



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

MANUFACTURERAS VILLANUEVA PLANTA ROATÁN (R2)

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

LEONARDO GEOVANY ENAMORADO VÉLEZ 21541102

ASESOR: ING. ALBERTO CARRASCO

CAMPUS: SAN PEDRO SULA

MARZO, 2021

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe muestra a detalle cada una de las actividades desarrolladas durante la duración de la práctica profesional realizada en Fruit of the Loom en Manufactureras Villanueva en la planta Roatán (R2), previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica en UNITEC.

El principal enfoque de la práctica profesional es integrarse y formar parte del equipo de trabajo en un departamento determinado de la empresa, aplicando los conocimientos, habilidades, técnicas y practicas aprendidas durante el periodo de enseñanza universitaria. En la industria manufacturera la mejora continua, el desarrollo de equipo que mejore la eficiencia y la calidad del trabajo, y la investigación de equipo concerniente al trabajo realizado, son algunos de las tareas designadas al ingeniero de procesos, el cual se encarga de llevar a cabo y realizar cada una de estas actividades en su día a día. Este informe concentra su información en el desarrollo de proyectos y el apoyo que se realizó en el área de ingeniería de procesos que abarca automatización, mantenimiento, mejora e investigación de procesos realizados en el piso de producción, asegurándose que la vitalidad de los equipos instalados este en óptimas condiciones y mantener un alto nivel de calidad en los sistemas implementados.

Palabras clave: *Prototipaje de maquinaria, diseño asistido por computadora, mejora continua*

Tabla de Contenidos

I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
1.1.1 MISIÓN	3
1.1.2 VISIÓN	3
1.1.3 VALORES DE LA EMPRESA	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO	4
1.3 OBJETIVOS DE PUESTO	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 MEJORAS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA INDUSTRIA	6
2.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA INDUSTRIA ACTUALMENTE	9
2.2.1 SOLIDWORKS	10
2.2.2 PLC	16
2.2.3 SCADA.....	18
2.2.4 AUTOCAD.....	26
III. DESARROLLO	33
3.1 Descripción del trabajo desarrollado.....	33
3.1.2 Visualización en 3D de la composición de procesos en planta	33
3.1.3 Desarrollo e investigación para un mecanismo capaz de insertar una etiqueta colgante ..	35
3.1.4 Instalación de sensores y programación de sistema de control en la celda inteligente.....	37
3.1.5 Trabajos misceláneos asignados	39
3.2 Cronograma de actividades	43
IV. CONCLUSIONES.....	44
V. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFIA.....	46

INTRODUCCIÓN

La mejora continua y el desarrollo en investigación de procesos y de maquinaria industrial innovadora son las principales problemáticas para muchos rubros los cuales dependen inherentemente del uso de herramientas que conllevan una cantidad considerable de sistemas mecánicos, así como de programación y electrónica, para desempeñar su trabajo diario. Muchos de los rubros idean sus propios equipos, creados en su entorno, para llevar a cabo diferentes procesos, los cuales son necesarios para realizar un producto el cual puede ser un conjunto de múltiples procesos que se basan en el uso de maquinaria industrial para dar finalizado un recurso. El presente trabajo expondrá cada una de las actividades realizadas en la práctica profesional durante el periodo de 10 semanas en la empresa manufacturera Fruit of the Loom en la planta llamada Roatán (R2) ubicada en Villanueva, Cortés. Esta planta se concentra en la fabricación, confección y empaque de sudaderas y pantis, así como el etiquetado respectivo de cada una de las prendas para ser enviadas a los diferentes clientes. Como parte del equipo administrativo se trabajará en conjunto con el departamento de ingeniería de procesos, el cual lleva consigo diferentes áreas como investigación y desarrollo, manejo de tiempos dentro de la planta de producción, y la mejora continua de procesos dentro de la planta. A partir de los diferentes proyectos que se implementarán, uno de los principales objetivos es lograr una operación eficiente, de alta calidad, manteniendo o mejorando los tiempos en los cuales estos se desarrollan, ya que la meta primordial es mantener el estándar de calidad más alto de la industria textil, así como mejorar la cantidad de tiempo utilizado para llevar a cabo la confección de una prenda. En este informe se encontrarán algunas generalidades de la empresa, investigaciones y proyectos aplicables al área de trabajo y la exposición de las diferentes tareas realizadas durante la duración de la práctica profesional.

I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se expondrán un poco la historia y la principal función de las industrias manufactureras alrededor del mundo, en específico, de Fruit of the Loom. Se mencionarán los campos en los cuales la industria textil se basa, así como las diferentes áreas que estas abarcan en el trabajo diario.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

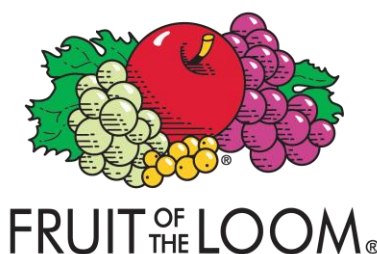


Ilustración 1. Logo de Fruit of the Loom

Fruit of the Loom es una es una marca reconocida a nivel internacional gracias a su alta calidad de productos, así como su longevidad dentro del mercado elaborando artículos de ropa para hombres, mujeres y niños. En la actualidad Fruit of the Loom es una de las compañías líder que se especializa en el mercadeo, diseño y manufactura de ropa interior, camisetas y ropa casual; en Estados Unidos es el mayor vendedor de calzoncillos de hombre hasta el día de hoy. Fruit of the Loom tiene más de 160 años produciendo diferentes prendas que se han adaptado a las necesidades de la clientela, del cual se ha diversificado desde sus inicios.

Fruit of the Loom inicio en la década de los 1800s en Rhode Island, originalmente integrada por los hermanos Benjamin y Robert Knight, conocida anteriormente como la corporación B.B. and R. Knight, iniciando su primera fábrica en 1851. Cinco años después en 1856, la compañía obtuvo su conocido nombre ya que Robert Kinght visitó a su cliente y amigo Rufus Steel, al observar a su hija realizaba pinturas de manzana en los rollos de tela que este vendía, obteniendo y patentando su nombre en 1871. Fruit of the Loom es una de las marcas más antiguas que existen, esta incluso precede algunos productos como los bombillos, el automóvil y la Coca Cola. A partir de la adquisición de la compañía por parte de Berkshire Hatway en 2002, Fruit of the Loom ha integrado a su catálogo diferentes marcas como lo son Russell Athletic, Spalding y Jerzees expandiendo su

alcance, el mercado y los productos que se ofrecen. Fruit of the Loom toma en serio la responsabilidad corporativa y se esfuerza por brindar apoyo a las comunidades en las que se encuentran sus instalaciones. También se compromete a garantizar que opera de manera socialmente responsable para proteger los derechos de sus empleados, socios, etc. Por último, Fruit of the Loom se compromete a tomar medidas proactivas para reducir su impacto en el medio ambiente. Cumple con todas las leyes y normativas medioambientales y se esfuerza por ser lo más ecológico posible.

Algunos de los valores fundamentales que cementan la responsabilidad con la perfección son "El compromiso con la excelencia", "Orientados a la acción" y "Orientados a los resultados", son algunos de los pilares en los cuales esta empresa basa su criterio para llevar a cabo los diferentes procesos que hacen que cada una de sus prendas sea reconocida a nivel mundial. Como parte de este compromiso se han asignado durante la práctica profesional el apoyo de diversos proyectos para llevar a la realidad cada uno de los principios anteriormente mencionados que consisten en la ayuda brindada al asociado, así como proyectos enfocados a la ergonomía e incremento de eficiencia de labores del asociado, aumentando así su producción.

1.1.1 MISIÓN

Generar un impacto positivo en la calidad de vida de todas las personas cuyas vidas se ven afectadas por la producción y el consumo de nuestros productos enfocándonos en nuestros Principios Operativos y Código de Conducta.

1.1.2 VISIÓN

Al retener a las mejores personas, en 2025 Fruit of the Loom será el socio preferido de nuestros clientes ofreciendo servicios totalmente integrados en nuestros mercados elegidos.

1.1.3 VALORES DE LA EMPRESA

- Apreciar a la gente

Las personas son nuestro mayor activo. Estamos comprometidos a crear un ambiente de trabajo divertido y satisfactorio y a brindar oportunidades de crecimiento para todos los miembros del equipo.

- Centrado en el cliente

La satisfacción del cliente es primordial. Nos enfocamos continuamente en el más alto nivel de servicio al cliente a través del cultivo de relaciones a largo plazo.

- Comunidad

Damos nuestro tiempo y talento para construir relaciones sólidas dentro de la empresa y en las comunidades a las que servimos; nuestra cultura de dar reconoce la importancia que le damos a ambos.

- Integridad

Estamos orgullosos de trabajar en Russell y operar con un comportamiento profesional honesto, directo.

- La seguridad

La seguridad es más que un programa o una política. Honramos un compromiso personal con la seguridad en todos los niveles de nuestra organización.

- Innovación

Nos esforzamos por redefinir el estándar de excelencia agregando valor a través de equipos inspirados, innovadores y empoderados.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

En Fruit of the Loom, el personal es uno de los recursos más valiosos que considera la empresa, por esto mismo las responsabilidades designadas para cada uno de los asociados están íntimamente conectadas a los resultados obtenidos. El ingeniero de procesos es el responsable de diseñar, implementar, controlar y optimizar procesos industriales, así como maquinaria industrial para transformar o integrar materia prima en el producto finalizado. El departamento es guiado por un gerente de ingeniería el cual lleva el control directo y la supervisión de cada uno de los proyectos, mejoras y labores que se llevan a cabo dentro del departamento, así como dar la pauta para los pasos a seguir dentro de cada uno de los avances de dichas actividades.

Dentro de Fruit of the Loom, el ingeniero de procesos requiere de una labor de 5 días a la semana con 8 horas laborales diarias, además de contar con el apoyo de los diversos departamentos que se encuentran en planta, así también como los diferentes ingenieros de procesos en otras plantas.

1.3 OBJETIVOS DE PUESTO

A continuación, se detallará el objetivo general y los objetivos específicos del puesto laboral de Ingeniero de procesos en Fruit of the Loom.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

En el día a día, los ingenieros de procesos diseñan procesos y equipos para la fabricación, monitorean los equipos a través de pruebas regulares y brindan una supervisión estratégica de los procesos que se implementan.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar, diseñar y desarrollar nuevos equipos
- Desarrollar, configurar y optimizar procesos industriales, desde la ideación hasta la certificación
- Gestionar las limitaciones de tiempo y costos.
- Ejecución de auditorías de riesgo de los equipos y procesos que se utilizan.
- Recolectar datos, redactar informes y presentar hallazgos a la alta dirección.

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestran las ventajas de la implementación de la industria 4.0 en la industria manufacturera y en la industria textil, y también algunas industrias con procesos industriales aledaños a esta, así como las diferentes aplicaciones que se le pueden dar a estos sistemas inteligentes. Se expondrán la utilización de softwares utilizados en el día a día en la industria tanto manufacturera como alrededor del mundo y se explicarán algunas de las aplicaciones que se les da a las herramientas dentro del software.

2.1 MEJORAS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA INDUSTRIA

Desde los inicios de los tiempos, el hombre siempre ha mantenido su enfoque en realizar las tareas asignadas de manera más eficiente, reduciendo el trabajo que se realiza en cada uno de las diversas actividades que se realizan para transformar materiales en un producto terminado. Muchos trabajos, e incluso algunas tecnologías han desaparecido o se han convertido en tareas obsoletas y arcaicas, gracias a la innovación tecnológica que se realiza al efectuar la integración de diferentes sistemas a un proceso. Estos cambios han llevado a lo hoy se conoce como la revolución industrial dentro de los procesos industriales que se llevan a cabo en determinado tiempo. Hasta el día de hoy se han realizado 4 revoluciones industriales, las cuales llevan consigo diferentes cambios y adaptaciones que se realizan para la mejora y la optimización de un proceso, que conllevan a una producción más eficiente y en mayor volumen. De acuerdo a Cloppenburg (2017) "La cuarta revolución industrial utiliza sistemas ciber físicos para aumentar la productividad y flexibilidad de producción. Un sistema físico cibernético es el resultado de la fusión de objetos, como un producto o una máquina, con objetos virtuales de procesamiento de información." Esto implica que las mejoras realizadas dentro de un proceso no solamente están limitadas a objetos tangibles y sistemas físicos, gracias al avance tecnológico del siglo XXI, la industria 4.0 permite a un proceso y a una fábrica estar íntimamente conectados para la realización de un proceso y para la manufactura de diferentes productos.

