



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

ESTANDARIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE MÁQUINAS FERTIRRIEGO,
IRRITEC MÉXICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21411135 ADOLFO VALENZUELA PAZ

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNÁNDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ENERO 2018

Agradecimientos

A mis padres y hermano

Todos los logros y objetivos que alcance fueron únicamente debido a su ayuda y apoyo incondicional. Sin su presencia en los momentos difíciles y la inspiración que me provocaron y me siguen provocando, jamás hubiese logrado mi sueño de finalizar esta etapa. Gracias por todas las enseñanzas y los consejos.

A los catedráticos

Con sus conocimientos y experiencias me guiaron durante toda la carrera por el camino del saber. Por su ayuda con las dudas y la falta de sabiduría que acongojaban mi ser les estoy eternamente agradecido. Me han preparado para afrontar cualquier problema en mi vida profesional.

A mis compañeros y amigos

Por mantenerse a mi lado durante todo el proceso que implicó el llegar hasta el final. Les agradezco por su compañía en todos los momentos de dificultad y alegría.

Índice de contenido

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del Problema	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Definición del Problema.....	3
2.3	Preguntas de Investigación.....	4
2.4	Objetivos.....	4
2.4.1	Objetivo General.....	5
2.4.2	Objetivos Específicos	5
2.5	Justificación	5
III.	Marco Teórico	7
3.1	Estandarización de las cosas y estandarización del trabajo.....	7
3.2	El Ciclo de Deming.....	7
3.3	Definición del Proceso	10
3.4	Diagramas de Flujo	12
3.5	Mejoramiento de la Productividad	14
3.6	Importancia de la estandarización	15
3.6.1	Beneficios de la estandarización.....	16
3.7	Softwares de diseño	16
3.7.1	Solidworks.....	17
3.7.2	DesignSpark Electrical	17
3.8	Máquinas Fertirriego	17
3.8.1	Succión con efecto Venturi.....	19
IV.	Metodología	20
4.1	Variables Dependientes e Independientes	20
4.1.1	Variables Dependientes	20
4.1.2	Variables Independientes.....	20

4.2	Enfoque y Método	21
4.3	Cronograma de Actividades	23
V.	Análisis y Resultados	24
5.1	Toma de Datos	24
5.2	Datos Post-Estandarización	26
5.3	Pre-Estandarización	27
5.3.1	Prototipo #1	28
5.3.2	Prototipo #2	33
5.3.3	Prototipo #3	36
5.4	Estandarización	39
5.5	Corrección de fallos	43
5.6	Costos de implementación	44
5.7	Aportaciones	45
VI.	Conclusiones.....	47
VII.	Recomendaciones	48
7.1	Para la empresa.....	48
7.2	Para la universidad.....	48
VIII.	Bibliografía	49
IX.	Anexos	53

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. El Círculo de Deming o Ciclo de Deming es muy utilizado en muchos sistemas de gestión de la calidad muy exitosos y es el que mejor encaja en el proceso de estandarización de los procesos.(excelencemanagement, 2017)	8
Ilustración 2. Esquema de proceso junto a su entrada y salida con una retroalimentación añadida.(“Ciclo Básico de Procesamiento de datos”, 2010)	10
Ilustración 3. Ejemplo de flujograma con el significado de algunos de sus símbolos principales.(Palencia, 2014).....	13
Ilustración 4. Simbología para flujogramas según la norma ANSI.(Marilyn Vivas, 2008)	14
Ilustración 5. Dibujo en perspectiva del prototipo número 1 ubicado en el plano de las dimensiones.....	29
Ilustración 6. Dibujo de la parte frontal de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones.	30
Ilustración 7. Dibujo de la parte lateral derecha de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones.....	31
Ilustración 8. Dibujo de la parte lateral izquierda de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones.....	32
Ilustración 9. Dibujo en perspectiva del prototipo número 2 ubicado en el plano de las dimensiones.....	33
Ilustración 10. Vista frontal del prototipo número 2. Toda la tubería queda dentro del marco de perfiles de aluminio.....	34

Ilustración 11. Vista lateral izquierda del prototipo número 2. Se nota la optimización del espacio en comparación al prototipo #1.....	35
Ilustración 12. Vista lateral derecha del prototipo número 2. División de parte eléctrica en la parte superior y la hidráulica en la inferior.	35
Ilustración 13. Vista en perspectiva del prototipo número 3.....	36
Ilustración 14. Vista frontal del prototipo número 3. El largo de la máquina supera los 120 centímetros que tienen el empaque y la tarima donde se transportan las máquinas.....	37
Ilustración 15. Vista lateral izquierda del prototipo número 3.	38
Ilustración 16. Vista lateral derecha del prototipo número 3. Este prototipo es el de menor grosor.....	38
Ilustración 17. Plano de despiece de sub-ensamblaje DYM.DOSIFIC.38.	40
Ilustración 18. Plano de instrucciones de ensamblaje de sub-ensamblaje DYM.DOSIFIC.38.	41
Ilustración 19. Plano eléctrico de conexiones a las válvulas FIP de inyección.	42

Índice de tablas

Tabla 1 Cronograma de Actividades.....	23
Tabla 2. Actividades a realizar para el ensamble de la máquina fertirriego FERTI8000.	24
Tabla 3. Actividades a realizar para el ensamble de la máquina fertirriego FERTI8000 post-estandarización.....	26
Tabla 4. Aumentos en costos por modificación de máquinas fertirriego. Escala de precios en dólares americanos.....	44

Glosario

- Conductividad eléctrica: Medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él.
- Diseño: Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos.
- Electroválvula: Válvula que, por medio de un electroimán, regula el caudal de un líquido.
- Estandarización: Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera standard o previamente establecida.
- Fertirrigación: La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego.
- Incidencia: Cosa que se produce en el transcurso de un asunto, un relato, etc., y que repercute en él alterándolo o interrumpiéndolo.
- pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
- Procesos: Procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.
- Protocolo: Conjunto de reglas de formalidad que rigen los actos y ceremonias diplomáticos y oficiales.
- Relevadores: Interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

I. Introducción

Las estandarizaciones de los procesos de producción son, en esencia, las normas y protocolos a seguir para obtener el mayor rendimiento, eficiencia y calidad en la elaboración de los productos en una fábrica. Existen muchas formas de estandarizar los procesos, pero siempre, esta acción, se fundamenta en siete pasos:(Perú21.pe, 2012), "Diagnosticar el proceso, identificar las mejoras y diseñar el proceso ideal, planear una prueba del proceso, ejecutar y monitorear la prueba, mejorar el nuevo proceso, difundir y capacitar y mantener y mejorar el proceso."

Irritec México Sistemas de Riego S.A. de C.V.(Irritec México, 2017), "es parte del Grupo Irritec, de origen Italiano con 40 años de experiencia especializado en la producción y desarrollo de sistemas de riego." Esta empresa con sede en Querétaro, México se dedica principalmente a la fabricación de herramientas y materiales de riego agrícola como ser mangueras para riego por goteo, aspersores, válvulas y equipo para control de riego y máquinas y equipo de fertirriego.

El proyecto por realizar con la colaboración de la empresa es la estandarización de la producción de máquinas y equipos fertirriego que actualmente ofrece la compañía al mercado agricultor de México, Centroamérica, Colombia y Ecuador.

Este proyecto nace de la necesidad que tiene la empresa por ofrecer a sus clientes un producto de calidad y con buenos estándares de producción. En la actualidad no se cuenta con procesos, materiales ni diseños definidos de sus máquinas y equipos de fertirrigación.

Con la ayuda de los conocimientos adquiridos en los campos de diseño mecánico, eléctrico y electrónico, procesos industriales y automatización, realizaremos un estudio y diversos manuales y protocolos para la perfecta estandarización en la producción de esta tecnología.

II. Planteamiento del Problema

2.1 Antecedentes

Irritec México Sistemas de Riego S.A. de C.V. es una empresa que se ha dedicado a la venta de equipos fertirriego casi inmediatamente desde su inauguración en el 2001. Inicialmente, este rubro era muy poco predominante en el mercado y por ende las maquinas eran importadas a México desde la planta de producción en España. Debido a esto, los costos de las maquinas eran muy elevados, existía una enorme posibilidad que las maquinas se dañaran y las ventas eran muy escasas.

En el 2010 hubo un incremento en ventas de equipo de fertirrigación y también en máquinas automatizadas para limpieza de filtros. Este aumento de ventas hizo que la empresa se replanteara la idea de producir las maquinas en la planta de producción en México y por ello se inauguró el departamento de DYM (Diseño Y Montaje).

En este departamento se desarrollarían los diseños de las máquinas fertirriego que se ofrecerían a los clientes de todo México, Centroamérica, Colombia y Ecuador. Junto a la apertura del departamento de DYM, se abrió un taller dentro de la planta de producción donde se ensamblarían las máquinas que luego serían empacadas y enviadas a los clientes desde la sede en México.

Con esto, los costos se reducirían ya que el 65% de los materiales se importarían como piezas y no como un ensamble y las piezas de la estructura se comprarían y ensamblarían en México. Pero a pesar de este enorme cambio y mejora, todavía no se estandarizaron los diseños ni el ensamblaje. Entonces siempre se enfrentaba el problema de que ocurrían incidencias imprevistas debido a que las maquinas se ensamblaban sin ningún orden ni protocolo preestablecido.

De esta forma nace la idea de realizar un proyecto en el cual se estandaricen tanto los diseños como los ensamblajes en el taller de todos los modelos de las máquinas fertirriego que se ofrecerán a los clientes de Irritec. Así, reduciendo en gran medida el número de incidencias que se presentan en campo debido a fallas en los diseños o en los procesos de ensamblaje.

Según el blog (e-ngenium.blogspot.mx, 2017) "El objetivo de crear e implementar una estrategia de estandarización es fortalecer la habilidad de la organización para agregar valor. El enfoque básico es empezar con el proceso tal y como se realiza en el presente, crear una manera de compartirlo, documentarlo y utilizar lo aprendido." Así, podemos partir de esta definición para lograr cumplir con los estándares de calidad que ofrece Irritec México Sistemas de Riego a sus clientes.

2.2 Definición del Problema

Todo el equipo y máquinas que se fabrican en el taller de DYM, de una u otra forma presentan incidencias en campo que luego tienen que ser atendidas por los mismos técnicos que ensamblan los equipos y esto lleva a un grado de insatisfacción por parte del cliente y a una pérdida de tiempo y recursos por parte de Irritec México. Además, los clientes se quejan en muchas ocasiones porque compran más de una máquina del mismo modelo y estas, vienen con diferentes componentes eléctricos o electrónicos

que al final siempre cumplen su función dentro del sistema pero que muestran una completa falta de estandarización por parte de los procesos de diseño y ensamblaje.

En su falta de estandarización en esta área, la empresa estaba enfrentando serios problemas con los clientes debido a que el modelo de máquina fertirriego denominado Ferti8000 (que luego veremos más a detalle), presentaba fallos debido a una falta de potencia en sus componentes eléctricos y electrónicos, debido a un error de diseño. Por ende, el número de incidencias creció de manera incontrolable y cada vez era más difícil atender todas estas incidencias.

2.3 Preguntas de Investigación

¿Cuáles son las fallas existentes en las máquinas fertirriego?

¿Qué causan esas fallas en los modelos de máquinas que están a la venta?

