totalidad, se procede a la implementación, logrando los siguientes puntos importantes:

Se logra un inicio de sesión al Sistema Web, ya que anteriormente se trabajaba todo mediante la herramienta de Microsoft Excel no se tenía tanta seguridad al tener un libro sin contraseña asociada daba la posibilidad de que cualquier usuario pudiera tener acceso a la información y modificarla. Con este inicio de sesión se logra que se tengan usuarios específicos para el acceso a la información y sobre todo permisos y privilegios para el uso de esta. (Ver Figura 7)

Una vez que el usuario logra el acceso al sistema web se pueden llevar a cabo diversas actividades, tales como: registro de máquinas involucradas en el proceso de producción, actividades que tienen que llevar a cabo cada operario durante la jornada de trabajo, la clasificación requerida para generar el gráfico

Yamazumi, las áreas de trabajo consideradas para el proceso productivo, la maquinaria requerida para cada turno de trabajo, así como las mediciones necesarias para el proceso por turno.

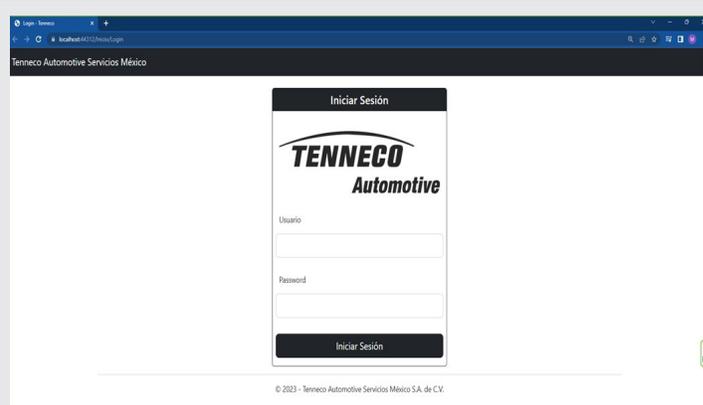


Figura 7. Características a utilizar usando GLCM.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se muestra la pantalla de bienvenida una vez que un usuario logra el inicio de sesión de manera satisfactoria, la información que se presenta el usuario puede saber las máquinas que se usarán en el turno, así como las actividades a llevar a cabo. En la parte superior del sistema se muestran todas las funciones que puede realizar el usuario al momento de lograr su autenticación al Sistema Web.

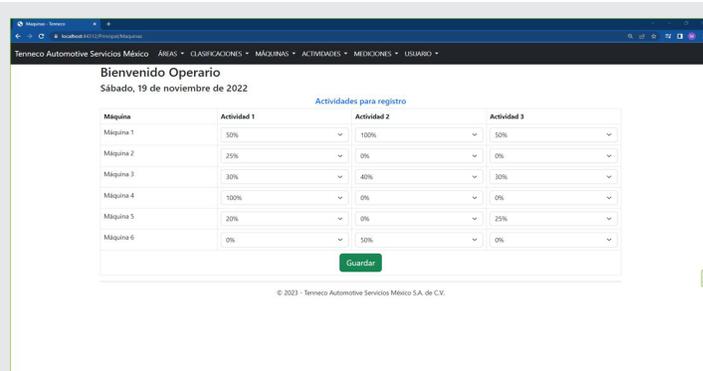


Figura 8. Interfaz de Bienvenida al sistema web.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9, se muestra un informe semanal, este informe permite conocer la información por semana de trabajo, las máquinas involucradas en el proceso y las actividades realizadas por máquina.

El punto importante que se persigue con este proyecto es la generación de gráficos Yamazumi en tiempo real. El gráfico Yamazumi es una herramienta visual utilizada en la gestión de procesos, especialmente en entornos de producción y manufactura. Fue desarrollado por Taiichi Ohno, uno de los principales impulsores del sistema de producción Toyota (TPS), y es una parte integral del método Lean Manufacturing, es por eso por lo que se aplica en el proceso de producción de la empresa Tenneco.