Cabe resaltar que esta diversificación de tecnologías de punta no fue un proceso inmediato, ya que muchas de las implementaciones de estas tecnologías tuvieron que pasar por un proceso de evolución para poder lograr la realización óptima de cada una de las tareas o

procesos en los cuales se quiere integrar. Esto hace que no solamente las tecnologías tengan que realizar un proceso de evolución, sino también las personas, y el conocimiento de las mismas, tienen que desenvolverse alrededor de las múltiples tecnologías. Zakoldaev (2020) realizó una investigación en la actualización de una fábrica que realiza sus operaciones bajo esquemas de la industria 3.0 y las implicaciones que esto conlleva, con lo cual concluyó lo siguiente: "Para preparar un especialista en Industria 4.0 es necesario crear nuevos componentes de la documentación educativa con un estudio de perfil y literatura de métodos." Esto permite concluir que la transición que existe de una revolución industrial a otra no resulta una tarea simple, fácil e incluso corta, este cambio trae consigo muchas facilidades, conectividad simplista y la optimización de muchas áreas en específico, sin embargo, esto se realiza a cambio del precio de la educación forzosa del personal para llevar a cabo el desarrollo de su implementación, y el mantenimiento continuo de cada una de las tecnologías implementadas. Sitepu (2020) realizó un estudio concerniente al enfoque socio-técnico para evaluar la preparación de organizaciones para la Industria 4.0, en el cual Sitepu recalca la importancia de realizar un estudio para la preparación de la empresa o fábrica para realizar el cambio a la industria 4.0, ya que estos cambios traen modificaciones tanto significantes como de baja importancia dentro de todos los aspectos de la organización. Sitepu concluyó que se utilizaron métodos y estudios científicos para el desarrollo del análisis para la preparación, así como el plan de acción a tomar para realizar una transición efectiva hacia las tecnologías de la industria 4.0.

Pero esto no quiere decir que la transición de tecnologías tiene que ser un proceso, arduo, tedioso y costoso, en realidad es todo lo contrario ya que la implementación de tecnologías relevantes a la industria 4.0 hace que la efectividad en realizar procesos dentro de la planta, así como la construcción o transformación de materias primas, se vea reflejado inmediatamente en la comparación de tiempo, resultados y eficiencia dentro de la implementación efectuada. Tal es el caso de la investigación realizada por Raj (2020) acerca de la contribución y beneficios de la industria 4.0 en el desarrollo sostenible y la visión de Malasia. Esta investigación concluyó que: "La Industria 4.0 puede contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible de manera efectiva a los principios imperantes de economía, social, medio ambiente y también los objetivos específicos de la Agenda 2030 de personas, planeta, prosperidad, paz y una asociación si hay un cambio de

mentalidad e inversión en digitalización. Este estudio concluye que la nueva medición del beneficio del desempeño debe ser visto desde la perspectiva del pilar DS del medio ambiente y social como ya que la perspectiva la industria 4.0 comienza desde la economía." Esto permite concluir que la implementación, desarrollo, así como el impulso de la industria 4.0, permite que diferentes enfoques dentro de una empresa sean beneficiados gracias a la implementación del mismo.

Esto lleva a discernir entre cada una de las etapas del cual se desarrolló la industria, tomando los conceptos de mejora, así también como los conceptos fallidos que sirven como una lección y un área de aprendizaje para el siguiente paso de la empresa. La primera revolución industrial inició en el siglo XIX donde la existencia de máquinas funcionales a partir de vapor o agua permiten el reemplazo total o parcial de la manufactura constituida por animales. Esto condesciende que la producción de los elementos crezca de manera considerable, haciendo eficiente la producción constante de los productos.

A partir del cambio de fuentes de energía, como lo fue la facilidad de obtención de energía eléctrica en el siglo XX, hace que el enfoque de la maquinaria se vuelva hacia la eficiencia, la efectividad y la mejora de la calidad del producto, permitiendo que se centralice el análisis de cada uno de los trabajos que son realizados dentro de la fábrica, marcando el inicio de algunos de los principios ergonómicos y modalidades científicas enfocadas en la mejora y regulación de los trabajos que se pueden óptimamente. Cabe mencionar que en este paso de la revolución industrial se vio marcada la creciente preocupación por problemas ambientales causados por la utilización de esta maquinaria.

Haciendo seguimiento de la utilización de la energía eléctrica como fuente principal de los procesos de manufactura, nuevas invenciones y los siguientes desarrollos apuntaban hacia los dispositivos electrónicos. Lentamente, algunos dispositivos y tecnologías fueron siendo reemplazados por implementaciones más óptimas con mejoras siquiera comparables anteriores como lo fueron las computadoras a las máquinas para escribir, los transistores para los tubos de vacío y ábacos para las calculadoras, sin embargo, los problemas ambientales no dejaron de

existir, y se convirtieron en el principal problema para cada una de las industrias que utilizaban fabricas para manufacturar sus productos.

Nasution (2020) estudió los conceptos relevantes a la industria 4.0 y la literatura concerniente a los problemas que esta resuelve dentro de la temática de la producción y del medio ambiente. Este concluye que se puede desarrollar una fábrica inteligente, el cual, al incluir dentro de sí un computador cuya programación este controlado por un algoritmo, permite la causa y efecto de diferentes tecnologías; en su investigación el científico explica que el primer efecto es la tendencia a automatizar el control, operación y el monitoreo de máquinas que involucran movimientos mecánicos. Así mismo, estas tecnologías implementan un sistema de comunicación que está profundamente relacionado con la captación, recepción y emisión de información pertinente de la misma. En conclusión, él explica:

Los avances tecnológicos han provocado cambios en el mundo industrial, que, en esencia, implica la automatización de todos los aspectos de sus intereses. El cambio afectó al viejo mundo de una industria que todavía estaba moviéndose manual y mecánicamente. Hay dos formas de pasar de industrias antiguas a nuevas, adaptando nueva tecnología y preparando a los expertos relacionados, a la vez. (p.12)

2.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA INDUSTRIA ACTUALMENTE

El desarrollo tecnológico del siglo XXI no tiene comparación, ni medida con alguna otra era, o siquiera alguna otra revolución industrial. Para efectos de comparación, se puede tomar un computador capaz de realizar diseños y caculos en tiempo real para cualquier área de la cual se esté integrando, del año 1990 a un computador de la misma gama del año 2020. En 20 años el avance tecnológico es sin precedente alguno ya que el computador más avanzado permite hacer cálculos, modelos y diseños los cuales comparando su tiempo de resultados con el computador de anterior generación, hubiera tomado meses e incluso años para realizar la misma tarea que tomo segundos en realizar. Esto permite concluir que la implementación tecnológica está limitada por el factor económico ya que en la era actual de la información todo esto se encuentre a segundos de búsqueda.

2.2.1 SOLIDWORKS



Ilustración 2: Logotipo actual de la compañía SolidWorks (SolidWorks, 2021)

SolidWorks es un programa CAD y CAE de modelado de sólidos, para múltiples implementaciones y el desarrollo de piezas el software de modelado en 3D, SolidWorks es una de las herramientas más utilizadas actualmente en la industria, ya que SolidWorks no solamente actúa como un software capaz de realizar modelos, sino que también posee herramientas de ingeniería básicas para el desarrollo, realización y mejoras para los diferentes prototipos y proyectos de millones de ingenieros alrededor del mundo.

SolidWorks se consolidó como empresa en diciembre de 1993 por Jon Hirschtick, quien reclutó a un equipo de ingenieros que se propuso crear un software CAD en 3D que estuviera destinado a ser accesible, asequible y disponible en el escritorio de Windows. Poco después, en noviembre de 1995, se lanzó SolidWorks. Fue el primer modelador significativo para Windows. Esto resultó ser un gran paso en la evolución posterior de CAD. Si bien AutoCAD se había lanzado mucho antes, SolidWorks aportó algo nuevo a la mesa: el modelado 3D.

A través de los años SolidWorks se fue transformando de un simple software para el modelado en 3D, hasta convertirse en una herramienta completamente robusto capaz de realizar algunos de los análisis más complejos desarrollados en la industria desde el diseño de sistemas eléctricos, simulaciones de fluidos, pruebas de estrés y esfuerzos, análisis de costos, renderizado, entre muchas más herramientas útiles en el día a día para la construcción, desarrollo, investigación, prototipaje y ensamblaje de piezas y dispositivos mecánicos.

Uno de los ejemplos más básicos demostrando el principio de utilización de las herramientas de SolidWorks fue ejemplificado por Nedelcu (2020), el cual realizó un estudio cinemático y cineostático de un mecanismo de agitación con SolidWorks Motion, una herramienta

en el software de SolidWorks especialmente diseñado para el estudio preciso de fuerzas, movimientos y esfuerzos en estructuras o piezas en movimiento.

Nedelcu (2020) afirmó que:

Hemos presentado los pasos necesarios para analizar el mecanismo del agitador y obtener la posición, parámetros cinemáticos y cineostáticos a través de ecuaciones analíticas y el software SolidWorks Motion. Los valores numéricos calculados por ecuaciones teóricas se compararon gráficamente con los resultados de SolidWorks Motion. Las magnitudes de todos los resultados indicaron una excelente concordancia con los valores obtenidos por análisis en el software SolidWorks Motion. (p. 10)

Gracias a esto se puede concluir que además de ser una herramienta extremadamente útil para la utilización continua gracias a cada una de las aportaciones que este permite hacer, SolidWorks no solo es una ayuda visual, sino que también es una herramienta de cálculo confiable y verificable en comparación al cálculo en la vida real.

No solamente piezas y componentes se pueden realizar gracias al estudio y diseño de las múltiples herramientas de SolidWorks, ya que gracias a la herramienta de ensamblaje dentro del mismo permite al usuario conectar diferentes piezas simulando la unión entre a través de diversos métodos sea, tornillos, soldaduras o simplemente el contacto entre ambos. KaiJie Xu (2020) realizó una investigación considerando la integración de múltiples piezas para el diseño de la estructura de un robot biónico multiarticulado basado en SolidWorks. A través de realización de piezas utilizando la tecnología de impresión en 3D para la materialización de las piezas, Xu efectuó el diseño completamente en SolidWorks, así como el análisis de las diferentes piezas que se implementarían dentro de la estructura. Xu (2020) afirmó que: "Este artículo propone un método para diseñar y fabricar un robot de articulaciones múltiples utilizando SolidWorks y 3D tecnología de impresión. Los experimentos muestran que la carcasa impresa puede cumplir con los requisitos de rigidez." (p. 5)

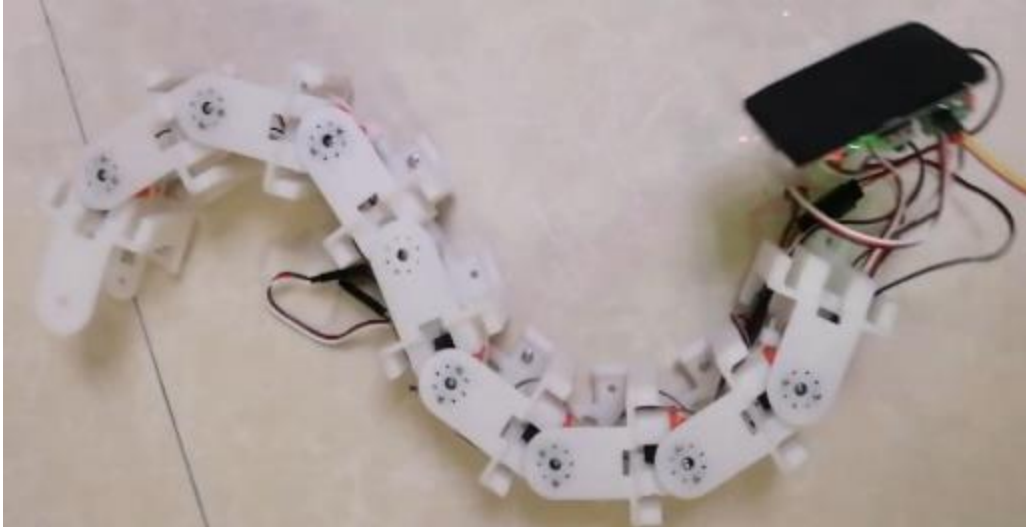


Ilustración 3. Estructura completada de la investigación KaiJie Xu (2020)

Contribuyendo a la veracidad de la utilización de SolidWorks como una herramienta útil para el prototipaje y el análisis del mismo dentro de las áreas en las cuales este se va a desarrollar esta Xiong Ting (2018) el cual realizo el análisis de simulación del desempeño de una cortadora de draga succionadora de doble succión ecológica basada en SolidWorks y ANSYS. El análisis desarrollado llevo consigo el modelado, análisis y ensamble de todas las piezas y estructuras que se iban a implementar en este mecanismo, así como los cálculos con factores reales con los cuales el trabajo se iba desempeñar. Una de las conclusiones del proyecto fue que:

El dispositivo diseñado por esta tesis puede resolver eficazmente el problema de la difusión del limo agregando un par de succiones simétricas a la parte posterior de la tapa de los dos cortadores y conectando el tubo que une el dos succiones con la bomba a través de una válvula triple. Se ha realizado un nuevo modelo de estructura de doble cortadora configurado con SolidWorks y el modelo de campo fluido de un solo cortador y el modelo de campo fluido de doble cortador del mismo volumen se ha establecido con ANSYS para realizar análisis contrastivos de las características de succión simple y succión doble. (p.7)

lo que permite analizar que las herramientas implementadas en el software de Solidworks están basadas en ecuaciones reales, las cuales han sido funcionales y efectivas para muchos ingenieros alrededor del mundo.