¿Cómo se pueden corregir y prevenir esas fallas en las máquinas?

¿Qué diseños y modificaciones pueden ayudar a corregir esas fallas?

¿Cómo podemos estandarizar la producción de los nuevos diseños de las máquinas?

¿Qué protocolo de respuesta a incidencias podemos formar para una atención rápida y eficiente?

2.4 Objetivos

Según (General O, 2014), "un objetivo es el fin último al que se dirige una acción u operación. Es el resultado o sumatoria de una serie de metas y procesos. Se dice que la persona después de haber identificado un objetivo cuyo logro considere importante, tiene que ser capaz de describir las acciones que representen el significado de éste. En otras palabras, ser capaz de describir los resultados específicos que, si se consiguen, le hará asumir que el objetivo también se ha conseguido."

2.4.1 Objetivo General

Estandarizar los procesos de ensamblaje de las máquinas fertirriego con la ayuda de diseños, manuales y protocolos desarrollados por softwares especializados.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las fallas que provocan los reportes de incidencia con los equipos.
- Rediseñar las máquinas Ferti8000 que se ofrecen para eliminar errores y mejorar la estética y la protección de los equipos.
- Crear manuales y esquemas que ayuden a estandarizar los procesos de ensamblaje a través de programas especializados para diseño.

2.5 Justificación

El motivo principal por el cual se realizarán diseños en softwares especializados, es para poder hacer de forma clara y ordenada, protocolos y guías a seguir para el correcto ensamble de las máquinas fertirriego. Con esto, podremos asegurar y garantizar que todas las máquinas llevaran la misma configuración hidráulica, eléctrica, electrónica y mecánica. Además, se podrán reducir el número de incidencias por motivos de ensamblaje y se podrán realizar protocolos de respuesta para los problemas que se presenten en campo.

También habrá un mejor manejo de los materiales utilizados para los ensambles y las personas a cargo de los ensambles podrán fácilmente ser capacitadas para hacer su trabajo de forma eficiente y controlada. Y esto es de vital importancia como lo mencionan (Jennifer y José Luis Abreu, 2009): "Dentro de toda organización, sea de cualquier tipo, propósito o tamaño, existe un bien intangible que le da vida al

funcionamiento de los procesos internos que en ella se dan. Este bien es su personal, su recurso humano, el cual sin importar la complejidad ni la validez del programa de selección que se aplique en una organización, siempre necesitará ser sometido a procesos de capacitación si se desea que éstos alcancen un máximo de rendimiento y productividad en sus puestos, bien si son de nuevo ingreso o si ya tienen cierta antigüedad en la empresa.”

III. Marco Teórico

3.1 Estandarización de las cosas y estandarización del trabajo

Existen muchas formas de estandarizar un proceso según la necesidad y los recursos con que cuente una empresa o una organización. Dentro del área académica se han propuesto metodologías distintas de aproximación hacia una estandarización exitosa. Pero, según ("Estandarización de Procesos", s/f) la estandarización se puede dividir en dos partes:

La estandarización de las cosas se refiere a que los objetos deben ser iguales, y es indispensable en muchos aspectos de la vida cotidiana para ser más eficientes. Digamos el tamaño de las ventanas o las partes de los vehículos. Para estandarizar el trabajo tenemos herramientas administrativas.

Entonces, la forma más eficiente de estandarizar un proceso como el que a continuación se presentará, es dividiendo los objetivos para dos distintos campos los cuales serán el de las partes materiales y formatos de presentación de las máquinas y luego el de las formas de realizar las funciones por parte del técnico o técnicos a cargo de los ensambles de las máquinas.

3.2 El Ciclo de Deming

Para poder cumplir con lo antes mencionado se utilizará el Ciclo de Deming y así seguir un proceso adecuado de estandarización. El Ciclo de Deming nos puede dar una perfecta descripción de cómo realizar nuestro trabajo de forma ordenada y sistemática. Este es un ciclo muy utilizado en el campo del control de procesos para poder definir las mejoras del mismo. Nos indica que para poder cumplir con nuestro cometido debemos seguir cuatro pasos sencillos con especial control y cuidado en cada etapa. Estos pasos son: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.



Ilustración 1. El Círculo de Deming o Ciclo de Deming es muy utilizado en muchos sistemas de gestión de la calidad muy exitosos y es el que mejor encaja en el proceso de estandarización de los procesos.(excelencemanagement, 2017)

- Planificar: Consiste en establecer los objetivos y como se pretende alcanzarlos, para ello en primera instancia se debe reconocer y examinar la situación actual; definir las metas a conseguir; escoger y planificar las actividades.
- Hacer: Ejecutar las actividades programadas en el ítem anterior.
- Verificar: Examinar la ejecución de las actividades y su eficiencia para cumplir con las metas programadas.
- Actuar sobre la base de los resultados obtenidos, se efectúan las acciones correctivas que se requieran, o los aciertos pasan a ser mejoras alcanzadas en los procesos; esto último permite actualizar los mismos. (Walter Hernán Alarcón Muñoz, 2015)

Con estas instrucciones claramente detalladas, podemos empezar nuestro proceso de estandarización de nuestras máquinas fertirriego con la seguridad de que al final obtendremos un alto estándar de calidad. Cabe remarcar que dentro de cada uno de estos ítems hay que tomar en cuenta preguntas claves para poder desarrollar de forma eficiente cada uno de ellos.

Dentro del ítem de "planificar", nos hacemos las siguientes preguntas: ¿qué se quiere estandarizar?, ¿quién quiere estandarizar?, ¿cuándo se quiere estandarizar?, ¿por qué se quiere estandarizar?, ¿dónde se quiere estandarizar? y ¿cómo se quiere estandarizar? Es necesario tener estas preguntas bien definidas para trabajar en torno a las respuestas de las mismas.

Luego, dentro del ítem de "hacer", concebimos las siguientes preguntas: ¿qué materiales se utilizarán para estandarizar?, ¿con que mano de obra se realizará la estandarización?, ¿qué métodos de estandarización se utilizarán?, ¿qué máquinas se utilizarán para la estandarización? y ¿en qué medio ambiente se realizará la estandarización? Esto concuerda con la orientación previamente mencionada sobre la estandarización de las cosas que está más enfocada en los materiales y herramientas para estandarizar.

Para el ítem de "Verificar" nos formulamos las siguientes preguntas: ¿los resultados fueron positivos?, ¿los diseños son eficientes y fáciles de realizar?, si existe una o varias pruebas piloto con clientes, ¿los clientes están satisfechos con el rendimiento y funcionalidad de las máquinas? y ¿los análisis financieros marcan números positivos para la empresa? Esta parte es crucial ya que dependiendo de la positividad o negatividad de las respuestas, se proseguirá al siguiente paso y se definirá que tanto hay que indagar en el mismo.

Por último, dentro del ítem de “Actuar” nos hacemos las siguientes preguntas: ¿es necesario que realicemos ajustes al diseño o a la ejecución de los ensamblajes?, ¿qué ajustes a las máquinas son de vital importancia?, ¿qué aspectos precisan de mayor atención para realizar ajustes? y ¿cómo podemos seguir mejorando los diseños y los procesos de ensamblaje? Cabe destacar, que este último paso puede llevarnos de nuevo al inicio si se precisa rediseñar las máquinas por ajustes o por mejoras.

3.3 Definición del Proceso

Para poder realizar la estandarización del proceso de ensamblaje de nuestras máquinas fertirriego, debemos primero definir que es un proceso y todo lo que lo comprende.

De acuerdo a (José Ángel Maldonado, 2011) “un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de un o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido.”

Por ende, existen las entradas y salidas en el esquema de un proceso cualquiera. Estos valores o materiales, son los que le darán la forma y calidad al producto final del proceso.

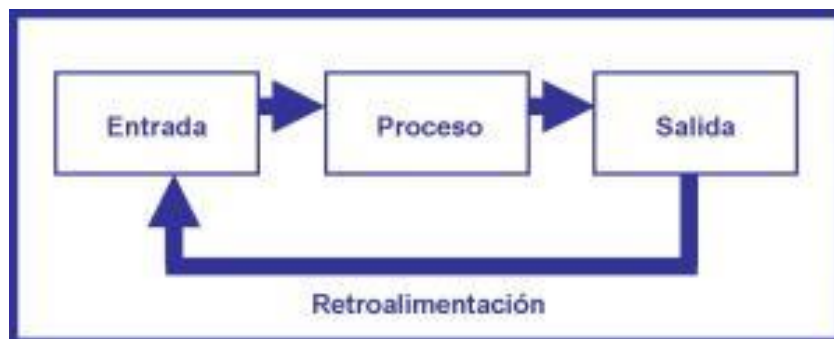


Ilustración 2. Esquema de proceso junto a su entrada y salida con una retroalimentación añadida. (“Ciclo Básico de Procesamiento de datos”, 2010)

Los procesos a su vez pueden ser divididos en dos campos: las actividades que añaden valor al producto que se conocen como operaciones y las actividades que no añaden valor al producto, que serán actividades de soporte a las operaciones principales como ser transporte, mantenimientos, etc.(Lluís Cuatrecasas Arbós, 2012)

Entonces podremos identificar en nuestro proceso, las actividades que moldearan y le darán forma a nuestro producto final, como ser, los materiales y el trabajo que se les realizará a los mismos durante el proceso de ensamblaje. También dentro de esta categoría podremos encontrar cualquier modificación que se le haga posteriormente a las maquinas por correcciones de diseño o ajustes para mejorar sus rendimientos. Por otro lado, identificaremos las actividades o funciones secundarias que no añadirán valor a las máquinas pero que también serán necesarias en menor medida ya que representan un apoyo a las operaciones principales. Estas actividades son las de transporte, gestión de tiempos, etc.

La manufactura como tal está comprendida dentro del proceso de elaboración o modificación de un producto partiendo de materias primas. Este es un concepto que se maneja ampliamente en la industria y define muchos factores importantes.

De acuerdo a (H. C. Kazanas, Glenn E. Baker, & Thomas Gregor, 1983), "la manufactura es el proceso de coordinación de personal, herramientas y máquinas para convertir materias primas en productos útiles."

Este concepto, nos da una idea clara de lo más básico que comprenden las actividades de una fábrica. Por ello, definimos de forma contundente cuales serán nuestros materiales o materias primas para trabajar y en base a ello podremos realizar todos los diseños que precisamos para poder mejorar o eficientar en gran medida nuestro producto que son las máquinas como tal.

La manufactura es como antes lo mencionamos, un concepto amplio muy utilizado en la industria, pero a su vez comprende mucho trabajo organizacional previo a la ejecución de los trabajos a realizar. Una buena organización nos provee de un excelente ambiente laboral y nos permite realizar nuestro trabajo con facilidad y eficacia. Según (Mercedes Rodríguez Fernández, 2007), "la organización es un agrupamiento relativamente estable de personas en un sistema estructurado y en evolución cuyos esfuerzos coordinados se proponen alcanzar metas en un ambiente dinámico."

3.4 Diagramas de Flujo

De acuerdo a (Roberto Acosta, Miriam Arellano, & Francis Barrios, 2009) "un flujograma consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos."