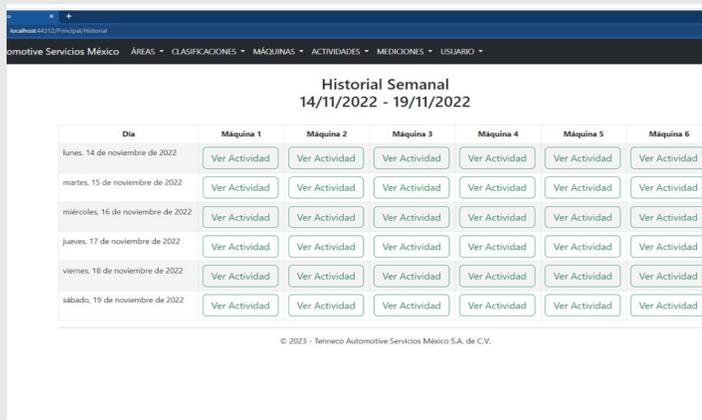


Figura 9. Interfaz de reportes semanales sistema web.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la implementación del sistema y con base a información almacenada de manera diaria y durante los tres turnos de trabajo con los que se trabaja actualmente se logran gráfico como se muestra en la Figura 10.

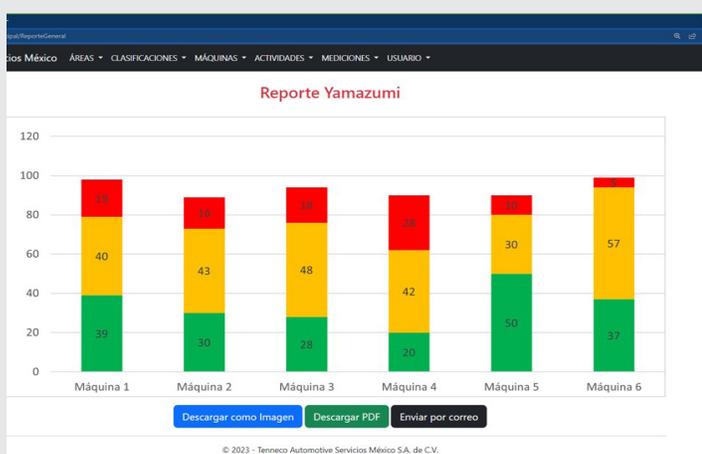


Figura 10. Interfaz de reportes semanales sistema web.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar se genera el gráfico considerando información por maquinaria, tomando en consideración la clasificación, como punto importante se puede hacer la descarga del gráfico como imagen, descargar en PDF o bien enviar la información por correo lo que permite que se pueda enviar a otro departamento o bien que se pueda imprimir la información con mayor facilidad o bien agregar la imagen del gráfico en algún reporte a con características específicas que se generan en el departamento de producción.

CONCLUSIONES

Las tecnologías web son esenciales para la competitividad y el crecimiento en la mayoría de las industrias modernas. Facilitan la interconexión global, la eficiencia operativa y la innovación, lo que hace que sean una parte integral del éxito empresarial en la actualidad.

Con la implementación del Sistema Web se logró un desarrollo web a medida, tomando en consideración el Modelo de Negocio de la empresa.

Tener los datos en una base de datos centralizada que se encuentra en una nube privada dentro de la empresa permite poder compartir la información con otros departamentos, anteriormente no se podía compartir información derivado a que las hojas de cálculo de Microsoft Excel tienen ciertas limitantes al momento de trabajar en entornos de red.

Se tiene información en tiempo real, lo que permite tener datos actualizados en cualquier momento del proceso productivo.

Se logra un mejor control de la información del proceso productivo ya que la información siempre está actualizada.

Con la implementación del Sistema Web se logra el control y automatización del proceso productivo, dando un paso para incursionar en la Industria 4.0 donde los sistemas están interconectados y se basan en tecnologías web para la supervisión y el control remoto de procesos de producción.