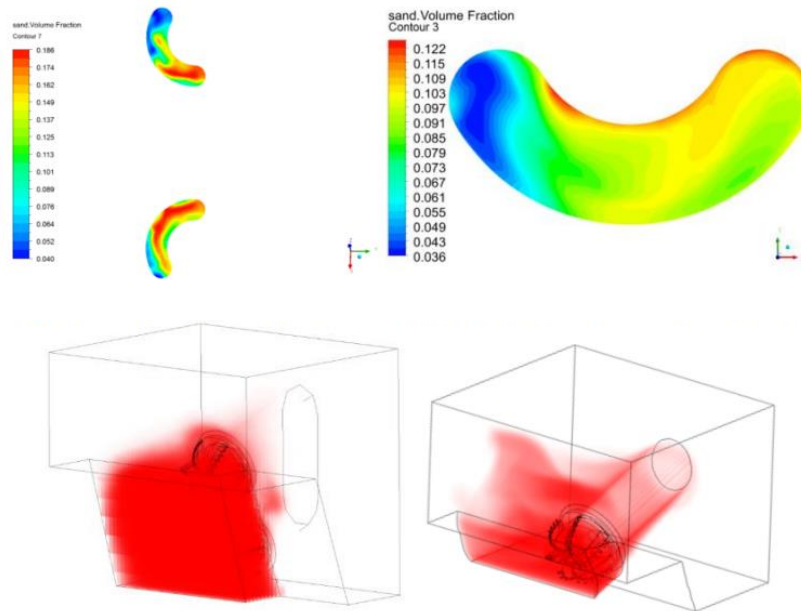


Ilustración 4. Análisis realizado para las succionadores (Xiong, 2018).

Los pares de engranajes helicoidales se utilizan ampliamente para transmitir fuerza y movimiento a través de una malla de contacto de dientes típica. Eso tiene grandes ventajas de un buen rendimiento de mallado, transmisión suave, gran relación de contacto, fuerte capacidad de carga que otro modelo de conducción no puede igualar. Además, la estructura en forma de red contribuye para reducir su propio peso, ampliamente utilizado en maquinaria y equipos a gran escala. Pero en el proceso de mallado, puede haber picaduras, desgaste, deformación plástica, diente roto u otros daños en el contacto superficie del diente que causa la invalidación del engranaje. Por lo tanto, es muy significativo analizar el estrés de contacto problema en el proceso de mallado de pares de engranajes helicoidales con mallas y mejorar la precisión del contacto análisis de engranajes.

Zhang et al., (2018) realizó el análisis de elementos finitos para implementarlo en pares de engranajes helicoidales mediante Simulación de SolidWorks. En primer lugar, se utiliza GearTrax que se integra perfectamente con SolidWorks para introducir los parámetros relevantes de los

engranajes helicoidales. Entonces la entidad de engranaje se establece en SolidWorks. Finalmente se construyeron modelos 3D de pares de engranajes. Mediante la creación de líneas auxiliares y superficies auxiliares, se completa el correcto montaje de los pares de engranajes, lo que garantiza la precisión del análisis de elementos finitos posterior. Según los resultados del análisis de elemento finito, tanto el grosor de la banda como el diámetro del orificio de la banda del engranaje grande están optimizados para cumplir con los requisitos máximos. Este trabajo puede proporcionar una referencia para el diseño de parámetros de pares de engranajes helicoidales con mallas.

Las ideas de durabilidad y diseño sostenible son una parte cada vez más importante de las discusiones actuales de un diseño. Pero, ¿qué es un diseño sostenible y cómo se puede crear un producto más ecológico? Torcătoru & Săvescu, (2019), presentaron algunas respuestas a estas preguntas. El diseño sostenible es generalmente el proceso de desarrollo de un producto que funciona con éxito, genera beneficios para la empresa, es socialmente aceptable y utiliza una cantidad mínima de energía, es decir, una cantidad mínima de material que produce residuos peligrosos.

Uno de los mayores desafíos del desarrollo sostenible es el fomento de la búsqueda de recursos ecológicos y desalentando formas que dañan el medio ambiente (aire, agua y suelo o subsuelo). Estos científicos presentaron la sostenibilidad de un componente para automóviles al analizar algunos aspectos del impacto ambiental y la sostenibilidad ecológica de los modelos de diseño utilizando el software de diseño CAD SolidWorks. Se evaluó el material con el que se realizó la pieza, con énfasis en su resistencia, durabilidad y contaminación ambiental en términos de carbono huella, consumo de energía, acidificación del aire y eutrofización. Se tuvo en cuenta todo el ciclo de vida del producto considerado, desde la extracción de la materia prima, el procesamiento, producción, montaje y uso del producto hasta el final de su vida útil, teniendo en cuenta el modo de transporte y la distancia entre estas etapas.

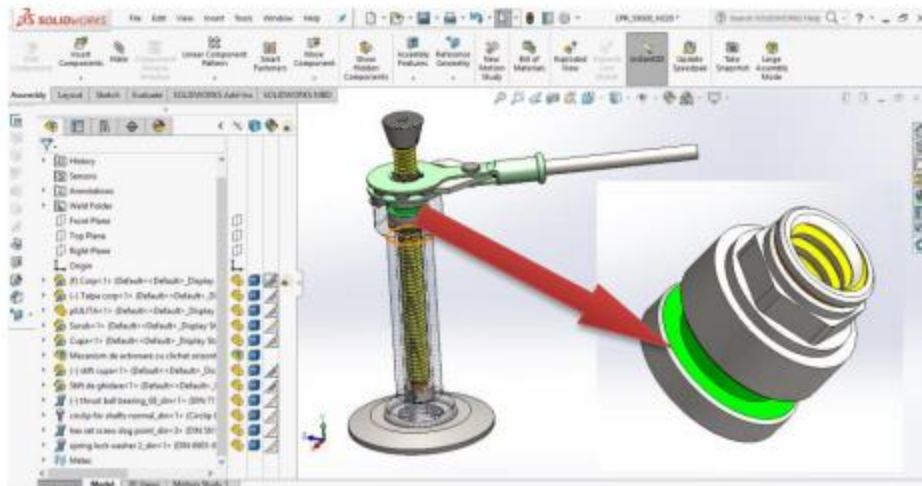


Ilustración 5. Prototipo para el análisis de sostenibilidad (Torcătoru & Săvescu, 2019).

Con la gran demanda en la automatización, las técnicas convencionales han sido reemplazadas. Hoy en día, muchas industrias buscan la automatización tecnológica en lugar del método tradicional debido al mercado. Las desventajas de lo tradicional, obligan a los ingenieros a mirar hacia la tecnología de automatización. En la tecnología de automatización, la automatización flexible crea una demanda masiva en el automóvil, aeroespacial, electrónica, médica, etc. en comparación con la automatización fija.

En el campo de la automatización flexible, los robots industriales han llegado casi todas las industrias debido a su número de aplicaciones. Con la creciente demanda de robots industriales, los ingenieros deben diseñar, simular y analizar la optimización de las articulaciones del manipulador y efectores finales que utilizan software de visualización de robots. Con el fin de obtener los elementos óptimos del trabajo a realizar, una sistemática enfoque requerido para diseñar, simular y analizar robots personalizados. Talli & V Meti (2020) presentaron el diseño, simulación y análisis de un robot de 6 ejes para n número de aplicaciones utilizando trabajos sólidos software de simulación y visualización RoboAnalyzer. El software SolidWorks se utilizó para diseñar el robot, así como los análisis utilizando SolidWorks Simulation Xpress y el estudio de movimiento en SolidWorks.

2.2.2 PLC

Un controlador lógico programable (PLC) es una computadora industrial, la cual, está diseñada para ayudar en el control de los procesos de fabricación. La industria 4.0 se basa y se cementa mayormente en la utilización de estos dispositivos para llevar a cabo interconectividad de tecnologías implementadas en los procesos, y cambien en los dispositivos que operan tanto automáticamente como la operación manual de los mismos, proveyendo información esencial para las métricas de eficiencia y productividad en el proceso. Harahap (2018) explica que:

Uno de los sistemas de control más utilizados es un controlador lógico programable (PLC). Sus aplicaciones cubren una amplia gama de industrias que van desde cigarrillos, automotriz, petroquímica, papel, e incluso hasta la industria minera, por ejemplo, en el control de turbinas de gas y unidades industriales avanzadas de productos mineros. (p. 1)

lo que demuestra que la utilización de controladores robustos para procesos industriales va más allá de la implementación simple de relevar información en una pantalla y se centra en optimizar, reducir tiempos y reducir materiales para la producción continua de las diferentes implementaciones en las que se desarrolla.

Esto no significa que inherentemente este procesador llega a reemplazar la labor humana dentro del área en que este cumple su tarea, en la realidad esto es completamente lo opuesto, la mayor implementación de estos sistemas es alivianar la carga puesta sobre el asociado en las tareas que este cumple, mejorando su producción, ergonomía e incluso facilitando su trabajo o su proceso al realizar algunas de las tareas altamente delicadas, precisas o aquellas tareas susceptibles al error humano mejorando la calidad trabajando lado a lado con el asociado.

Ejemplificando esta situación se encuentra Setiawan (2019) el cual realizó una investigación de un sistema SCADA que utiliza un PLC y una HMI para mejorar la eficacia y eficiencia de los procesos productivos. Dentro de su investigación Setiawan nombra 7 desperdicios de materiales dentro de la industria actual que abarca desde el inventario excesivo hasta defectos dentro de la producción, y este buscaba encontrar los efectos que tenía la implementación de un SCADA juntamente con una HMI para reducir tiempos de trabajos, así

como la comparación de productividad antes y después de la implementación. Setiawan (2019) afirmó que:

se puede concluir que los resultados obtenidos en esta investigación son dos beneficios, el primer sistema SCADA puede mejorar la eficacia de la producción proceso con facilidad operativa. Los segundos sistemas SCADA pueden aumentar la eficiencia ahorrando el costo y tiempo empleado en el proceso de producción. (p.8)

encontrando que esta implementación incrementa la productividad en 6.1%, reduciendo tiempos de trabajo de 396 minutos a 352 minutos y reduciendo costos 6.71%.

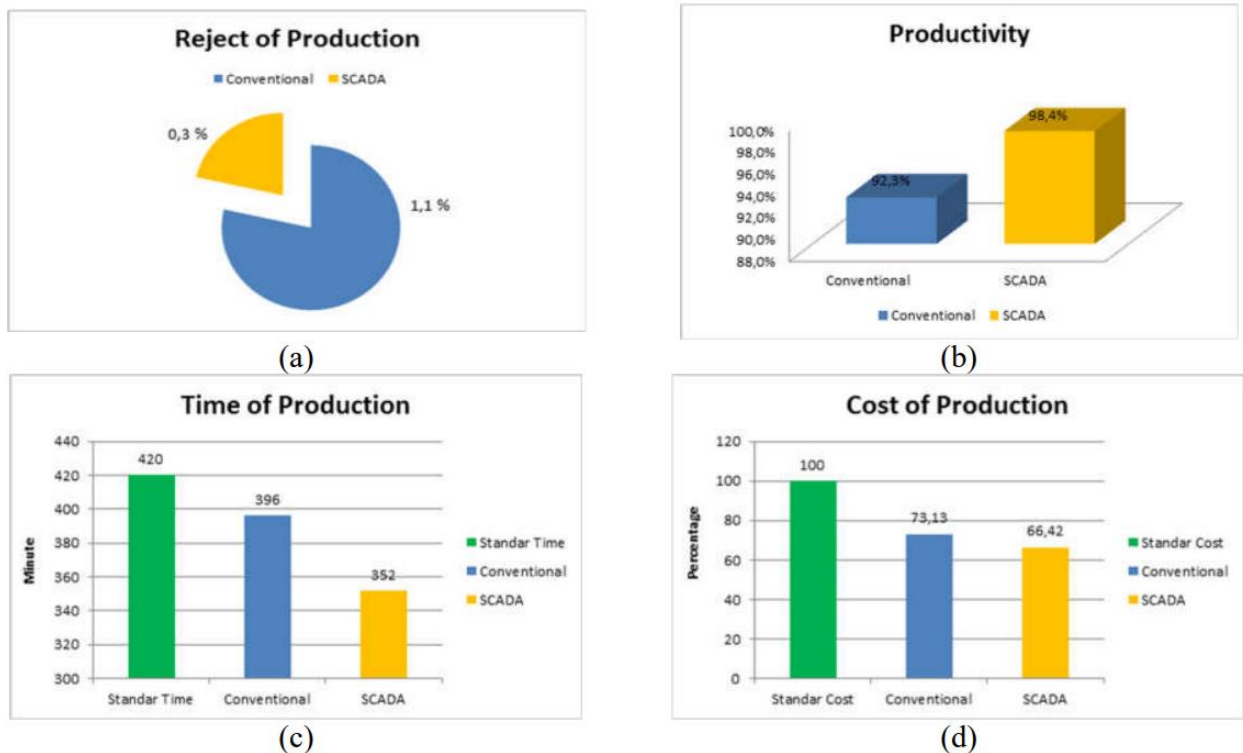


Ilustración 6. Análisis obtenido de la implementación de un SCADA y HMI (Setiawan, 2019).

La implementación de tecnologías permite el crecimiento de la producción, dado que la implementación sea la correcta y la adecuada dentro de los límites del área en que se este se desarrolla y los elementos del cual este tiene control o información.

Syufrijal (2019) realizó el sistema de diseño constructivo de control de presión constante en sistema de distribución de agua con método PID utilizando PLC con IoT. El objetivo de Syufirjal

(2019) fue realizar un control de presión constante en el suministro de agua con el método de PID usando PLC Siemens S7-1200 como controlador y también para monitorear el proceso de su sistema de trabajo a distancia a través de Internet de las cosas (IoT). El sistema de distribución de agua se creó utilizando una bomba trifásica que suministrará agua desde el tanque. El sensor de presión se utilizó como una señal de entrada analógica del PLC para detectar la presión del agua en el tubo. Con un inversor, la presión del agua se mantuvo constantemente en consonancia con el punto de ajuste deseado, mediante el ajuste de la velocidad de la bomba utilizando el método PID digital que está disponible en el PLC. Usando comunicación Wi-Fi, los datos del PLC se pueden enviar a un servidor en la nube a través de raspberry pi3 usando el protocolo MQTT.