Esta es una herramienta que es bastante útil para nuestro caso en específico porque podremos definir en ella, las actividades de forma clara y ordenada. También, podremos definir una secuencia que se desee llevar a cabo para todas las actividades que se tienen en mente de realizar. Cabe destacar que en el flujograma podemos definir tiempos pero también podemos dejar que el flujograma sencillamente nos de pautas de que acontecerá al finalizar cada una de las actividades por individual o en conjunto.

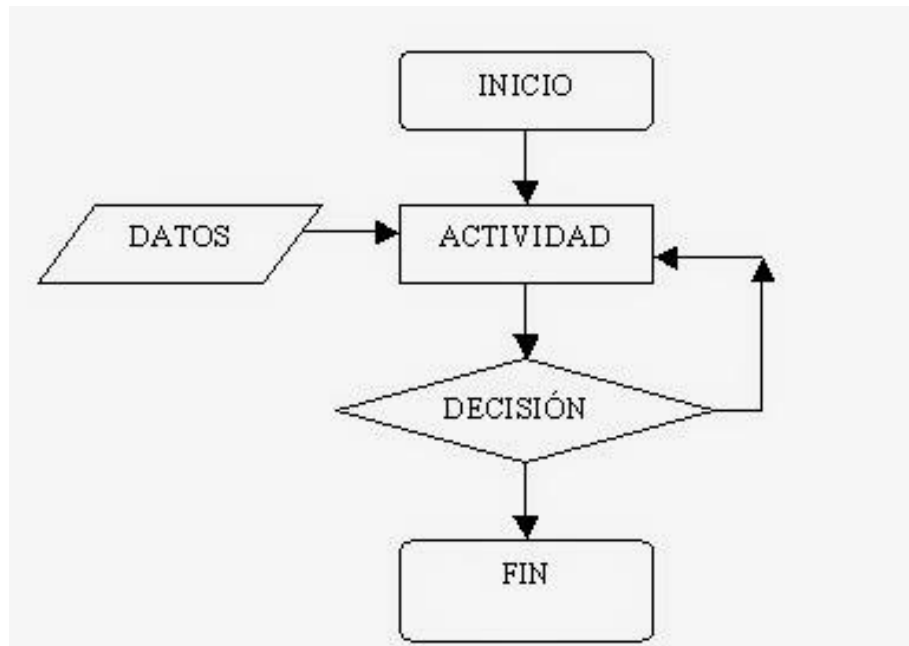


Ilustración 3. Ejemplo de flujograma con el significado de algunos de sus símbolos principales. (Palencia, 2014)

Esta herramienta, también puede ayudarnos mucho para identificar fallos y realizar ajustes. Al localizar los puntos donde se pueden comprobar fallos o falta de eficiencia, se puede programar luego un rediseño o ajustes necesarios para corregir los fallos anteriormente mencionados.

SÍMBOLOS DE LA NORMA ANSI PARA ELABORAR DIAGRAMAS DE FLUJO (Diagramación administrativa)








SIMBOLO	REPRESENTA
	Inicio o término. Indica el principio o el fin del flujo, puede ser acción o lugar, además se usa para indicar una unidad administrativa o persona que recibe o proporciona información.
	Actividad. Describe las funciones que desempeñan las personas involucradas en el procedimiento.
	Documento. Representa un documento en general que entre, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Decisión o alternativa. Indica un punto dentro del flujo en donde se debe tomar una decisión entre dos o más alternativas.
	Archivo. Indica que se guarda un documento en forma temporal o permanente.
	Conector de página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.
	Conector. Representa una conexión o enlace de una parte del diagrama de flujo con otra parte lejana del mismo.

Ilustración 4. Simbología para flujogramas según la norma ANSI. (Marilyn Vivas, 2008)

3.5 Mejoramiento de la Productividad

Un aspecto importante de este proyecto es el de la mejora continua de los diseños y los procesos de fabricación. Para ello, precisamos de planes de mejoramiento de la productividad del taller encargado de los ensambles de las máquinas. Al realizar un plan de mejoramiento nos aseguramos que cualquier fallo que esté sucediendo o pueda llegar a suceder, sea tratado con eficacia.

Según (Mauricio León Lefcovich, 2009) el mejoramiento de la productividad se puede dar en dos pasos:

- a) Seleccionar el conjunto de técnicas más apropiadas para el mejoramiento de la productividad en función de las características propias de la empresa y su entorno.
- b) Desarrollar un plan de implementación conducente a poner en práctica las técnicas seleccionadas.

Por ello, se debe analizar de forma objetiva y minuciosa el proceso para poder definir las técnicas adecuadas a utilizar para lograr la estandarización deseada. Luego se desarrolla un plan esquemático para implementar esta estandarización de forma definitiva.

3.6 Importancia de la estandarización

Es de vital importancia la estandarización de cualquier proceso de producción que maneje cualquier fábrica. Esto, por el hecho de que la estandarización es la principal vía de proveer un producto de alta y consistente calidad, lo cual nos ayuda a mantener a los clientes satisfechos.

De acuerdo a (nicopr74, 2010) las razones principales de la estandarización son las siguientes:

- Las exigencias de la globalización, estas nos han hecho cambiar la visión de los negocios.
- La competitividad extrema, que no existen fronteras y el hecho de que la información ahora está al alcance de todos.

3.6.1 Beneficios de la estandarización

- Mejora en la calidad del producto final.
- Satisfacción del cliente por obtener un producto de buena calidad.
- Reducción de incidencias en campo.
- Mejor manejo de materiales y tiempos de ensamblaje.
- Reducción en tiempos de entrega de las máquinas.
- Mayor competitividad dentro del mercado.

3.7 Softwares de diseño

Para poder lograr una estandarización adecuada es necesario diseñar y planificar todos los aspectos del proceso de ensamblaje. Para ello, la utilización de softwares especializados en diseño es imprescindible.

La manipulación de estos softwares puede ser compleja y complicada por parte de la mayoría de personas no capacitadas para manipularlos. Pero el trabajo que realizan puede facilitar el trabajo de los técnicos que ensamblan las máquinas en gran medida ya que le permiten al usuario realizar diseños gráficos muy sencillos en base a todos los cálculos y mediciones para que cualquier persona pueda leerlos y entenderlos.

Con esto, se puede fácilmente brindar una capacitación de cualquier técnico con mucha o poca educación, nuevo en la empresa o de mucha trayectoria con la misma. Esto nos da la seguridad que el técnico no se sentirá agobiado por cambios estratégicos y fácilmente tomara su posición y ejecutara los cambios de forma rápida y eficiente.

3.7.1 Solidworks

Solidworks es un programa de diseño que nos ofrece la oportunidad de crear modelos en 3D de piezas solidas utilizadas en nuestro proceso de ensamblaje. Este software permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para su estudio.(Sonia Caicedo, 2011)

Esta herramienta es muy útil para poder hacer prototipos de nuevos diseños y para estudiar las posibilidades que hay de modificar los modelos anteriores. También nos permite realizar un listado de los materiales necesarios para la construcción de las máquinas.

3.7.2 DesignSpark Electrical

Este, es otro software de diseño, pero que en este caso, está orientado al diseño de esquemas y planos eléctricos. De acuerdo a (Carlos Martinez, 2015) "la herramienta permite la posibilidad de utilizar un software de diseño avanzado a todos aquellos que aún no utilizan herramientas eléctricas CAD." Este software cuenta con una librería llena de componentes que existen en el mercado y que son muy útiles para diseñar. El software cuenta con simbología de varias normas de diseño eléctrico y esto nos da la facilidad de adecuar nuestro diseño a cualquier exigencia por parte de los clientes. Además, cabe destacar que el software es completamente gratis y nos brinda la posibilidad de actualizarlo cuando existan actualizaciones disponibles.

3.8 Máquinas Fertirriego

Los equipos fertirriego son un producto muy importante que Irritec México Sistemas de Riego oferta al mercado de la agricultura de todo el territorio que cubre dicha empresa.

La fertirrigación es un método relativamente nuevo de proveerle a la planta sus nutrientes de forma económica y efectiva. Este método está comprobado como el más eficiente que existe entre las tecnologías de la agricultura. Como es mencionado por (Suniaga Q., Rodríguez, & Rázuri Ramírez, 2008):

La tendencia de las nuevas tecnologías es de ofrecer agua y nutrientes a plantas lo más cercano posible a su sistema radical, en un medio subsaturado; con la finalidad de minimizar las pérdidas, reducir los problemas ambientales y disminuir los costos de producción, lo cual es posible realizar con el empleo de la fertirrigación.

El objetivo de estas máquinas es realizar las mezclas de fertilizantes líquidos con el agua de la red principal de riego. Esto se puede lograr de forma semiautomática o completamente automática con la ayuda de unos controladores especializados que le permiten al agricultor definir las cantidades de fertilizante.

Con la ayuda del controlador FERTI8000, el cual es ofrecido por Irritec México, le da la posibilidad de controlar la fertirrigación con niveles de pH y conductividad eléctrica con la ayuda de sensores que detectan estos valores y los envían al controlador para que este pueda procesar la información y realizar la dosificación de forma automática.

Estas máquinas han adquirido una gran importancia en el mercado de la agricultura en invernaderos por el alto rendimiento que le dan al cultivo. Según (Martínez Gamiño, 2012), "la fertilización vía riego por goteo, en la actualidad es la práctica más eficiente en la producción de cosechas ya que combina dos de los factores de mayor importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas (nutrientes y agua)".

Por esto, Irritec México ha apuntado a desarrollar esta tecnología y brindarles a sus clientes el mejor servicio y los mejores productos de este rubro. Para ello se ha valido de dos tipos de configuraciones principales las cuales son el tren de Venturi y los FERTI8000.

La diferencia de un tren de Venturi con el FERTI8000 es que el tren no tiene controlador y la dosificación es controlada de forma manual con la ayuda de unas válvulas de aguja que el mismo operador regula para conseguir, de forma volumétrica, el control de la cantidad de fertilizante que ingresa a la línea principal de agua. En cambio el FERTI8000 se vale de un controlador especializado que controla una electroválvula llamada FIP en cada dosificador. El controlador también tiene la opción de controlar por volumen así como por nivel de pH y conductividad eléctrica para decidir las aperturas de las FIP.

Otra enorme ventaja del FERTI8000 es que tiene la capacidad de controlar otras electroválvulas en campo y también otras bombas y dispositivos eléctricos. También cuenta con la posibilidad de hacer control de dispositivos eléctricos a distancia con la ayuda de dispositivos tele radio a grandes distancias.

3.8.1 Succión con efecto Venturi

El efecto Venturi es el protagonista principal de la máquina ya que es entorno a este efecto que se construye toda la máquina. Es lo que se utiliza para lograr la mezcla de fertilizante con el agua de la red principal para luego depositar esta mezcla de nuevo a la red antes mencionada.

Como lo explica (Arturo García-Saldaña, 2015), "Un inyector del tipo Venturi genera succión debido al diferencial de presión negativa que se produce entre su entrada y su salida al reducir su diámetro de garganta y acelerar la velocidad del fluido debido a este decremento en los diámetros." Realizando así una mezcla de nutrientes y agua adecuada para los cultivos que se desea potenciar.

IV. Metodología

4.1 Variables Dependientes e Independientes

Según (Jacqueline Wigodski, 2010), "Las variables en la investigación, representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. Las variables, son los conceptos que forman enunciados de un tipo particular denominado hipótesis."