El uso del sistema web permite ajustes en tiempo real y optimizaciones de procesos.

Por lo que respecta a la toma de decisiones, al brindar una representación gráfica del proceso, el gráfico Yamazumi facilita la comunicación y la toma de decisiones basadas en datos tangibles y visuales. Esto puede mejorar la calidad de las decisiones y la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o en las condiciones de los clientes de la empresa.

La generación de gráfico Yamazumi mediante el Sistema Web permite visualizar claramente cómo se distribuye el trabajo entre diferentes etapas o pasos de un proceso. Esto es fundamental para identificar desequilibrios y cuellos de botella que pueden afectar la eficiencia y la productividad.

La importancia de los gráficos Yamazumi que genera el Sistema Web es que facilita la planificación y programación de la producción al proporcionar una representación visual clara del flujo de trabajo y los tiempos asociados. Esto es esencial para establecer metas realistas y administrar los tiempos de producción de manera eficiente.

Cabe mencionar que el código generado como parte del Sistema Web está en proceso del registro de obra ante INDAUTOR.

Con el desarrollo del presente proyecto, se puede apreciar que las tecnologías web son esenciales para

la competitividad y el crecimiento en la mayoría de las industrias modernas. Facilitan la interconexión global, la eficiencia operativa y la innovación, lo que hace que sean una parte integral del éxito empresarial en la actualidad.

Como trabajo a futuro se busca seguir aplicando las tecnologías web en otros departamentos de la planta, ya que proporcionan plataformas y herramientas para el procesamiento y análisis de Big Data, lo que permite obtener información valiosa sobre la eficiencia de la producción, la calidad del producto y más.

También se ha considerado en el futuro implementar en otros departamentos sistemas de control y automatización tomando en cuenta a la Industria 4.0 ya que estos sistemas están interconectados y se basan en tecnologías web para la supervisión y el control remoto de procesos de producción. Esto permite ajustes en tiempo real y optimizaciones de procesos.

En conclusión, las tecnologías web son fundamentales para la implementación efectiva de la Industria 4.0, ya que proporcionan la infraestructura necesaria para la interconexión, el análisis de datos y la gestión de procesos en tiempo real. Estas tecnologías son un componente clave para aprovechar al máximo los beneficios de la revolución industrial actual.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Tenneco Automotive Services México S.A. de C.V, especialmente al Ing. Roberto Juárez Carrasco por la oportunidad brindada para la implementación del sistema web así como la confianza de participar en la realización de este proyecto que persigue el concepto de Industria 4.0 o Industria Conectada.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Alberto, B. *Ind.Somos Industria. Obtenido de Destaca Mexico en produccion de autopartes. Obtenida el 29 de mayo de 2023, de la página electrónica:* <https://www.somosindustria.com/articulo/destaca-mexico-en-produccion-de-autopartes/#:~:text=En%20el%20caso%20de%20M%C3%A9xico,mil%20778%20millones%20de%20d%C3%B3lares.>

[2] Lamarca, M. *MODELO OOHDM o Método de Diseño de Hipertexto Orientado a Objetos. Obtenida el 7 de Septiembre de 2023 de la página electrónica:* [http://www.hipertexto.info/documentos/oohdm.htm.](http://www.hipertexto.info/documentos/oohdm.htm)

[3] Digital Guide Icons. *El diagrama de casos de uso en UML. Obtenido el 24 de Julio de 2023 de la página electrónica:* [https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/diagrama-de-casos-de-uso/.](https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/diagrama-de-casos-de-uso/)

[4] Rodriguez, J. *Gestiopolis. Definición de JavaScript. Obtenido el 22 Marzo de 2023 de la página electrónica:* [https://www.gestiopolis.com/definicion-javascript/.](https://www.gestiopolis.com/definicion-javascript/)

[5] *MYSQL. What is MySQL? Obtenido el 27 de marzo de 2023 de la página electrónica:* [https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html.](https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html)