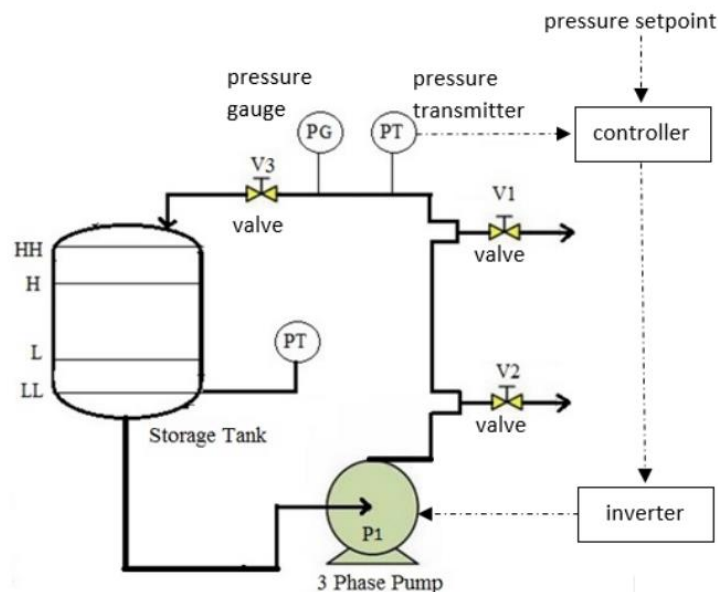


Ilustración 7. Esquemática del sistema de bombeo (Syufrijal et al., 2019).

Los PLC son ampliamente utilizados en la industria, y una de las aplicaciones es como ATS (interruptor de transferencia automática). ATS cambia las conexiones entre varias fuentes de energía eléctrica automáticamente, este mueve una fuente de alimentación a otra fuente de alimentación alternativamente de acuerdo con los comandos del programa. ATS es el desarrollo de COS (Change Over System). La diferencia entre ATS y COS radica en el sistema de trabajo. ATS se controla u opera automáticamente sin usar energía humana, mientras que COS se controla manualmente. Varios tipos de ATS se distinguen según la capacidad de potencia requerida o según fases y flujo a través del panel dentro del mismo principio de funcionamiento. Lo básico

del diseño ATS es utilizar el razonamiento lógico matemático con una serie de herramientas como relés, temporizadores, contactores y MCB, como interruptores o disyuntores. Kurniawan et al., (2019) mostraron la aplicación de un PLC como ATS para un sistema fotovoltaico en red en PLTS Jakabaring, que es la planta de energía fotovoltaica más grande de Palembang. Estos prototiparon la aplicación de un PLC como ATS en el control de qué fuente de energía eléctrica utilizada para alimentar la ciudad deportiva de Jakabaring para garantizar que no haya cortes de energía durante los Juegos Asiáticos 2018.

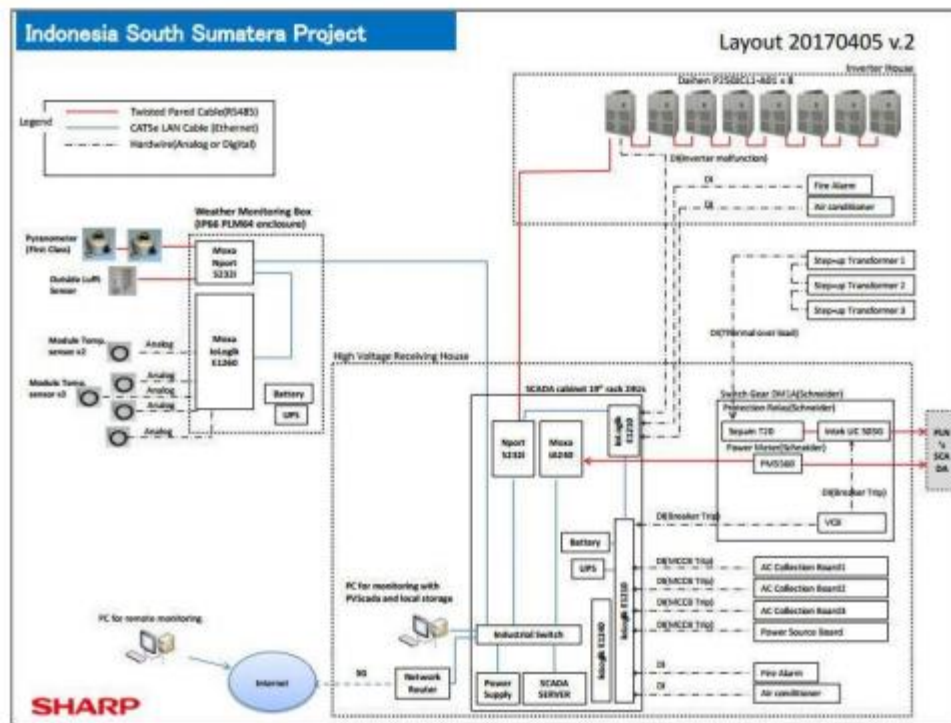


Ilustración 8. Diseño eléctrico en la planta solar Jakabaring (Kurniawan et al., 2019).

Para controlar los componentes de movimiento, máquina de control, equipo de control, control del proceso de fabricación y producto de calidad se debe utilizar un mecanismo de sistema de control. El control del componente de movimiento se puede ver en la banda transportadora, motores, servo, bomba, caja de cambios, soplador y piñón. Este sistema de control se ha utilizado para el proceso de fabricación, máquinas CNC, proceso de corte, montaje y unión por robot. En el sistema de control de la industria del caucho se utilizan para regular de procesamiento de producción como limpieza de procesamiento de caucho. Hendra et al., (2018) utilizó un PLC para el sistema de control de la máquina secadora rotativa. El papel del PLC se utiliza para el sistema

de control del componente de movimiento en la maquinaria del secador de caucho. El componente de la máquina secadora de caucho son motores, caja de cambios, piñón, calentador, cámara de secado y soporte. El funcionamiento principal de la maquinaria secadora de caucho es que el caucho húmedo se mueva hacia el secado cámara por piñón. La rueda dentada es impulsada por motores conducidos por PLC para moverse y establecerse de caucho húmedo en la cámara de secado.



Ilustración 9. Modelo de sistema de control en el proceso de secado de caucho. (Hendra et al., 2018)

Los investigadores han llevado a cabo varios estudios sobre el control de procesos líquidos para obtener el mejor método para que cumpla con el nivel deseado de calidad, seguridad del producto y haga que el proceso sea más económico. Se realizó un estudio sobre el control de los niveles de fluidos con un modelo de sistema de dos tanques con el método PID como control de proceso. Basado en los resultados de la simulación con el software Matlab, los investigadores concluyeron que el rendimiento del sistema puede lograr buenos resultados, pero es difícil encontrar los parámetros. Yahya et al., (2020) presenta el diseño e implementación de módulos de capacitación de control de procesos basados en PLC Omron CP1H que se pueden utilizar por estudiantes para estudiar el control del nivel de líquido en tanques con métodos PID basados en PLC. Basado en la prueba resultados cuando la planta es perturbada, la respuesta del sistema

obtenida por el método PID son 15 segundo al tiempo de asentamiento, 10,9% de subimpulso y un valor de estado estable de 14,6 cm o $\pm 97,3\%$ del valor de ajuste de 15 cm.

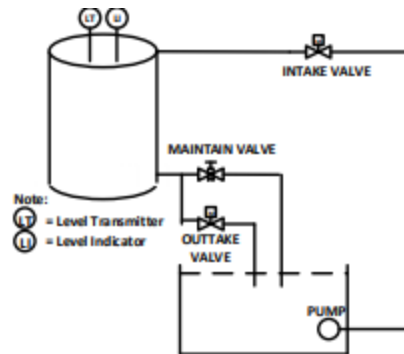


Ilustración 10. Modelo PID para el control de tanques en el proceso.

2.2.3 SCADA

De acuerdo a Nugraha (2016), un SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos) se define como un sistema de software basado en interfaz de máquina-humano que puede visualizar el proceso de una planta. Esto nace de la necesidad de requisar información relevante a la industria solucionando la limitación de la movilidad hacia el proceso, el conocimiento técnico que esto conlleva, además de ser una ayuda mayormente visual para actuar respecto a las instancias presentadas. Un SCADA usualmente consta de la visualización de datos de manera remota mediante un protocolo de comunicación que puede tomar diferentes formas, iteraciones o conexiones, ya que sea físicamente estar conectados al sistema o ser parte de la red inalámbrica de comunicación para la transmisión de información.

La implementación de una estación de monitoreo en tiempo real, permite relevar diferentes actividades monótonas e inconsecuentes a un sistema mediante computador para ser administradas por un ingeniero o técnico profesional. Esto permite visualizar rápidamente las fallas, mejoras o problemas que se presentan dentro de la conectividad que existe entre las tecnologías, permitiendo la solución eficiente y pronta de los obstáculos presentados en el día a día.

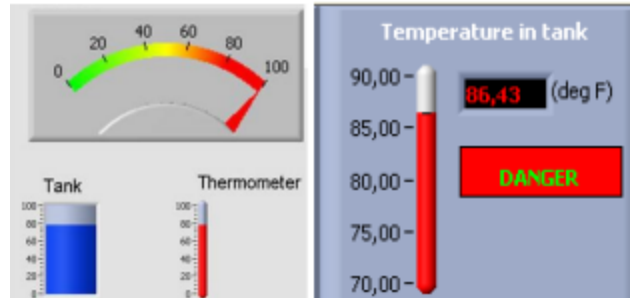


Ilustración 11. Visualización de un sistema SCADA para el monitoreo de petróleo en oleoducto (Epifancev & Mishura, 2020)

Un ejemplo de esta implementación es la investigación de Fitriani y Sofyan (2020) en el cual se desarrolló un prototipo de un SCADA realizado en el software de Visual Studio, con el propósito de reducir costo en el segmento de la HMI, para una planta de energía con el fin de monitorear datos en tiempo real utilizando el protocolo de comunicación RTU. Esto demuestra una necesidad primordial, sobre todo en la industria eléctrica, de contar con un software capaz de tener acceso a esta información. Al final de la investigación Fitriani y Soyfan (2020) concluyeron que:

“Los resultados de este estudio, presentaron que la HMI ha funcionado bien. Este HMI fue diseñado con Visual Basic y puede mostrarnos datos enviados por RTU. Algunas funciones, como el estado y las alarmas, ya pueden responder cuando el problema ocurre en la planta.” (p. 5)

Sin embargo, la recolección y presentación de información es solo uno de los ámbitos que abarca una herramienta tan versátil como un SCADA, ya que este al obtener tan alta cantidad de información puede concluir diferentes estados a partir de parámetros previamente determinados, e incluso, con la implementación de otras tecnologías de informática, crear soluciones o situaciones de mejora para estas instancias. Shouyu Liang (2019) profundizó en estos ámbitos considerando que el monitoreo de una planta de energía eléctrica es un sistema complejo para la visualización de datos en tiempo real. Esta propuso una estructura de micro servicios los cuales están conectados a la red del SCADA para alivianar la carga del análisis, procesamiento, almacenamiento, interacción y despliegue de datos en tiempo real, para luego ser ilustradas dependiendo de la arquitectura de los datos presentados.

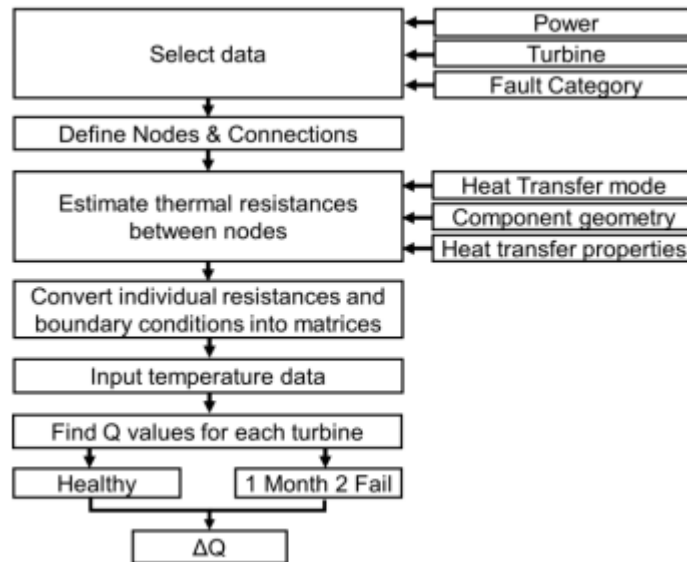


Ilustración 12. Metodología de flujo de la obtención de información para turbinas en una planta eólica. Shouyu Liang (2019).