4.1.1 Variables Dependientes

Un tipo de variables que comprenden un proyecto son denominadas variables dependientes, las cuales son el objeto de estudio y medición (Hector Luis Ávila Baray, 2006). En este aspecto, podemos definir en nuestro proyecto las siguientes variables como dependientes:

- Tiempos de entrega de las máquinas a los clientes.
- Integridad de las piezas que conforman los ensamblajes.
- Calidad de los ensamblajes.

4.1.2 Variables Independientes

Las variables independientes tienen la característica que influyen y determinan las condiciones de las variables dependientes. Estas variables se pueden medir y determinar cómo influyen y alteran a las variables dependientes (Hector Luis Ávila Baray, 2006). Entonces, con esta definición, podemos identificar nuestras variables independientes como las siguientes:

- Métodos de ensamble
- Almacenaje de las piezas de las máquinas en bodega
- Métodos de pruebas a las máquinas ya ensambladas
- Procesos de ensamblaje

4.2 Enfoque y Método

Para poder darle un enfoque y una metodología a este proyecto necesitamos definir adecuadamente lo que es una metodología que comprenda un enfoque. De acuerdo a (www.geocities.com, 2004) una metodología se define de la siguiente manera:

Enfoque de un problema de manera total, organizada, sistemática y disciplinada. Esta definición muestra una distinción entre "metodología" y "técnica". La técnica se considera como un componente de la metodología, como el medio o procedimiento que se usa para realizar la metodología misma. En otras palabras, la técnica es sólo uno de los muchos ingredientes interactivos de cualquier metodología participativa.

De igual manera, necesitamos tener conceptos muy claros de los dos enfoques que se tomaron en cuenta en este proyecto, los cuales son, el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo. Estos enfoques los define (Marisela Dzul Escamilla, s/f) de la siguiente manera:

- El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.
- El enfoque cualitativo tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad.

Partiendo de estas definiciones pudimos identificar nuestros enfoques cuantitativos y cualitativos como los siguientes:

- Enfoque cuantitativo: Con la recopilación de datos y números, se determinó que la falta de estandarización genera retrasos en las entregas, fallos en las pruebas de los equipos en planta e incidencias en campo.
- Enfoque cualitativo: Con la participación de los operadores a cargo de los ensamblajes y los ingenieros involucrados directa o indirectamente en el

departamento de DYM se identificaron y definieron las fallas y debilidades en el proceso de ensamblaje de las máquinas.

Previo a la realización del proyecto se precisó de un estudio del proceso de ensamblaje, las estructuras, componentes y funcionamientos de las máquinas como tal. Después de un análisis del proceso se procedió a realizar un estudio del enfoque cuantitativo para la toma de datos sobre los equipos que estaban pendientes y los tiempos estimados de liberación. Además, con estos mismos datos pudimos cuantificar la cantidad de retrasos y los tiempos de los mismos.

También se realizó el análisis de un enfoque cualitativo incluyendo los comentarios de los ingenieros y técnicos sobre las incidencias en campo y las causas de las mismas. También se incluyeron sus comentarios y opiniones sobre los fallos y posibles soluciones para estos. De esta forma se pudo esquematizar un plan de acción para resolver y mejorar el proceso mediante la estandarización de los equipos utilizando un Círculo de Deming para hacerlo de forma ordenada y acertada.

V. Análisis y Resultados

Debido a que los resultados del proyecto dependían en gran medida de los diseños finales con sus respectivas aprobaciones por parte del director general de la empresa, los datos recabados comprenden números actuales, estimaciones y aproximaciones de lo que será la estandarización de las máquinas cuando se realice el cambio de presentación de producto del que se ofrece actualmente al que resulta de este proyecto.

5.1 Toma de Datos

Para poder cuantificar tiempos y costos tenemos que definir y comprender el proceso de producción de las máquinas fertirriego que se lleva a cabo en el taller de DYM. Para ello, creamos una tabla con los pasos a seguir para el ensamble de todas las piezas necesarias en un FERTI8000.

Descripción de la actividad	Día de ejecución	Tiempo requerido
Recepción de materiales	1	0:30
Inventariado de materiales	1	0:30
Corte de perfiles de aluminio	1	4:00
Taladrado de perfiles	1	5:00
Ensamble de estructura	2	6:30
Ensamble de dosificadores	2	3:30
Ensamble de trenes y bomba	3	5:00
Conexión de partes eléctricas	3	5:00
Pruebas y correcciones	4	3:00
Totales	4 días	33 horas

Tabla 2. Actividades a realizar para el ensamble de la máquina fertirriego FERTI8000.

En la tabla anterior se puede observar que el proceso de ensamblaje de una sola máquina fertirriego FERTI8000 se lleva a cabo en 4 días con el uso de 33 horas en total. Cabe destacar que estos datos son los que la misma empresa y equipo de planeación del área de producción manejan.

Los números antes presentados en la "Tabla 2", son datos ideales. Esto quiere decir que estas actividades se llevan a cabo en esta cantidad de días y de horas cuando no se da ningún inconveniente en ninguna de las actividades. Actualmente, es bien difícil que los inconvenientes no sucedan debido a varios factores que mencionaremos a continuación:

- Bodega tarda en surtir las piezas debido a que las ordenes de liberación de materiales se retrasan y no son atendidas por las personas correspondientes.
- Cuando bodega surte las piezas al taller y el inventario se está realizando, hacen falta piezas necesarias para la máquina porque las listas de materiales no está actualizada.
- En el inventariado de materiales, surgen piezas extras o piezas que no concuerdan con la lista de materiales.
- Cuando se han ensamblado varias máquinas con anterioridad, se presenta una falta de materiales para ensamblaje como pegamento y teflón que luego cuesta recibir estos materiales debido al protocolo de solicitud que se necesita seguir para obtener nuevos materiales.
- Cuando se ensambla el dosificador (que luego veremos en detalle) se presentan quebraduras en la válvula angular reguladora, lo cual está pendiente de revisión por parte de la ingeniera de productos.
- Los controladores se surten de almacén con distintas alimentaciones y esto provoca cortos por falta de revisión de este detalle por parte del técnico.

5.2 Datos Post-Estandarización

Después de haber realizado y ejecutado los planes de estandarización previamente mencionados, la atención al cliente se mejora en gran medida. Todos los inconvenientes del listado anterior, pasan a no afectar la entrega de las máquinas a los clientes debido a que las actividades previas a la entrega de las máquinas se reducen en gran medida de la siguiente forma:

Descripción de la actividad	Día de ejecución	Tiempo requerido
Recepción de materiales	1	0:20
Inventariado de materiales	1	0:10
Ensamble de estructura	1	3:00
Ensamble de trenes y bomba	1	5:00
Conexión de partes eléctricas	1	1:30
Pruebas y correcciones	2	3:00
Totales	2 días	13 horas

Tabla 3. Actividades a realizar para el ensamble de la máquina fertiriego FERTI8000 post-estandarización.

Se puede observar una mejora considerable en días y horas de trabajo que llevaría a reducir los tiempos de entrega de las máquinas en gran medida. Cabe destacar que los únicos inconvenientes que podría afectar estos tiempos serían los del área administrativa y de planeación, como la falta de suministro de pegamento y la tardanza en las órdenes de pedidos a bodega.

Además de generar estos impactos, la estandarización realizada pudo definir con exactitud los pasos a seguir para el correcto ensamble de las máquinas, lo cual suponía un problema para la empresa y sus estándares de calidad que antes se mencionaron como debilidades de la marca. De esta forma se elimina la desorganización por parte del técnico encargado y los productos se van creando de forma repetitiva e industrial. Esto le da a las máquinas la imagen de ser producidas en masa y de cierta forma, esto llega a ser una realidad para la empresa.

5.3 Pre-Estandarización

La idea inicial de la estandarización era trabajar con lo que ya había y a partir de eso, realizar planos, manuales y guías de todo el proceso de ensamblaje de las máquinas. Pero luego, el director general, puso la tarea de reformar la estructura de la máquina que se ofertara a los clientes cambiando así la presentación e incluso agregando algunos elementos eléctricos y electromecánicos para la facilitación de instalación para el técnico y el uso del cliente.

Por tal motivo, previo a cualquier tipo de estandarización se tuvo que rediseñar la estructura y proponer mejoras estéticas y de accesibilidad. Para esto, se utilizó el software de diseño mecánico solidworks que nos facilitó en gran medida el modelaje en 3D de cada una de las piezas y elementos que comprenden la máquina.

Para la presentación que se le hizo al director general, se realizaron 3 prototipos base que luego se fueron modificando según los argumentos y opiniones con respaldo lógico que daban los mismo ingenieros de producto que se encargan de la parte funcional de la máquina y que interactúan en gran medida con los clientes que adquieren estas máquinas para sus cultivos especializados.

Se partió de un prototipo que se habría realizado hace un año por uno de los técnicos pero de forma física y sin ningún tipo de estudio previo. Este prototipo tuvo una buena reseña por parte del director general, lo cual nos indicó que el punto de inflexión para la realización de un nuevo modelo de presentación de las máquinas podría empezar desde este prototipo. Cabe destacar que este prototipo ya contaba no solo con la estructura de perfiles de aluminio, sino que también tenía ya instalados 5 dosificadores que simulaban la mayor cantidad que ofrece la empresa para el cliente los cuales son 4 para abonos y uno para ácido.

El prototipo también contaba con una placa hecha a la medida para el mismo, que incluía sus dos manómetros necesarios para la medición de la presión de entrada al sistema y la de salida después de la bomba. También, tenía ya su propio controlador que habían dejado solo de conectar para realizar las pruebas pertinentes con la nueva estructura.

5.3.1 Prototipo #1

El Prototipo #1 hacía uso total del prototipo inicial ya hecho en físico. La estructura de perfiles de aluminio y la instalación del sistema hidráulico son exactamente la misma. El único agregado fue el propuesto por parte de uno de los ingenieros en el área de producción el cual sugirió, que para solucionar el problema de instalación de válvulas de campo por parte del cliente, se le agregara al prototipo por la parte posterior una caja eléctrica de dimensiones de 50 x 50 centímetros para poder ubicar una serie de relevadores que protegerían el controlador y nos daba la posibilidad de alimentar las válvulas de campo con una fuente externa y así eliminar un fallo de falta de corriente que estaba presente en ese momento entre las incidencias presentadas por unos pocos clientes.

La principal mejora que se logra con este prototipo es la que se estaba solicitando por el director general, la cual era aumentar la fortaleza y también la apariencia de la máquina para que de un atractivo con el que contaban las máquinas de la competencia. También se sugirió en la junta final donde fueron presentados los 3 prototipos que la máquina fuera anclada al suelo con la ayuda de unos pernos sujetos a las patas, lo cual le daría aún más estabilidad al equipo. Esta idea fue sugerida por el mismo director general que ya tenía experiencia por la misma supervisión que ha realizado en campo con los clientes.

Tras realizar el diseño de la máquina en el programa Solidworks con todos los componentes que conforman el equipo, el dimensionamiento de este, fue necesario para presentarlo y tomar decisiones importantes en base a esto como los empaques y la forma de transporte. Se realizaron planos para la presentación de estas dimensiones.