Leahy (2017) observó la oportunidad de identificación y predicción automática de paradas no planificadas de turbinas eólicas mediante SCADA y alarmas mediante datos de sistema. Se utilizaron datos SCADA de turbinas eólicas de cada 10 minutos para la predicción de fallas, lo cual ofrece un atractivo en la forma de obtener capacidades de pronóstico adicionales sin necesidad de invertir en hardware adicional. Para utilizar estos métodos basados en datos de manera efectiva, los datos históricos de SCADA deben estar etiquetados con períodos en los que la turbina estaba en funcionamiento defectuoso, así como el subsistema al que se atribuyó la falla. La identificación manual de fallas utilizando registros de mantenimiento puede ser efectiva, pero también requiere de mucho tiempo consumido debido a la naturaleza dispar de estos registros entre fabricantes, operadores e incluso eventos de mantenimiento individuales. Los sistemas de alarma de turbina pueden ayudar a identificar estos períodos, pero el gran volumen de alarmas y falsos positivos generados hace que analizarlos individualmente sea ineficaz. Leahy (2020) en su investigación describe un nuevo método para identificar y etiquetar automáticamente cada paro que ocurrió en todas las turbinas de un parque eólico utilizando un sistema de alarma y datos SCADA. Esto evita el tedioso paso de tener que etiquetar manualmente las paradas en los datos

SCADA para la predicción de fallas utilizando registros de mantenimiento. Las paradas se atribuyeron a fallas en subsistemas particulares, eventos de mantenimiento periódico programados, problemas relacionados con la red, eventos climáticos severos o debido a cosas como desenrollado de cables, pruebas del sistema, etc. Desde referencias cruzadas con registros de mantenimiento, se encontró que el 92% de las actividades de mantenimiento no planificadas y el 100% del mantenimiento planificado las actividades en los registros se capturaron correctamente, mostrando la capacidad de utilización, así como las ventajas de un SCADA con mayor implementación que la visualización de datos.

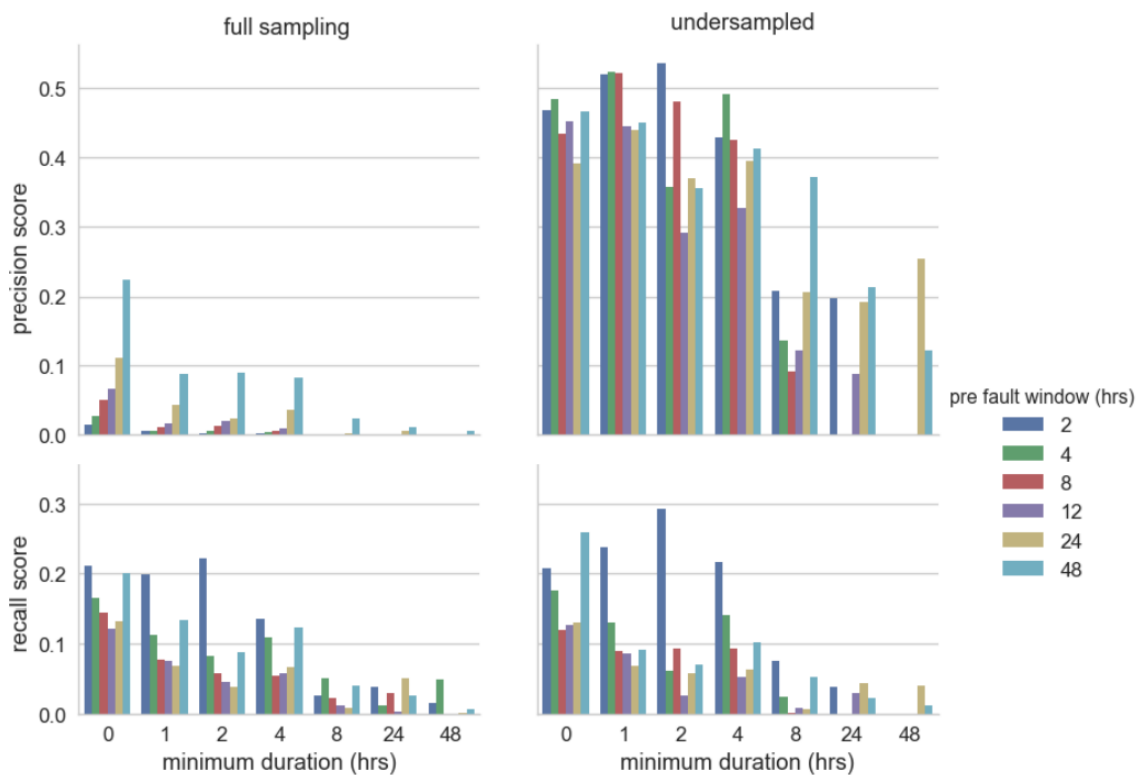
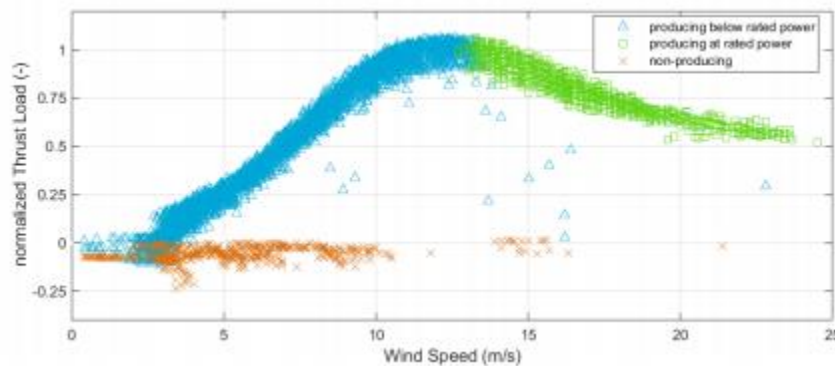


Ilustración 13. Precisión del sistema utilizado mostrado en horas de trabajo (Leahy et al., 2017).

La vida útil fundamentado en la fatiga es una consideración de diseño importante para la cimentación mono pilada más común de turbinas eólicas marinas (OWT). La práctica actual para la evaluación de por vida se basa en supuestos de diseño conservadores y simplificaciones debido a incertidumbres en diseños anteriores. El conservadurismo conduce potencialmente a una subestimación de la vida a fatiga real. De lo contrario, un sistema de monitoreo continuo con la capacidad de evaluar el historial de estrés y, en consecuencia, el consumo de vida útil por fatiga

de las turbinas individuales puede respaldar mejor la operación del parque eólico y acciones de mantenimiento (O&M), así como decisiones al final de su vida útil. Noppe et al., (2016) presentaron mediciones de deformación reales tomadas en lugares accesibles sobre el nivel del mar que muestran una correlación entre carga de empuje y varios parámetros SCADA. Por lo tanto, se crea un modelo para estimar el empuje carga utilizando datos SCADA y mediciones de deformación. Posteriormente, la carga de empuje que actúa sobre el OWT se estima utilizando únicamente el modelo creado y los datos SCADA. A partir de este modelo el cuasi Las cargas estáticas en la base se pueden estimar durante la vida útil del OWT. Para estimar la contribución de las cargas dinámicas una descomposición modal y detección virtual basada en expansión se



aplica la técnica.

Ilustración 14. Grafica de estrés vs. Velocidad del viento en intervalos de 10 min. (Noppe et al., 2016)

Con el rápido desarrollo de la industria eólica, en los últimos años se han producido una serie de problemas. Lo que es notable es que las técnicas de evaluación de confiabilidad y alerta temprana de fallas para el viento las turbinas no se han mejorado significativamente, lo que ha dado lugar a frecuentes fallos de las turbinas eólicas. La penetración de la energía eólica en los sistemas eléctricos está aumentando constantemente y destaca la importancia de operaciones, mantenimiento y específicamente el rol del monitoreo de condición. Liu et al., (2020), utilizaron el método de análisis de componentes principales (PCA) combinado con la red neuronal Radial Basis Function (RBF). Estas se utilizan para establecer un modelo de predicción de confiabilidad para aerogeneradores basado en los datos SCADA. El método de PCA se utiliza para reducir la dimensionalidad de los datos SCADA y extraer los componentes principales como los datos de

entrada de la red neuronal RBF. El RBF neural La red se utiliza para predecir el estado de funcionamiento de los componentes clave de la turbina eólica. Finalmente, un modelo de predicción de confiabilidad a corto plazo de aerogeneradores basado en PCA-RBF está establecido. Con los datos SCADA del parque eólico real, la confiabilidad a corto plazo de la caja de cambios de la turbina se predice.

2.2.4 AutoCAD

Hace 25 años, casi todos los dibujos en el mundo se realizaban con lápiz o tinta sobre papel. Los cambios menores significaban borrar y volver a dibujar, mientras que los cambios importantes a menudo significaban recrear el dibujo desde cero. Si un cambio en un dibujo afectaba a otros documentos, dependía de que alguien reconociera manualmente la necesidad de realizar los cambios en los otros dibujos y de hacerlo. CAD ha cambiado fundamentalmente la forma en que se hace el diseño.

Los softwares actuales de diseño asistido por computadora van desde sistemas de dibujo basados en lineamientos de 2D hasta modeladores de superficies y sólidos en 3D. Los paquetes CAD le permiten al usuario hacer rotaciones en tres dimensiones, lo que permite ver un objeto diseñado desde cualquier ángulo deseado, dando acceso a una visualización más detallada de los objetos. Algunos programas de CAD son capaces de realizar modelos matemáticos dinámicos, en cuyo caso pueden comercializarse como CAD.

El CAD se utiliza principalmente para el desarrollo en detalle de modelos 3D y / o dibujos en 2D de mecanismos físicos, pero también se utiliza en todo el proceso de ingeniería desde el diseño conceptual, pasando por el análisis dinámico y de resistencia de los ensamblajes hasta la definición de los métodos de fabricación de los componentes. También se puede utilizar para diseñar objetos. Además, muchas aplicaciones CAD ahora ofrecen capacidades avanzadas de renderizado y animación para una visualización real de las piezas diseñadas.

El dibujo asistido por computadora se ha convertido en una tecnología especialmente importante dentro del alcance de las herramientas utilizadas en el día a día, con beneficios como menores costos de investigación de productos y un período de diseño más reducido. CAD permite

a los ingenieros de procesos diseñar y desarrollar el trabajo en computador, imprimirlo y guardarlo para editarlo en cualquier momento, ahorrando tiempo en sus dibujos.

Muchos prototipos y sistemas de investigación se desarrollan en este tipo de software para minorizar el espacio de error que puede existir al desplegar un prototipo sin dibujos o medidas reales para poder verificar la estabilidad de los sistemas diseñados. Li (2017) desarrolló un robot de 4 grados de libertad para el paletizado automático, utilizando AutoCAD para determinar el espacio de trabajo del robot. Li (2020) y su equipo de investigación utilizaron múltiples ecuaciones y las herramientas de AutoCAD para determinar el área limitada de trabajo para el robot diseñado, simulando la movilidad de la estructura física del robot dentro de un espacio físico.

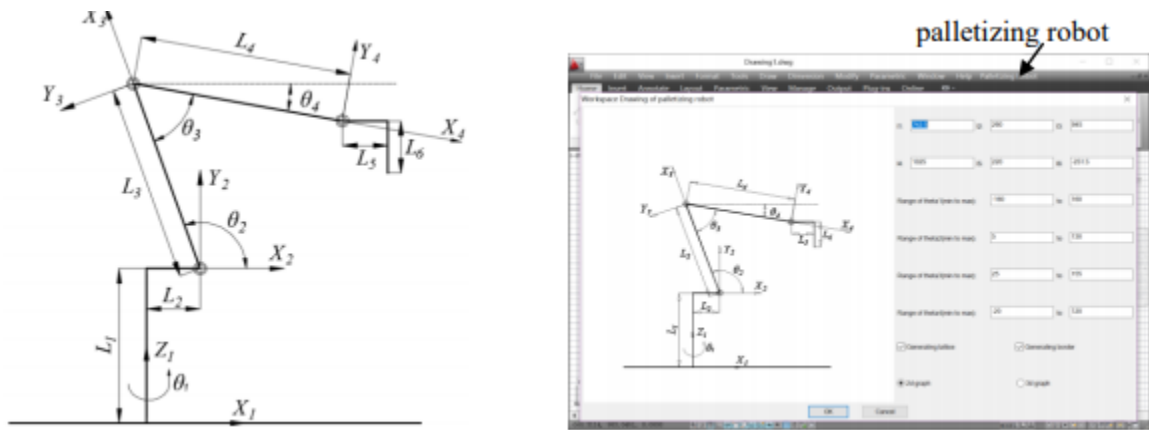


Ilustración 15. Cálculo utilizado para determinar el espacio de trabajo en AutoCAD (Li et al., 2017).

Li en su trabajo demuestra la importancia de la utilización de software para el prototipaje físico antes de la implementación actual del mecanismo, ya que dentro del espacio de trabajo en el software se pueden identificar las variabilidades que pueden existir dentro del desarrollo de un prototipo o estudio en la industria, reduciendo tiempo de implementación, costos de prototipaje y minimizando errores de implementación utilizando el software como herramienta para realizar cambios. Además de las ventajas anteriormente mencionadas, los cambios que se pueden realizar al prototipo son invaluable comparados a la realización de cambios en el prototipo físico.

Wei (2020) observó que el movimiento que realizan los softwares de diseño asistido por computadora es considerablemente mayor a los que realizan las industrias manufactureras de piezas mecánicas, y para ejemplificar estos avances, se utilizó AutoCAD para mostrar el alcance del estudio. Hai Wei explica en su estudio algunos puntos importantes de la industria moderna y su potencial dentro de esta industria, como lo son, la tendencia de la informatización y el networking, tecnologías de procesamiento, entre otras tecnologías que forman parte de la industria 4.0 y sus ventajas en su utilización que pueden ser, bajo consumo de materia prima, mayor eficiencia, alta calidad, flexibilidad y limpieza en el acabado, factores que son clave en la industria manufacturera de piezas. Wei utilizó AutoCAD para ejemplificar la ventaja técnica que este ofrece para el trabajo diaria en la industria moderna de manufacturación de piezas.

Mao et al., (2020) mostró la dificultad del modelaje de cajas corrugadas para el empaque de productos y la utilización de un software capaz de poder automatizar y facilitar el proceso de creación de una caja nueva en AutoCAD, ya que las medidas, así como los parámetros y lineamientos a utilizar, están regidos por nomas y estandarizaciones de país, facilitando así, el tiempo de trabajo, minimizando error humano y reduciendo tiempos de consulta al realizar cambios en la base de datos externa. Mao en su investigación marca la importancia del trabajo en conjunto con softwares de modelaje en 3D ya que, además de ser una herramienta de trabajo reduciendo considerablemente la cantidad de trabajo que realizan las personas, es el pilar para la construcción de una base en la cual se trabaja día a día.

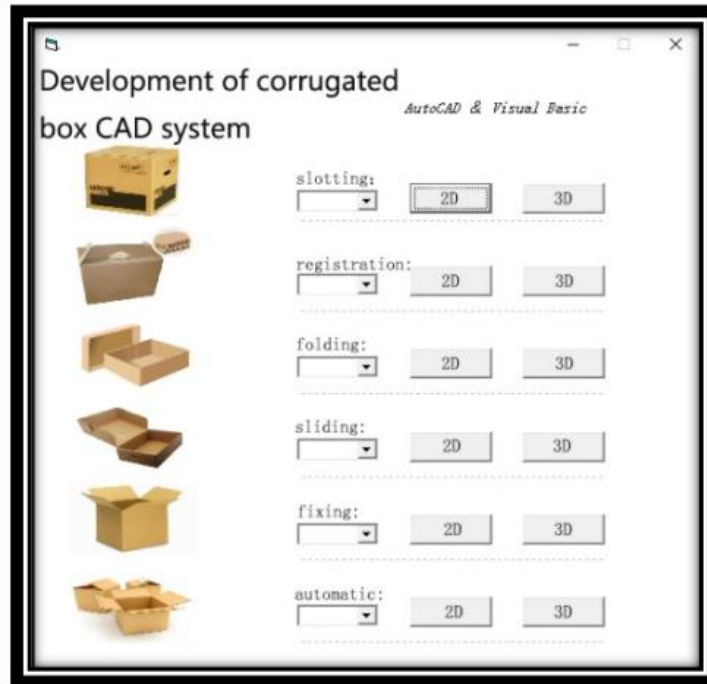


Ilustración 16. Mapa de herramientas para el dibujo de cajas corrugadas (Mao et al., 2020)

En sus conclusiones Mao afirma que la eficiencia de trabajo en esta área se aumentó en un 40% tomando como referencia el tiempo de trabajo que se utilizaba para el desarrollo y dibujo de estas cajas corrugadas utilizando el estándar nacional de China para el dibujo técnico de las mismas, y su utilización para el empaque de productos.

Popa & Popa (2019) demostraron la habilidad que posee el software asistido por computador con la realización de los engranajes helicoidales y de rueda en AutoCAD, ejemplificando las diferentes opciones y posibilidades realizando diferentes técnicas de fabricación para los engranajes, resistencia de diferentes materiales y la manera de obtener las piezas a partir de la materia prima. Para la realización manual de estos engranajes se requiere un cálculo matemático preciso y una fabricación precisa de los dientes de los engranajes ya que estos tienen una tolerancia milimétrica para su funcionamiento correcto. Al utilizar la herramienta de AutoCAD, muchas de estas variabilidades se reducen al utilizar maquinaria asistida por computadora, minimizando el error humano, aumentando eficiencia y entregando una mayor calidad del producto terminado.

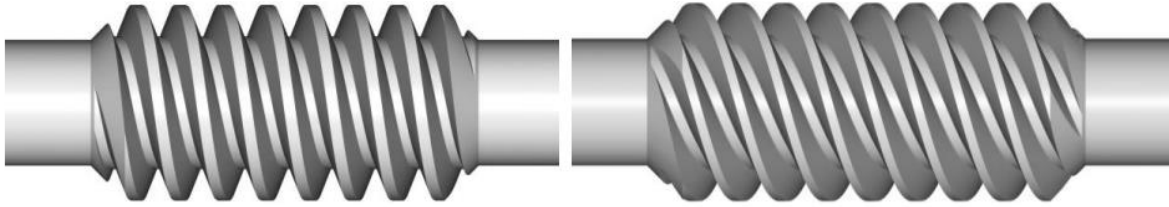


Ilustración 17. Engranajes finales diseñados en AutoCAD. (Popa & Popa, 2019).

Concluyendo, Popa & Popa mencionan que la fabricación de estos engranajes fue un éxito en menor tiempo en comparación al trabajo actual, del cual se desarrollan este tipo de piezas y equipo.

Las matrices combinadas se utilizan para la producción de piezas de chapa metálica que tienen dos o más operaciones en una estación única. Los términos matrices compuestas y combinadas se han utilizado frecuentemente de manera intercambiable, para definir la matriz de una estación. Las matrices compuestas se utilizan para la producción de piezas de chapa que tienen operaciones de corte combinadas como corte y perforación, mientras que las matrices combinadas se utilizan cuando dos o más operaciones de chapa como conformado, estirado, extrusión, estampado, etc. se combinan con entre sí o con las diversas operaciones de corte, como cortar, perforar, recortar, brochar y despedirse. Naranje et al., (2017) presentaron un sistema asistido por computadora para el diseño paramétrico de matrices combinadas. El sistema se desarrolla utilizando la técnica del sistema basado en el conocimiento de inteligencia. El sistema es capaz de diseñar matrices combinadas para la producción de chapa metálica para piezas que tienen operaciones de punzonado y ahuecado. El sistema está codificado en Visual Basic e interconectado con el software AutoCAD. El bajo costo del sistema propuesto ayudará a diseñadores de matrices combinadas de industrias de chapa de pequeña y mediana escala para tipos similares de productos. El sistema propuesto es capaz de reducir el tiempo de diseño y los esfuerzos de diseñadores de matrices para el diseño de matrices combinadas.

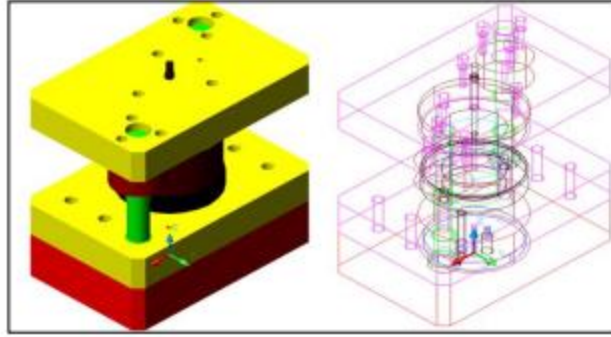
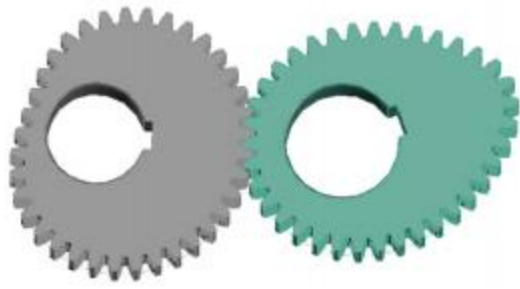


Ilustración 18. Resultado del sistema propuesto. (Naranje et al., 2017)

En comparación con los enlaces mecánicos, las ruedas dentadas no circulares ofrecen una serie de ventajas de diseño, como transmisión precisa, facilidad de equilibrio y tamaño compacto. Además, son bastante versátiles debido a la gran flexibilidad de la función de transmisión deseada elegida. Su difusión, sin embargo, es todavía limitado, ya que, con la excepción de los engranajes elípticos, solo las tecnologías CAD-CAM recientes permiten implementación de un proceso de diseño y fabricación totalmente integrado. Niculescu et al. (2016) propone una cinemática modificada para el mecanismo deslizante de manivela de un clavo máquina. El movimiento de rotación variable del engranaje impulsado permite reducir la velocidad del deslizador en la fase de formación de la cabeza y aumenta el período para que las fuerzas de formación sean aplicadas, mejorando la calidad del producto final. Los engranajes no circulares se diseñan en base en una función híbrida para la relación de transmisión cuyos parámetros permiten múltiples variaciones de la cinemática del mecanismo de deslizamiento de grietas y engranajes no circulares, respectivamente. Las facilidades de programación y gráficos de AutoCAD se utilizan para analizar y optimizar las funciones de salida del mecanismo de manivela deslizante, en correlación con los engranajes no circulares predefinidos relación de transmisión, para generar los centroides no circulares utilizando la hipótesis de la cinemática, generar la geometría variable de los perfiles de los dientes del engranaje, basándose en el método de laminación, y producir los modelos virtuales sólidos de engranajes. El estudio destaca los beneficios / límites que la relación de transmisión de engranajes no circulares que define las funciones híbridas tiene en ambos manivela-deslizador cinemática del mecanismo y geometría de los engranajes.



Ilustracion 19. Modelo propuesto para el prototipo final. (Niculescu et al. 2016)

III. DESARROLLO

Este capítulo muestra a detalle cada una de las actividades realizadas durante el periodo de duración de la práctica profesional en Manufactureras Villanueva en la planta de Fruit of the Loom en la planta Roatán, así como la explicación a detalle de cada una de las labores realizadas.

3.1 Descripción del trabajo desarrollado

El comienzo de todo trabajo requiere el conocimiento de todos los lineamientos que se hacen presentes dentro de las políticas de la empresa. En el inicio y primer día de la práctica profesional se dio a conocer todas las políticas que se implementan en el desarrollo del trabajo de la empresa, así como las medidas y lineamientos de bioseguridad que se tienen que cumplir debido a la pandemia actual del covid-19. Seguidamente de la introducción de cada uno de los procedimientos que se deben realizar para iniciar las labores dentro de la empresa, se presentó formalmente a todo el equipo del departamento de ingeniería de procesos, y así también como la gerente de procesos del departamento quien tomara la guía de los proyectos desarrollados. A continuación, se realizó una observación leve de las operaciones actuales de las cuales se desarrollan para la producción de sudaderas y pants.

Una vez introducido al equipo de ingeniería de procesos, se llevó a cabo la revisión de los diversos proyectos trabajados en la actualidad y la asignación de apoyo dentro de los mismos.

3.1.2 Visualización en 3D de la composición de procesos en planta

Se necesitaba apoyo en la visualización en 3 dimensiones de la composición de procesos que se utilizan en planta, así como la estandarización de ayudas de madera implementados en la maquinaria utilizada en planta, ya que actualmente la planta no posee un estándar para la manufactura de las ayudas realizadas en planta. Ya que en el departamento de ingeniería de procesos se encuentran diferentes ingenieros enfocados en múltiples áreas de la empresa, se requería el apoyo de un proyecto de estandarización de mejoras de cajones utilizados para mantener y guardar la materia prima de la empresa, ya que este se sitúa por incluso días a la vez. La tarea a realizar consiste en la medición actual de cada uno de los cajones que contienen materia prima que normalmente se deja para el día siguiente o el cambio de turno, y luego modelarlo en

SolidWorks, para luego ser designado dentro de una base de datos que se utilizara para la mejor de los mismos.

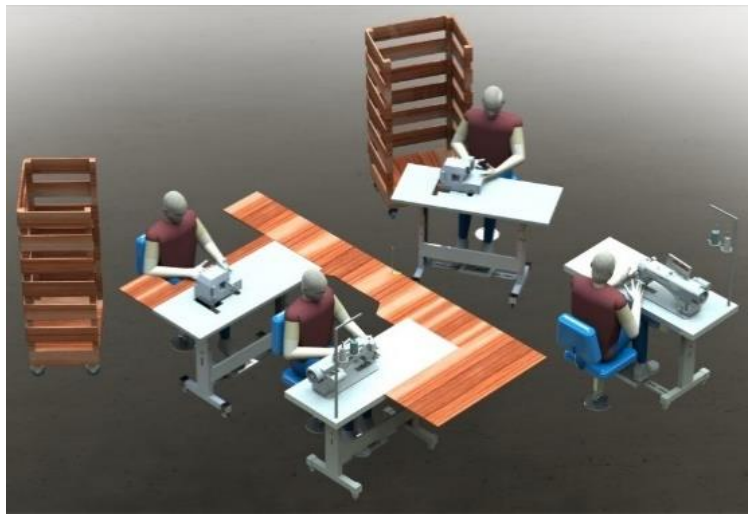


Ilustración 20. Composición de los procesos en planta trabajados en SolidWorks (Elaboración propia, 2021).

La planta actualmente recibió la requisición para la fabricación de batas de grado medico debido a la crisis mundial del covid-19, a partir del dibujo en 2 dimensiones realizado en AutoCAD se tradujo cada una de las medidas a una visualización en 3 dimensiones a SolidWorks para la mejora de detalles relevantes a cada una de las ayudas de madera que serían fabricadas para dimensionar correctamente esta composición de procesos en el piso de producción. Como departamento nuestra labor es identificar las oportunidades que se presentan si se desea implementar una manufactura de este tipo de producto en la planta actual, esto presenta algunos retos, como materiales, normativas necesarias, formas de empaque y procesado final del producto. Se presentó una investigación profunda de los requerimientos para la producción de batas medicas desechables, así como una visualización en 3D mediante SolidWorks de algunas limitaciones, cambios y las diferentes posibilidades de implementación en el área designada como prototipo en la planta.