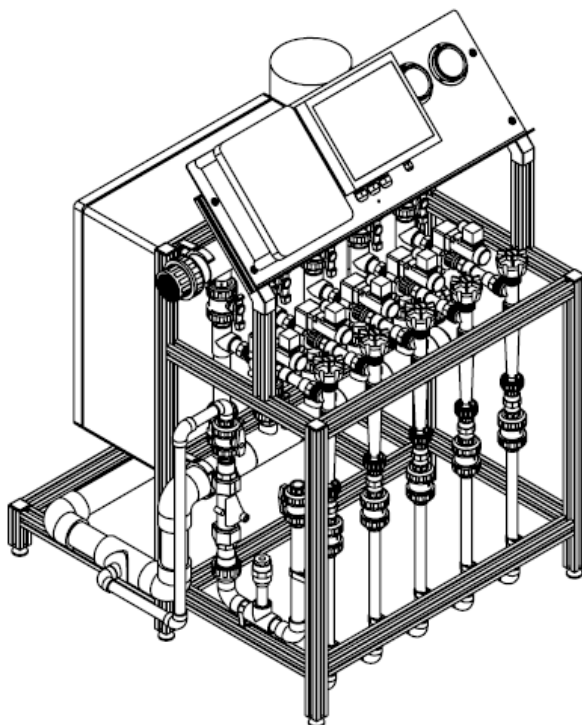


Ilustración 5. Dibujo en perspectiva del prototipo número 1 ubicado en el plano de las dimensiones.

El prototipo número 1 fue el de mayor dificultad para realizar ya que se necesitó realizar el dibujo en 3D de varias piezas que faltaban en la base de datos de la empresa. A pesar de que la base de datos ya contaba con muchas piezas que conforman las máquinas, se necesitó hacer el pedido de la mayoría de las piezas a almacén para poder dibujar las faltantes y corregir o verificar las dimensiones de otras ya dibujadas para poderles hacer sus respectivas modificaciones.

Una de las desventajas que tiene este prototipo es que parte de la tubería del sistema hidráulico, se sale del marco formado por los perfiles de aluminio que conforman la estructura de la máquina. Esto no es de mucho agrado por parte de las personas encargadas de ingeniería de productos debido a que no se quiere dejar posibilidad de fallos por golpes a la misma tubería en el transporte de la maquina o incluso ya habiendo sido instalada, golpes por el mismo cliente o personal de la empresa.

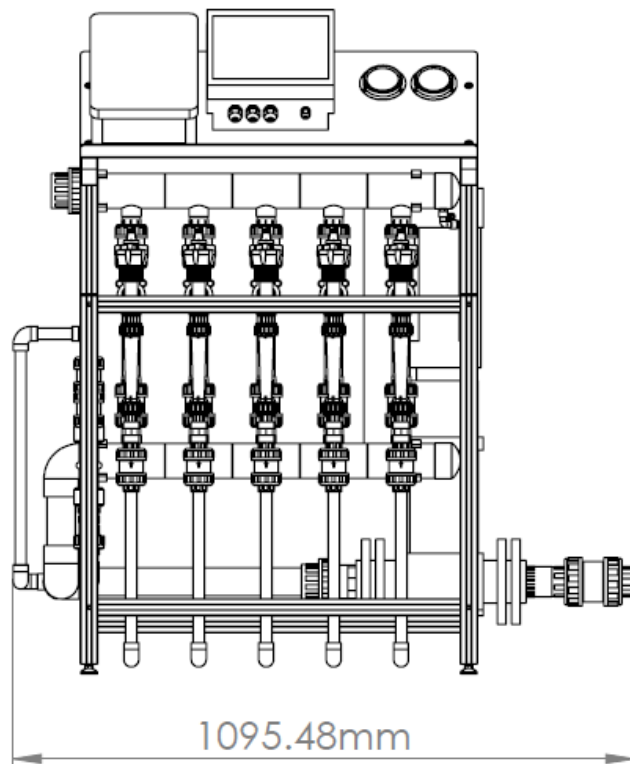


Ilustración 6. Dibujo de la parte frontal de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones.

Para el inconveniente de la tubería que queda por fuera de la estructura y que incluso deja fuera de la estructura una de las bridas de la bomba y la válvula check a la salida de la bomba como se puede observar en la Ilustración 6, se propuso el alargamiento de la estructura para poder cubrir todas las partes de la máquina y enmarcarlas dentro de los perfiles de aluminio.

Otro inconveniente que se presentó con este prototipo fue que, debido a que la caja ocupaba toda la parte posterior del marco de aluminio de perfil, no se le puede agregar la configuración de doble Venturi que es una de las opciones que se oferta por parte de la empresa y consiste en colocar otro Venturi en paralelo a cada uno de los que ya está para incrementar los litros por hora de inyección de fertilizante de cada dosificador. Esto suponía una enorme desventaja debido a que la solicitud de esta configuración por parte de los clientes es alta y afectaba de forma directa la estandarización que se pretendía realizar de estas máquinas.

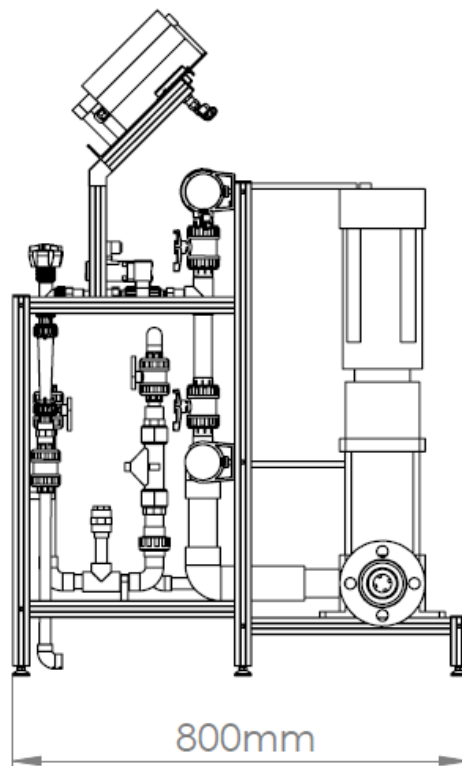


Ilustración 7. Dibujo de la parte lateral derecha de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones.

La solución propuesta para este inconveniente fue la alargar la estructura de perfiles de aluminio hacia enfrente para dar espacio a una fila de Venturis más y así poder ofertar esta configuración al cliente. Esta solución suponía un cambio importante en el diseño.

Un inconveniente muy importante que se detectó en este mismo diseño es el que podría causar fallas muy importantes en el sistema eléctrico de la caja. Estos fallos son debido a que la caja está ubicada peligrosamente cerca del sistema hidráulico. Si se da una fuga en el sistema hidráulico, cabe la posibilidad que se filtre agua en el interior de la caja donde hay muchas conexiones eléctricas susceptibles a provocar un corto circuito de ser mojadas. Si bien la caja estaría sellada lo más herméticamente posible para evitar esto, los riesgos son muy altos y esto no fue de mucho agrado para los ingenieros de producto que revisaron los planos.

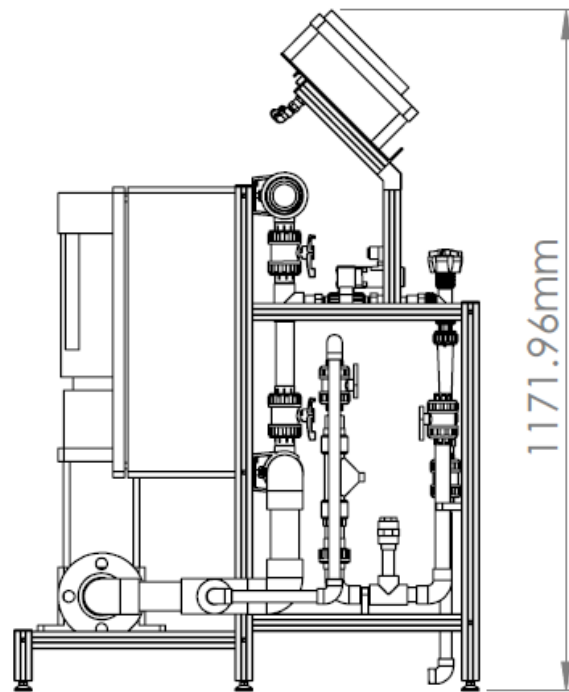


Ilustración 8. Dibujo de la parte lateral izquierda de la máquina del prototipo número 1 en el plano de dimensiones

Debido a esta serie de inconvenientes identificados en el prototipo #1, se decidió no utilizar este prototipo para el cambio de imagen y funcionalidad de la máquina. El director general concordó con la opinión de los ingenieros de producto y se decidió estudiar los demás prototipos para eliminar los inconvenientes que se presentaron en este prototipo.

5.3.2 Prototipo #2

El prototipo número 2 propuesto en la última junta es el resultado de varias propuestas por parte del equipo de ingenieros de producto y los de producción. Este prototipo fue evolucionando siempre a partir del prototipo inicial con la enorme diferencia que se implementó el uso de un gabinete de dimensiones especiales para la inclusión de un controlador de modalidad empotrable. Este gabinete ya es parte de las máquinas fertirriego que ofrece la misma empresa con sede en otros países y también es muy común ver este tipo de gabinete en muchos modelos de máquinas fertirriego de varias marcas. Este gabinete incluye todas las tarjetas electrónicas necesarias para la automatización de los equipos fertirriego como el controlador y la tarjeta de transmisión de pH y CE (Conductividad Eléctrica) así como los componentes eléctricos y electromecánicos que incluía la caja del prototipo #1 como el transformador y los relevadores.

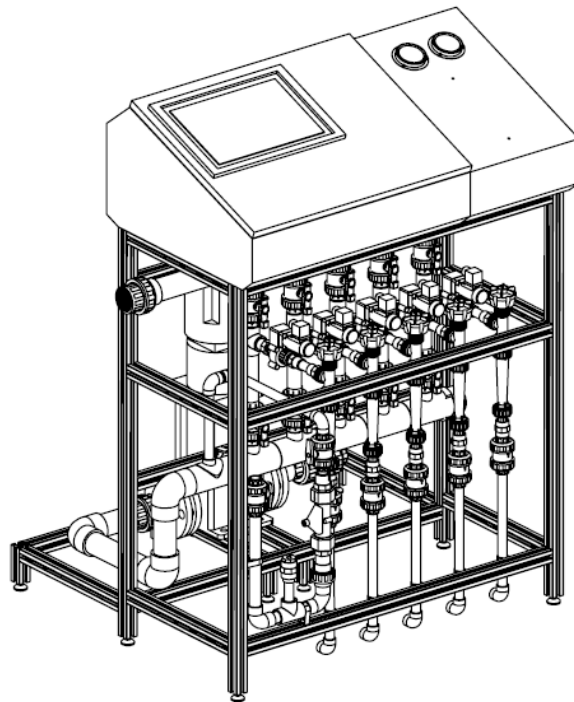


Ilustración 9. Dibujo en perspectiva del prototipo número 2 ubicado en el plano de las dimensiones.

Este cambio de la caja del prototipo número 1 al del gabinete con el controlador empotrable soluciona muchos de los inconvenientes. Se corrigió el error de la tubería que quedaba fuera de la estructura de perfiles de aluminio en el prototipo #1, lo cual suponía una preocupación por parte de los ingenieros de producto.

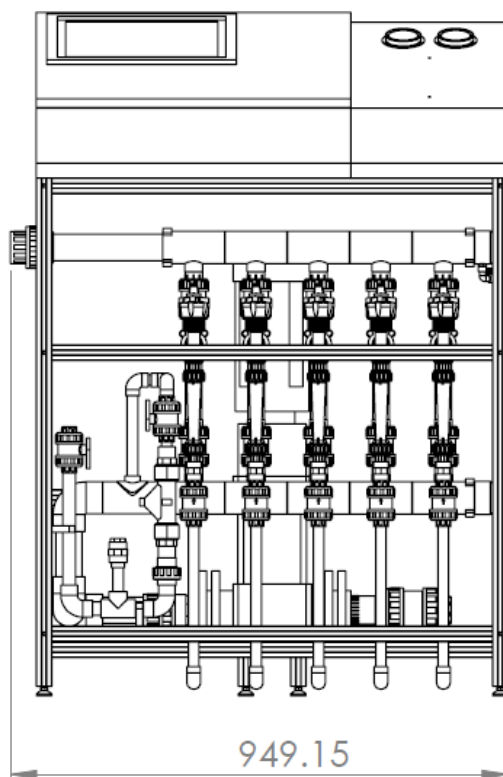


Ilustración 10. Vista frontal del prototipo número 2. Toda la tubería queda dentro del marco de perfiles de aluminio.

Un tramo de tubería que incluye los sensores de pH y conductividad eléctrica junto a una serie de válvulas quedó en la parte frontal para una manipulación más accesible. Esto es de mucha importancia porque estos sensores requieren de una calibración mensual para su correcto funcionamiento. Esta parte a la cual en el sistema se le asignó el código de DYM.SENSORES, también está incluida en el marco de perfiles de aluminio.

Uno de los mayores inconvenientes que presentaba el prototipo número 1, que es el de la complicación para el ensamble de la configuración de doble Venturi, fue solucionada en este segundo prototipo. Debido a que ya no hace uso de la caja rectangular en la parte posterior, se habilitó espacio suficiente para la inclusión de otra serie de Venturis en la parte posterior.

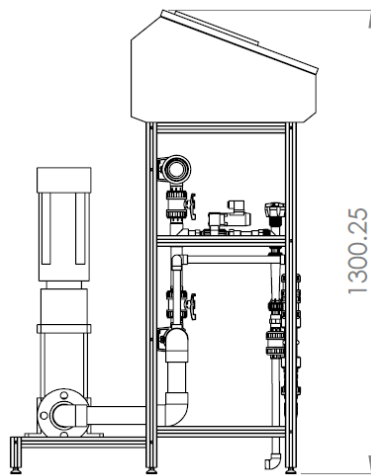


Ilustración 11. Vista lateral izquierda del prototipo número 2. Se nota la optimización del espacio en comparación al prototipo #1.

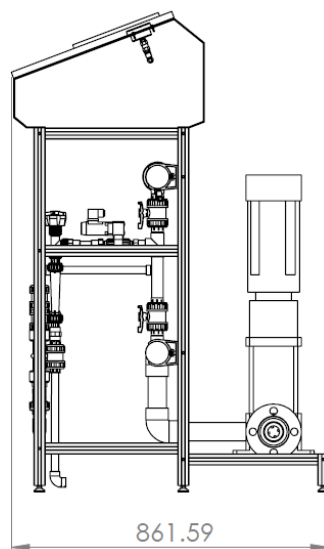


Ilustración 12. Vista lateral derecha del prototipo número 2. División de parte eléctrica en la parte superior y la hidráulica en la inferior.

5.3.3 Prototipo #3

El último prototipo presenta el cambio menos significativo en comparación al cambio que hubo del prototipo 1 al 2. Este también hace uso de del gabinete que optimiza el espacio para poder incluir toda la parte eléctrica y electrónica en un mismo lugar. Pero el principal cambio del prototipo 2 a este fue el de la ubicación de la bomba ya que este la tiene ubicada a un lado y no por detrás de la máquina como los diseños anteriores.

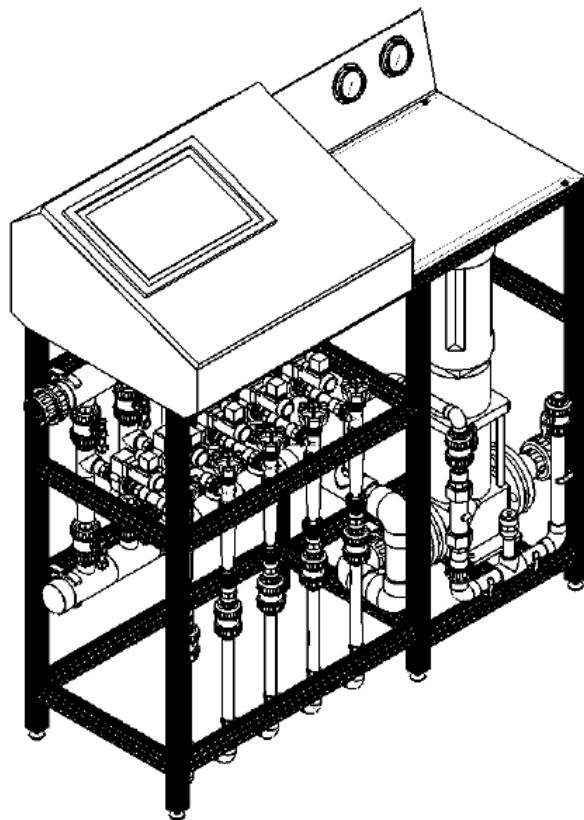


Ilustración 13. Vista en perspectiva del prototipo número 3.

Este prototipo es muy similar al segundo en cuanto a sus componentes y la idea de utilizar el gabinete para el controlador empotrable. Son utilizados exactamente los mismos componentes y muchas configuraciones se repiten como la de la toma de muestras que se encuentra ubicada al frente del maro de perfiles de aluminio.

Este prototipo presentaba el enorme inconveniente que la medida de largo superaba la del empaque que se utiliza para el envío de las máquinas. Incluso, no existe tarima en stock en almacén que pueda alojar esta máquina dentro de la misma. Esto no es de mucho agrado por parte de los ingenieros de producto que procuran que la imagen de la máquina en su entrega sea de agrado para el cliente.

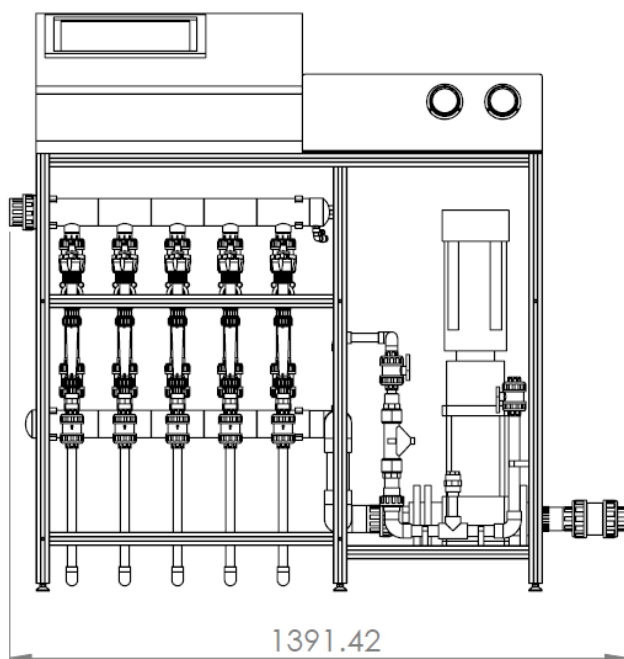


Ilustración 14. Vista frontal del prototipo número 3. El largo de la máquina supera los 120 centímetros que tienen el empaque y la tarima donde se transportan las máquinas.

Para poder hacer cambio a este prototipo, es necesario realizar un cambio en las dimensiones de la caja y la tarima donde se transportarían las máquinas. Los ingenieros de producto y los de producción no estaban muy receptivos a la idea de hacer el cambio debido a que el proceso llevaba a un aumento de costo y por ende, este prototipo no se aprobó por ninguna de las partes. En la última junta donde se analizaron los prototipos, el director general también estuvo en desacuerdo de realizar este cambio.

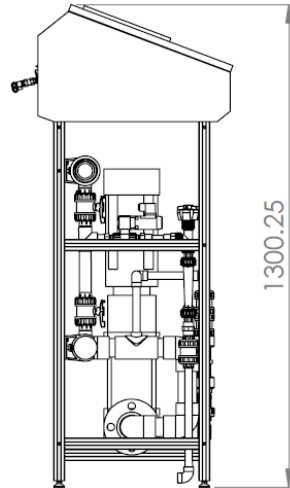


Ilustración 15. Vista lateral izquierda del prototipo número 3.

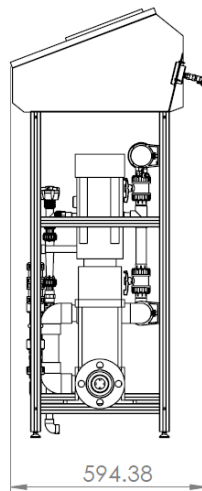


Ilustración 16. Vista lateral derecha del prototipo número 3. Este prototipo es el de menor grosor.

El tercer prototipo también se caracteriza por ser el prototipo con la medida más angosta. Esto fue opacado por la desventaja antes mencionada debido a que los empaques de las máquinas tendrían una forma muy irregular que representaría un costo adicional a la empresa por su modificación. Esto ya puso en gran desventaja a este prototipo ante los demás.

5.4 Estandarización

Cuando finalmente se definió un prototipo que será el que se presentara a los clientes, se empezó la estandarización como era requerida y apegándose a los procesos y datos que la empresa tiene en su base de datos. Todos los cambios y mejoras con este proyecto están documentados en la base de datos para luego ser utilizados para implementarlos en planta.

La idea principal de este proceso es realizar una serie de planos y guías de sub-ensamblajes que ayudarán a los técnicos nuevos y ya de experiencia a obedecer un orden de ensamblaje y que el producto final sea de alta calidad. Las configuraciones y presentaciones serán de orden industrial.

Los sub-ensamblajes serán realizados con tiempo de anticipación para poder realizar el ensamblaje final de las máquinas en poco tiempo y sacar los pedidos dentro del margen de tiempo establecido por el gestor de pedidos de la empresa. Estos sub-ensamblajes serán almacenados en bodega como si fueran piezas individuales y tendrán su propio código en sistema para poder hacer los pedidos necesarios de los mismos.

La idea a futuro de la empresa es poder crear una estación de pruebas para poder comprobar que algunos sub-ensamblajes, como los que llevan partes hidráulicas o eléctricas, funcionen sin complicaciones y no exista ningún tipo de inconvenientes como fugas en el ensamblaje final. Independientemente de las pruebas hechas a los sub-ensamblajes por individual se realizar pruebas finales antes de la entrega al cliente de toda la máquina funcionando con todos sus componentes hidráulicos y eléctricos en conjunto.