Ilustración 21. Prototipo diseñado para el área de fabricación de batas medicas en planta. Elaboración propia (2021).

3.1.3 Desarrollo e investigación para un mecanismo capaz de insertar una etiqueta colgante

Se asignó la tarea de realización un prototipo del diseño para la mejora del proceso de etiqueta colgante automático, replicando el proyecto realizado por la planta hermana en El Salvador. Esta tarea consistía en la observación detallada del procedimiento a realizar para lograr la mejora del proceso de etiqueta colgante en la producción de sudaderas. A partir del desarrollo y prototipaje en SolidWorks de un dispositivo similar implementado en la planta de El Salvador, se determinó la mejora de este dispositivo, disminuyendo la cantidad de piezas que contiene el prototipo y mejorando el soporte básico para la estructura. A partir de la consideración de múltiples variables como lo son el espacio, el costo y la cantidad de piezas movibles, el diseño de del mecanismo varia constantemente ya que debido a estas variables las mejoras de este mecanismo siempre hay una existencia continua hasta llegar al uso más eficiente y optimo del mismo. Luego de la verificación de la funcionalidad del mecanismo a través de SolidWorks, se

contactó a un proveedor el cual imprimiría las piezas en 3D utilizando un filamento de plástico llamado PLA, que es plástico PET, comúnmente utilizado para este tipo de prototipado.

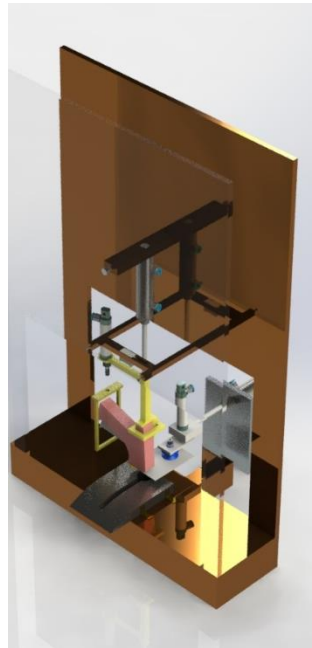


Ilustración 22. Prototipo inicial considerado para el mecanismo de insertar la etiqueta colgante
Elaboración propia (2021)

Al recibir las piezas se verificó su integración correcta con cada una de ellas, sin embargo, al realizar impresiones en 3 dimensiones, se tienen que tomar en cuenta, diversas consideraciones, las cuales no se tomaron para el primer prototipo físico realizado, presentando así diferentes fallas mecánicas en su funcionamiento. Para solventar esta problemática, se realizó el cuarto prototipo del mecanismo en SolidWorks para verificar su funcionamiento correcto en el proceso de inserción de etiquetas colgantes en el piso de producción. La problemática principal con este dispositivo es la cantidad de espacio en centímetros cuadrados que este abraza ya que, dentro del espacio de empaque, el cual se encarga de insertar la etiqueta colgante, está limitado por lineamientos dictaminados por la analista de ingeniería

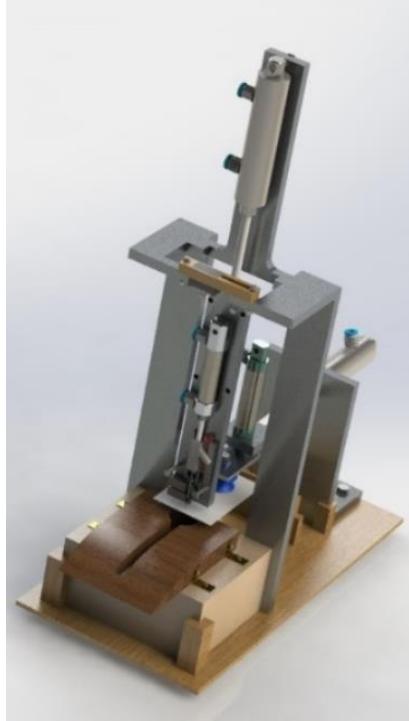


Ilustración 23. Tercera iteración de mejoras implementadas en el proyecto de etiqueta colgante.

Elaboración propia (2021)

3.1.4 Instalación de sensores y programación de sistema de control en la celda inteligente

Uno de los valores de la empresa Fruit of the Loom es el enfoque a la tecnología, y la aceptación de conceptos innovadores, así también como abarcar diferentes áreas dentro de este concepto. Esto le ha permitido al área de ingeniería de procesos realizar una pequeña transición a la industria 4.0 la cual permite la comunicación de procesos dentro de la planta para obtener información como eficiencia, docenas fabricadas, cantidad de tiempo muerto, la cantidad de tiempo trabajado, entre muchas otras variables obtenidas gracias a esta información. Estos datos se obtienen a partir de sensores integrados en la maquinaria de producción en el piso de fabricación, estos sensores realizan mediciones relevantes para extraer esa información y mostrarla en un servidor web capaz de mostrar cada una de las variables anteriormente mencionadas. Cada celda de producción envía datos de cada uno de los sensores implementados a un PLC Siemens S7-1200, el cual gracias a una antena inalámbrica SCALANCE W700 se conecta a la red de Fruit of the Loom y continuamente envía reportes de la información de los sensores.

La tarea asignada fue la colocación de multiplex sensores en celda #6 en la unidad 1100 del piso de fabricación, ya que esta celda sería el prototipo principal para desplegar esta conectividad a las demás celdas de la planta. El problema principal de la instalación de sensores, es la vibración continua y constante de las maquinas al momento de producir prendas, ya que estas dañan los sensores si estos no están correctamente colocados, los mueven de la posición optima causando fallas en las lecturas de los mismos y algunos sensores se encuentran en estado de deterioro. La tarea en cuestión fue verificar la comunicación correcta de cada uno de los sensores en la celda con el PLC maestro ubicado en esa celda, verificar el estado de los sensores y la colocación de bases nuevas si estos requieren de mayor estabilidad mecánica. A partir de esta conectividad se representa en una HMI, el estado en tiempo real de los sensores para la validación de estados en la celda.

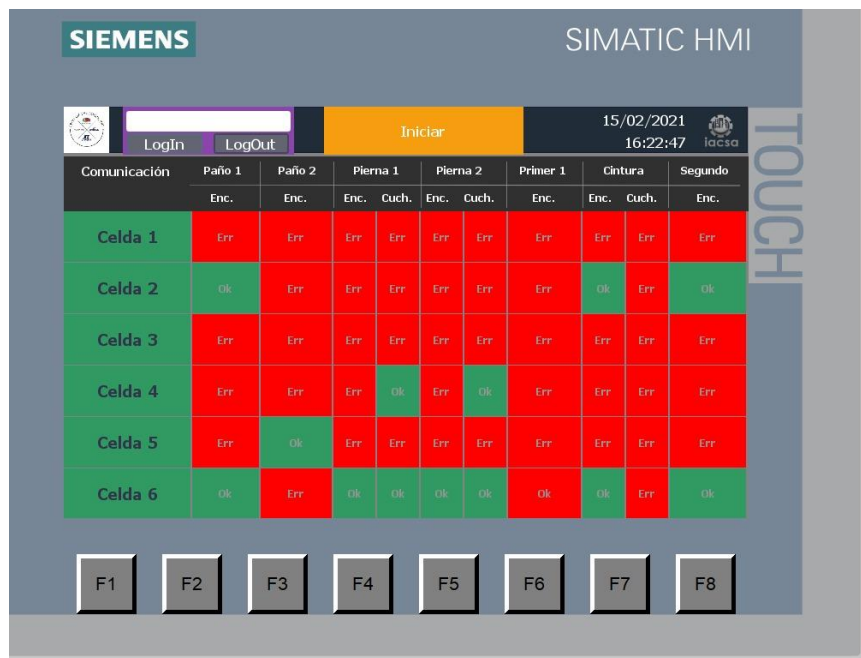


Ilustración 24. Estado previo de la colocación de sensores en la celda #6. Elaboración propia (2021)

Parte importante del desarrollo efectivo de este proyecto es mencionar que cada casilla observada en las pantallas HMI simbolizan el estado actual de los sensores colocados, esto quiere decir que si la conexión física de un sensor está dañado o se encuentra en deterioro, la pantalla HMI mostrará la ubicación física del problema, sin embargo también cabe recalcar que si el operador de la maquinaria no se encuentra trabajando en ese momento, se presentará en la pantalla un error de lectura ya que el sensor no se encuentra enviando una señal eléctrica en ese momento.

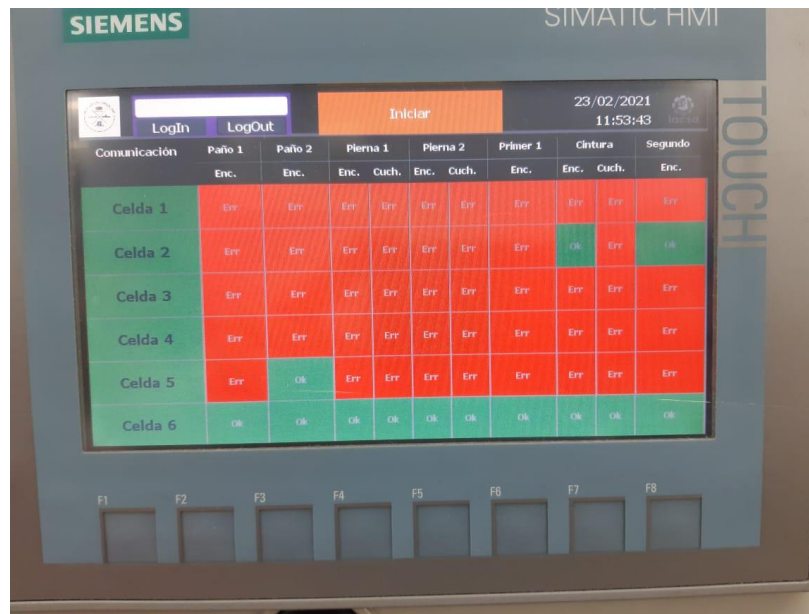


Ilustración 25. Estado actual de la colocación de sensores en la celda #6. Elaboración propia (2021).

3.1.5 Trabajos misceláneos asignados

Como parte del equipo de trabajo de ingeniería de procesos, hay problemas continuos que ocurren dentro de la planta, y uno de ellos fue la necesidad inmediata que resulto al obtener una pieza utilizada para dispensar etiquetas, el cual no poseía ningún tipo de medida específica dentro de la categorización de elementos. Fue así como parte de las tareas a realizar dentro de la planta de manufactura fue realizar el diseño y medición de las piezas utilizadas en la estructura utilizada para dispensar etiquetas en una planta hermana.



Ilustración 26. Dispensador de etiquetas diseñado. Elaboración propia (2021)

Como parte de la mejora de los procesos realizados en planta se lleva a cabo el diseño de múltiples piezas y equipo dentro de la planta, para analizar su funcionamiento correcto, así como llevar a cabo un estudio crítico acerca del uso de esta pieza y su uso correcto. Como parte del trabajo asignado en el día a día, se encomendó el diseño y dibujo de una ayuda para la operación de unir elástico a los pantalones, se tomaron las medidas adecuadas y las proporciones correctas para replicar y mejorar el diseño actual de estas ayudas.



Ilustración 27. Diseño de ayudas para costurar el elástico a la cintura de pantalones. Elaboración propia (2021).

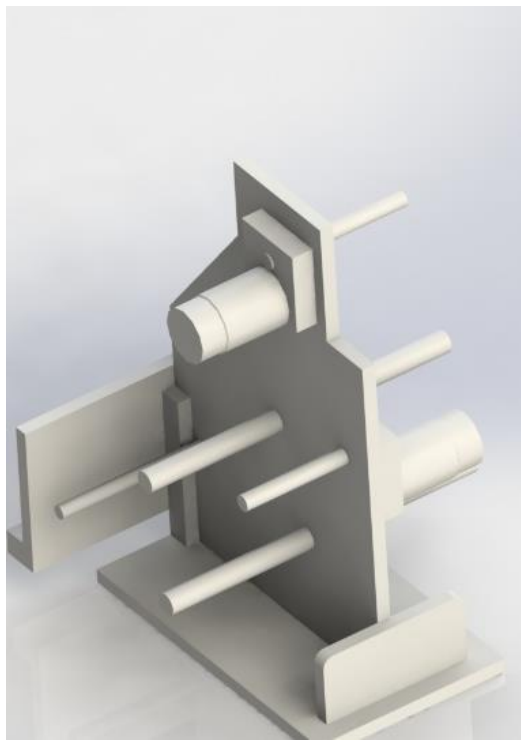


Ilustración 28. Diseño base de dispensadora de pegatinas implementados en planta. Elaboración propia (2021)

Parte de la realización del trabajo de un ingeniero de procesos es observar aquellos problemas que existen actualmente en el área de trabajo e idear soluciones o mejoras para optimizar y corregir tiempos de producción. Uno de estos casos presentados fue la mejora del sistema automático de dispensamiento de pegatinas para ser integrados al producto final, ya que este presentaba problemas al retirar la filmina que resulta al retirar la pegatina de la misma, causando un embotellamiento de la misma en la maquinaria implementada. Juntamente se consideró el mejoramiento estético del sistema ya que actualmente se encuentra en deterioro debido al continuo uso de la misma.