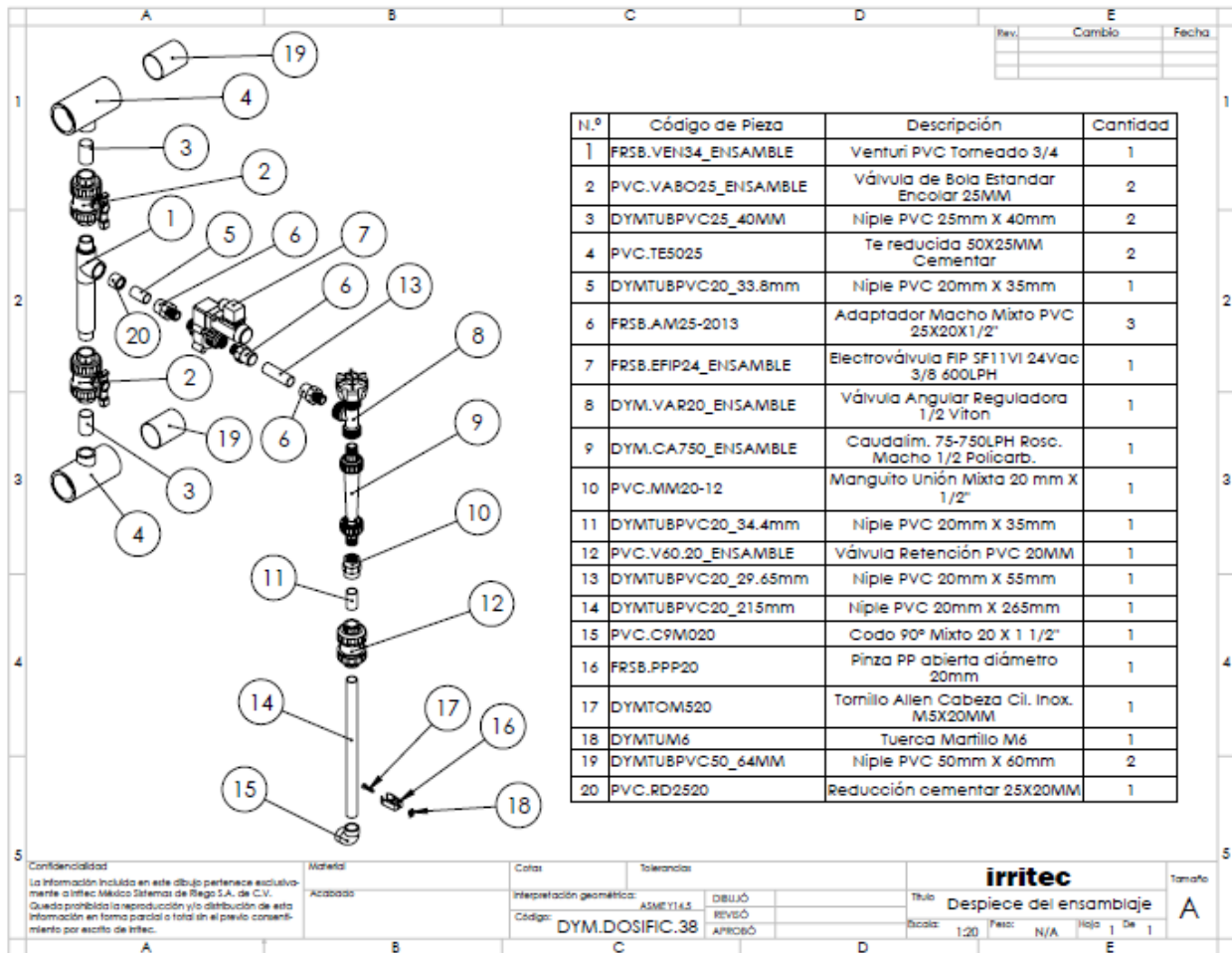


Ilustración 17. Plano de despiece de sub-ensamblaje DYM.DOSIFIC.38.

Los planos fueron realizados con el mismo programa de diseño Solidworks que se utilizó para la creación de las piezas y ensamblajes de toda la máquina. Utilizando esta opción de creación de planos también se crearon tablas para indicar piezas con sus códigos en el sistema y una descripción que servirá para la verificación a la hora de la recepción de materiales en el taller de DYM por parte de la bodega.

Los planos muestran de forma gráfica la ubicación de cada pieza. Esta es una gran ventaja porque la capacitación de nuevos técnicos se facilita en gran medida, lo cual representa una ventaja para el departamento de producción.

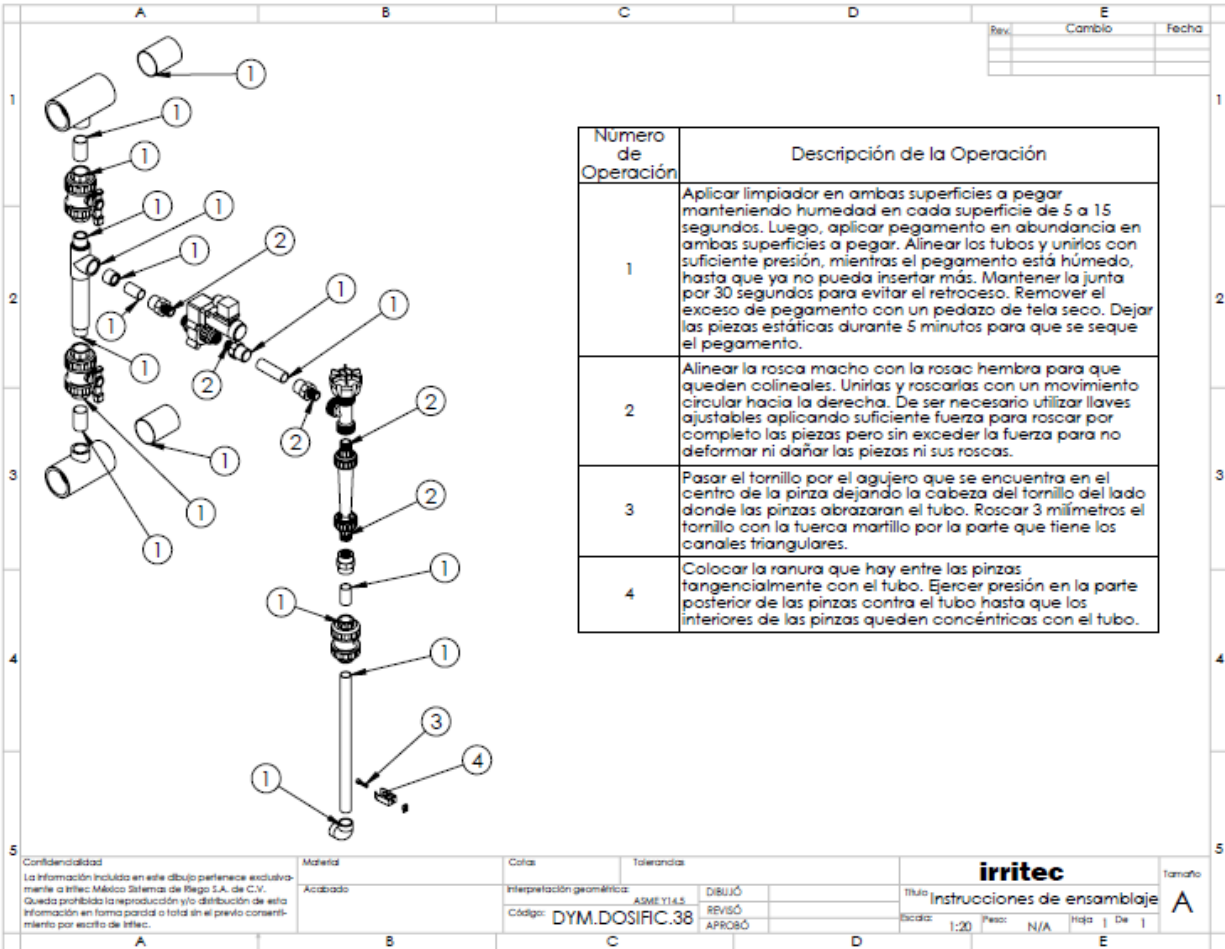


Ilustración 18. Plano de instrucciones de ensamblaje de sub-ensamblaje DYM.DOSIFIC.38.

Otros planos incluyen instrucciones claras sobre el modo de ensamblaje de las piezas individuales para cada sub-ensamblaje. El ejemplo de la Ilustración 16 muestra el modo de ensamblaje del sub-ensamblaje DYM.DOSIFIC.38, el cual es de los más importantes debido a que lleva el Venturi y los flujómetros necesarios para el monitoreo de inyección de fertilizante.

Además de estos planos, se crearon una serie de planos eléctricos que muestran las conexiones de cada uno de los componentes que controlan y alimentan las máquinas. Estos planos si requieren de un grado de comprensión de nomenclatura eléctrica por ello es preciso capacitar al técnico para su lectura.

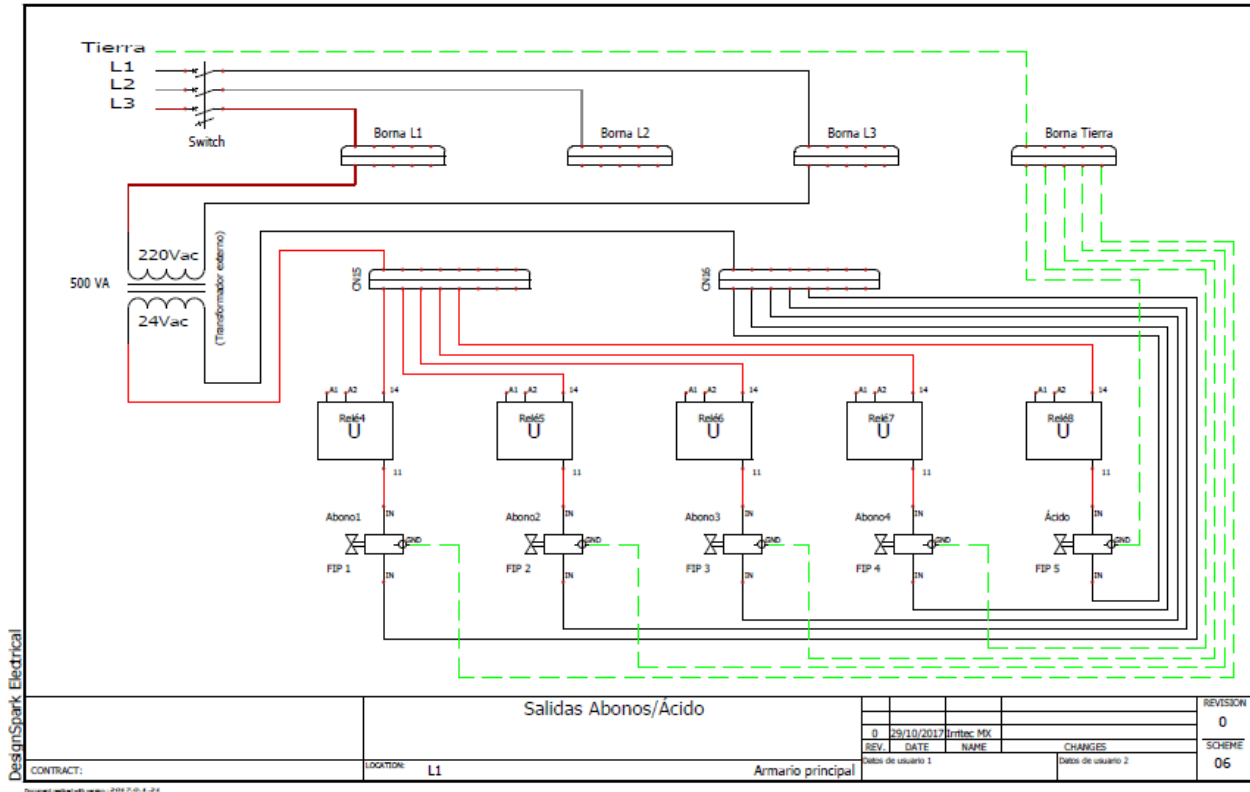


Ilustración 19. Plano eléctrico de conexiones a las válvulas FIP de inyección.