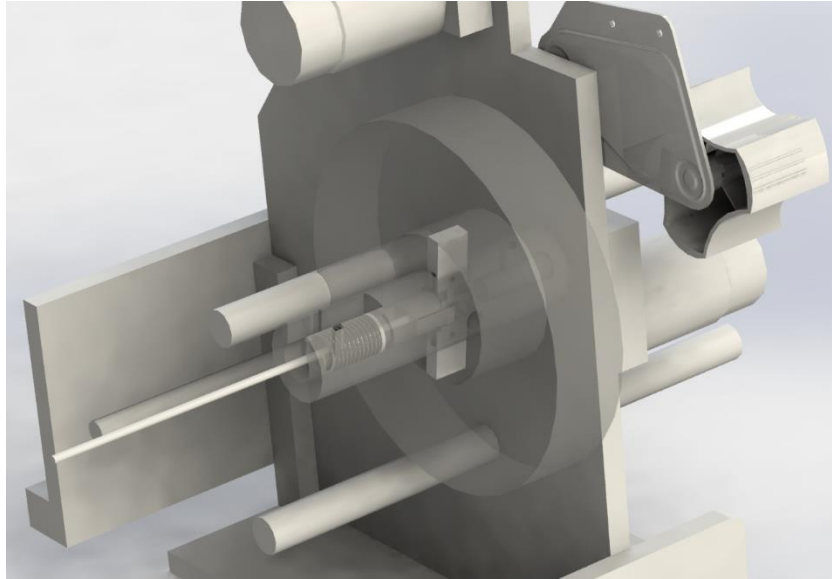


Ilustración 29. Mejora propuesta para la remoción de desperdicio en las dispensadoras de pegatinas. Elaboración Propia (2021)

Actualmente el problema central de la implementación de este dispositivo en la planta, es la remoción de basura resultante del uso de las filminas en el producto terminado. Consecuentemente, durante el desarrollo de la práctica profesional, se presentó otra variabilidad dentro del uso de las dispensadoras de pegatinas en planta, debido a que el departamento de marketing en Estados Unidos, envía cambios en el tamaño, orientación y grosor de las pegatinas a utilizar en el producto terminado, esto lleva a la conclusión que la modularidad y el enfoque hacia la versatilidad del uso de esta maquinaria debe ser la principal base en el desarrollo de mejoras en el futuro.

3.2 Cronograma de actividades

	Actividades/ Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Introduccion de medidas de bioseguridad	■									
2	Analisis de el procesos de insercion de etiquetas colgantes	■									
3	Diseño del prototipo inicial para el proceso de insercion de etiquetas colgantes	■	■								
4	Mejora y diseño del mecanismo para insercion de etiquetas colgantes		■								
5	Estudio de la colocacion de procesos en la planta		■								
6	Diseño de la celda de sobrecostura de gorro		■								
7	Impresión de las piezas en 3D del mecanismo de insercion de etiquetas colgantes			■							
8	Integracion de las piezas impresas para el prototipaje inicial del proyecto			■	■						
9	Programacion del sistema de etiquetas colgantes			■							
10	Soporte en certificaciones de SolidWorks			■							
11	Diseño de la celda de 996R			■	■						
12	Revisión de sensores en celda inteligente				■						
13	Instalacion de bases para sensores en celda inteligente				■						
14	Validación de obtención de señales electricas en celda inteligente				■						
15	Auditoria de guias laser y validacion de funcionamiento correcto					■		■		■	
16	Diseño base para el proyecto de dispensamiento de pegatinas en planta					■					
17	Diseño de mejora para el proyecto de dispensamiento de pegatinas						■	■			
18	Diseño del prototipo de maquinaria para examinado de batas medicas						■	■			
19	Diseño de pieza prototipo para la mejora de calidad en el proceso de pegar bolsa								■	■	■
20	Diseño de prototipo de procesos de celda para maunfatura de batas medicas desechables en planta					■				■	■
21	Presentacion de investigacion sobre requerimientos para areas de batas medicas desechables									■	■

IV. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas en base a las diferentes actividades realizadas durante la práctica profesional en el departamento de ingeniería de procesos. Se han iniciado efectivamente diversos proyectos durante el tiempo de trabajo en Manufacturas Villanueva en la planta manufacturera Roatán (R2).

- Se inició y desarrollo el prototipo del proyecto de visualización en 3 dimensiones de la composición de procesos en la planta, dando inicio a la coordinación y presentación de fichas técnicas ergonómicas para uso dentro de procesos de producción.
- Se realizó el diseño y la implementación de un mecanismo de inserción de etiquetas colgantes de manera semi automática, presentando un ahorro en movimientos de \$6000 dólares.
- Se dio soporte en el funcionamiento correcto de celdas inteligentes en la planta, completando el 17% de la instalación de los sensores dentro de la celda.
- Se realizó la instalación y programación de sistemas de control en las máquinas de producción, mejorando en un 15% el tiempo que la maquina pasa en reparación.
- Se aplicaron auditorias continuas del estado de guías laser y auditorias de pérdidas de aire comprimido, mostrando un incremento del 10% comparado a las auditorias anteriores.

A partir del trabajo desarrollado durante la duración de la práctica profesional, se puede concluir que, tras el inicio de varios proyectos, la innovación dentro del departamento de ingeniería de procesos, semanalmente, se debe mantener constante y la mejora continua de los diversos proyectos implementados, así como el análisis de oportunidades dentro de la planta, se tiene que analizar detalladamente para mejorar la eficiencia y la calidad del uso de proyectos. La mejora continua en la planta se pronuncia de manera significativa al ser la parte fundamental de los diversos procesos dentro de la planta, ya que cada mejora o idea implementada afecta directamente, y en algunos casos, proporcionalmente, la calidad y la eficiencia de la producción dentro de la planta manufacturera. Así también, la ideación y creación de sistemas completamente autónomos o semiautomáticos, deben ser la base principal del trabajo continuo de un ingeniero de procesos ya que este debe entregar

V. RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo y el desenvolvimiento dentro del área de trabajo en Fruit of the Loom, se recomienda:

Recomendaciones a la empresa

Mayor capacitación en el uso de software en modelado 3D. Se detectó una falla considerable en el uso e implementación de software en modelado de 3D en la planta, ya que esto es de bastante apoyo para cada una de las tareas que se realizan en el departamento de ingeniería limitando las habilidades y herramientas de los ingenieros a un modelado en 2D.

Una capacitación de mayor alcance al departamento de carpintería y mantenimiento en la utilización y entendimiento de dibujos técnicos y el uso de electrónica. Al entregar planos de los diferentes proyectos que se desean realizar, el ingeniero de procesos debe mantener una auditoria continua de los desarrollos realizados, lo cual limita la cantidad de tiempo de trabajo del ingeniero en gran parte, ya que actualmente, a estos departamentos se les dificulta en gran manera la lectura de dibujos técnicos, así como el entendimiento básico de electrónica en el departamento de mecánica, para el soporte de los diferentes proyectos que ingeniera de procesos realiza.

Recomendaciones a la universidad

Mayor cantidad de clases enfocadas al diseño y prototipado de maquinaria o sistemas industriales, ya que esta es la base de la creación y exposición de proyectos a los departamentos administrativos, para emprender la realización de proyectos.

Mayor enfoque a herramientas de oficina como Microsoft Excel, PowerPoint, etc. ya que esto permite una integración mas sencilla a los diferentes departamentos dentro de una empresa.

Un apoyo mayor en las áreas de laboratorios para el desarrollo, implementación y creación de proyectos en las diferentes clases dentro de la carrera de Mecatrónica.

BIBLIOGRAFIA

- Cloppenburg, F., Münkkel, A., Gloy, Y., & Gries, T. (2017). Industry 4.0 – How will the nonwoven production of tomorrow look like? *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 254(13), 132001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/13/132001>
- Epifancev, K., & Mishura, T. (2020). Problems and advantages of SCADA systems when performing measurements at hazardous production technologies. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515, 032071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/3/032071>
- Fitriani, S., & Sofyan, Y. (2020). Simulator Human Machine Interface (HMI) using visual basic on the SCADA system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830, 032016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/3/032016>
- Harahap, R., Adyatma, A., & Fahmi, F. (2018). Automatic control model of water filling system with Allen Bradley Micrologix 1400 PLC. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309, 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012082>
- Hendra, Yulianto, A. S., Indriani, A., Hernadewita, & Hermiyetti. (2018). Control Systems of Rubber Dryer Machinery Components Using Programmable Logic Control (PLC). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 307, 012021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/307/1/012021>
- Kurniawan, A., Taqwa, A., & Bow, Y. (2019). PLC Application as an Automatic Transfer Switch for on-grid PV System; Case Study Jakabaring Solar Power Plant Palembang. *Journal of Physics: Conference Series*, 1167, 012026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1167/1/012026>

- Leahy, K., Gallagher, C., Bruton, K., O'Donovan, P., & O'Sullivan, D. T. J. (2017). Automatically Identifying and Predicting Unplanned Wind Turbine Stoppages Using SCADA and Alarms System Data: Case Study and Results. *Journal of Physics: Conference Series*, 926, 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/926/1/012011>
- Li, J., Zhang, R., Guan, Q., Cui, F., & Chen, K. (2017). Analysis on the workspace of palletizing robot based on AutoCAD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 241, 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/241/1/012018>
- Liang, S., He, C., Fang, W., Zhou, Z., Li, Y., & Wang, Y. (2019). A SCADA platform architecture for cloud-based micro-service system with real time data process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 677, 042056. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/677/4/042056>
- Liu, K., Zhang, J., & Su, F. (2020). Short-Term Reliability Prediction of Key Components of Wind Turbine Based on SCADA Data. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 768, 062047. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/768/6/062047>
- Mao, W., Wang, J., Tantai, S., Cao, Q., Zhang, Z., & Zhang, X. (2020). Computer Aided Drawing System Development of Corrugated Box with Auto CAD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 768, 052074. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/768/5/052074>
- Naranje, V. G., Hussein, H. M. A., & Kumar, S. (2017). Computer aided system for parametric design of combination die. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 244, 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/244/1/012022>
- Nasution, M. K. M. (2020). Industry 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1003, 012145. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012145>

- Nedelcu, D., Gillich, G. R., Bloju, A., & Padurean, I. (2020). The kinematic and kinetostatic study of the shaker mechanism with SolidWorks Motion. *Journal of Physics: Conference Series*, 1426, 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1426/1/012025>
- Niculescu, M., Andrei, L., & Cristescu, A. (2016). Generation of noncircular gears for variable motion of the crank-slider mechanism. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 147, 012078. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/147/1/012078>
- Noppe, N., Iliopoulos, A., Weijjtjens, W., & Devriendt, C. (2016). Full load estimation of an offshore wind turbine based on SCADA and accelerometer data. *Journal of Physics: Conference Series*, 753, 072025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/753/7/072025>
- Nugraha, E., Abdullah, A. G., & Hakim, D. L. (2016). Designing a SCADA system simulator for fast breeder reactor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 128, 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/128/1/012006>
- Popa, D., & Popa, C. M. (2019). The generation of the worm and wheel gears in a CAD soft. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 564, 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/564/1/012064>
- Raj, P. E., Wahab, S. A., Mohd Zawawi, N. F., Awang, K. W., & Adeeba Wan Ibrahim, W. S. A. (2020). The benefits of Industry 4.0 on Sustainable Development and Malaysia's Vision. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 549, 012080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/549/1/012080>
- Setiawan, A., Sugeng, Koesoema, K. I., Bakhri, S., & Aditya, J. (2019). The SCADA system using PLC and HMI to improve the effectiveness and efficiency of production processes. *IOP*

Conference Series: Materials Science and Engineering, 550, 012008.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012008>

Sitepu, M. H., Matondang, A. R., & Sembiring, M. T. (2020). A Socio-Technical Approach to Assess Readiness of Organizations for Industry 4.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542, 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1542/1/012031>

Syufrijal, S., Rif'an, M., & Media's, E. (2019). Construction design system of constant pressure control in water distribution system with PID method using PLC based on IoT. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, 022060. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022060>

Talli, A., & V Meti, V. K. (2020). Design, simulation, and analysis of a 6-axis robot using robot visualization software. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 872, 012040. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/872/1/012040>

Torcătoru, C., & Săvescu, D. (2019). Analyzing the sustainability of an automotive component using SolidWorks CAD software. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 568, 012113. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/568/1/012113>

Wei, H. (2020). Using AutoCAD Software to Assist in Analyzing the Application of Modern Machinery Manufacturing Technology and Processing Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648, 022071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/2/022071>

Xiong, T., Li, J., Jia, H., Hou, B., & Zheng, W. (2018). Simulation Analysis of the Performance of an Environmentally Friendly Double-suction Cutter Suction Dredger Based on SolidWorks and ANSYS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 382, 032049. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/382/3/032049>

- Xu, K., Wang, R., & Lu, Y. (2020). Structure Design of Multi-joint Bionic Robot Based on Solidworks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 526, 012165. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/526/1/012165>
- Yahya, S., Jadmiko, S. W., Wijayanto, K., & Tahtawi, A. R. A. (2020). Design and implementation of training module for control liquid level on tank using PID method based PLC. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830, 032065. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/3/032065>
- Zakoldaev, D. A., Korobeynikov, A. G., Shukalov, A. V., Zharinov, I. O., & Zharinov, O. O. (2020). Industry 4.0 vs Industry 3.0: The role of personnel in production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 734, 012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012048>
- Zhang, J., Zhang, Q., & Shi, R. (2018). Finite Element Analysis and Optimization of Helical Gear-pairs with Web based on SolidWorks. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 382, 042023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/382/4/042023>