Los planos eléctricos fueron realizados con la ayuda del programa DesignSpark Electrical, el cual es un software muy completo que contiene una librería con los dibujos de componentes habituales que fueron utilizados en la elaboración de los planos en el proyecto. Cabe destacar que todos estos planos se encuentran en la base de datos de la empresa pero para ser modificados se necesitan los programas utilizados para su creación.

5.5 Corrección de fallos

Como se mencionó previamente, el mayor inconveniente que tenía la empresa con sus clientes eran las incidencias que se presentaban en campo con las máquinas. Estos problemas se daban principalmente en la parte hidráulica de los equipos. Los problemas que se identificaron fueron los siguientes:

- Obstrucción en la tubería por excesos de pegamento seco.
- Válvulas con fugas por daños internos
- Falta de potencia en el controlador por sobrecarga
- Daños en las tarjetas de los controladores por sobre voltajes

Después de una estandarización apropiada y la implementación de una estación de pruebas sugerida como parte del proyecto, estos problemas se corregirían previo de las máquinas al cliente. Haciendo uso de una estación de pruebas que permita poner en marcha la máquina con una prueba hidrodinámica, se podrían detectar fácilmente las obstrucciones en cualquier parte de las tuberías y del sistema hidráulico. De la misma forma se identificarían las válvulas con fugas por daños internos.

Esta estación también nos permitiría realizar pruebas de la parte eléctrica y electrónica de la máquina ya que se podría alimentar el equipo y simular un ciclo de riego. De esta forma si existe una sobrecarga por la falta de un transformador con suficiente potencia se detectaría fácilmente en la prueba. Las tarjetas con defectos podrían ser identificadas y se podrían tomar acciones al respecto con tiempo de anticipación.

El tema de los daños en las tarjetas de los controladores ya no sería un problema si dentro de la estandarización se incluyen relevadores para cada una de las salidas del controlador. Esto protegería la tarjeta que es el elemento de mayor valor en las máquinas y el cual es más difícil de cambiar por la cantidad de conexiones que precisa.

5.6 Costos de implementación

El plan e implementación de estandarización no conlleva ningún costo adicional a los que actualmente se presentan en el proceso. Tampoco implica ningún ahorro monetario debido a que los materiales y componentes utilizados son exactamente los mismos que se utilizan actualmente. El cambio que beneficia a la empresa es en materia de tiempos, lo cual ellos estaban buscando mejorar debido a que estaban teniendo problemas con las entregas atrasándose y generando así incidencias por parte del cliente.

En el cambio de presentación de la máquina y con sus mejoras de diseño y de funcionalidad si se vio reflejado un aumento en el costo de las máquinas. Agregar el nuevo gabinete, los componentes electromecánicos y el agregado de material para la estructura implican un aumento en el costo de la máquina. De acuerdo a un análisis que se hizo por parte de los ingenieros de producto, el incremento en este costo, no representa ningún tipo de dificultad ni algo negativo para ventas ya que el precio anterior es bastante bajo y a pesar del incremento se mantendría competitivo en el mercado de este rubro.

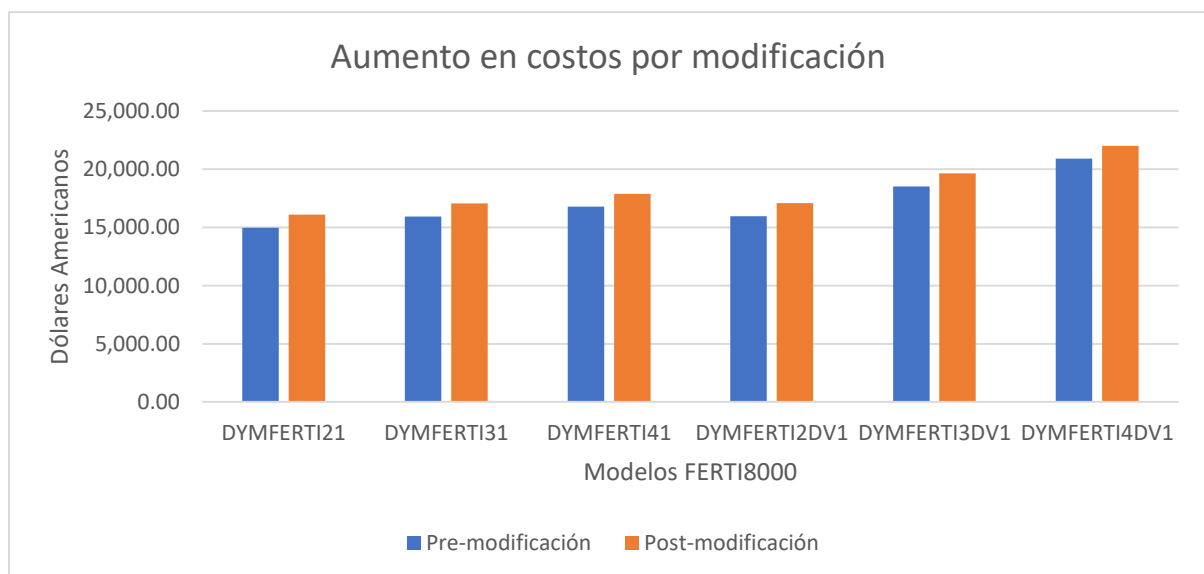


Tabla 4. Aumentos en costos por modificación de máquinas fertiriego. Escala de precios en dólares americanos.

5.7 Aportaciones

Para poder realizar todos estos trabajos se precisó utilizar todas las herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios académicos. Toda la parte de diseño fue gracias a las habilidades aprendidas para el uso correcto del software de diseño Solidworks. Además de las piezas diseñadas para las máquinas fertirriego, se colaboró con el diseño de otras estructuras para otros dispositivos como ser bases para colectores de filtros y también con modelado de piezas como pasa no pasa utilizados para probar goteros y cintas de riego.

Además de prestar ayuda con diseños en 3D con softwares de computadora, se procuró dar apoyo técnico con la conexión de un controlador de una tolva automatizada que sirve para la alimentación de pellets a una extrusora utilizada en una de las líneas de producción de cinta con gotero. Debido a que estaban instalando la extrusora nueva y haciendo ajustes en la línea, el personal estaba ocupado y necesitaron apoyo.

Debido a que actualmente no hay ningún ingeniero en el departamento de DYM existían algunos detalles menores por corregir para el correcto funcionamiento de los controladores. Entre estos detalles, se encontraba el de algunos controladores con softwares desactualizados. Se colaboró en la actualización de estos controladores y también en sus pruebas posteriores a las actualizaciones.

Otro de los detalles que se corrigieron fue el de algunos controladores que estaban en espera de arreglos debido a que eran parte de incidencias de clientes que habían tenido problemas con los mismos por corto circuitos o daños en algunas partes de la placa del controlador. Utilizando controladores obsoletos o totalmente dañados, se cambiaron las partes para entregar totalmente funcionales los controladores reportados como incidencias.

Además de todo esto, debido a que en gran parte la mayoría del trabajo fue en oficina y en el taller, no se podía observar una máquina funcionando en un 100% en vivo. Por ello, se realizó una visita a un cliente quien necesitaba la instalación de sus válvulas de campo y la energía para el controlador. Se dio apoyo técnico con este tema y se pudo poner en marcha la máquina para así poder ver su funcionamiento aplicado en campo.

VI. Conclusiones

“Las conclusiones no pueden ser una recopilación de los resultados, sino el resultado de su análisis. Se pueden hacer conclusiones por capítulos y conclusiones generales ajustando cada una a su contexto, en correspondencia con los objetivos propuestos y la hipótesis elaborada, dejando clara la respuesta del problema planteado y confirmar que la metodología utilizada fue la correcta.”(Hernández León & Coello González, 2006)

- Se creó exitosamente un método de estandarización para las máquinas fertirriego haciendo uso de los softwares de diseño Solidworks y DesignSpark Electrical. Además se utilizó la información recolectada para definir la mejor manera de realizar esta estandarización.
- Con la ayuda de los ingenieros de producto se identificó cuáles eran las fallas que se daban en campo y se determinó que después de la estandarización estas fallas se detectarían con anticipación en planta. Luego de realizar pruebas a los diferentes sub-ensamblajes, se podrían eliminar componentes defectuosos.
- Se realizaron varios prototipos en 3D en computadora para definir los cambios necesarios en la estructura de las máquinas y mejorar su estética. Además se sugirió la implementación de dispositivos electromecánicos para la protección del controlador y un mejor control del sistema.
- Se crearon manuales y planos que explican de forma muy gráfica y sencilla los pasos a seguir por el técnico que ensambla las máquinas. También está especificado en los planos los materiales necesarios y su ubicación exacta dentro de la estructura.

VII. Recomendaciones

7.1 Para la empresa

- Contratar ingenieros para el departamento de DYM que colaboren con la mejora continua de sus diseños y para que respondan a las incidencias correspondientes a este departamento.
- Elaborar una estación de pruebas para sus equipos de fertirrigación y de filtrado para que puedan ser calificados como aptos para su entrega al cliente o para que se detecten fallos y se puedan corregir en la misma empresa. De esta forma se podrán evitar cualquier tipo de incidencia por fallas del ensamble o de las piezas como tales en campo y se evitará una insatisfacción por parte del cliente.

7.2 Para la universidad

- Incluir en el pensum de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica una clase de control electromecánico previo a la clase de Control Lógico Programable (PLC) para que los alumnos aprendan nomenclatura y reglas sobre este campo tan importante para un ingeniero en mecatrónica. Esto le dará al alumno un mayor entendimiento del funcionamiento de muchos equipos utilizados en la industria para el control de procesos.
- Facilitarle a los alumnos cursos o información sobre cursos afines con la carrera en organizaciones o entes externos para que el conocimiento que obtengan en las clases de la universidad se pueda complementar con la información que existe fuera de la misma. También ayudaría al alumno a expandir el currículo y adquirir mayor competitividad en su vida profesional.

VIII. Bibliografía

- Arturo García-Saldaña. (2015). Inyectores de fertilizante tipo Venturi: Aplicación, diseño y simulación., 9.
- Carlos Martínez. (2015). DesignSpark Electrical, nuevo software CAD gratuito para sistemas eléctricos | Diseño. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.convertronic.net/Diseno/designspark-electrical-nuevo-software-cad-gratuito-para-sistemas-electricos.html>
- Ciclo Básico de Procesamiento de datos. (2010, junio 15). Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de <https://elblogdemercado.wordpress.com/2010/06/15/ciclo-basico-de-procesamiento-de-datos/>
- e-ngenium.blogspot.mx, e-ngenium. (2017). La Estandarización de procesos, una nueva ventaja competitiva de las organizaciones. [Blog]. Recuperado el 5 de noviembre de 2017, a partir de <https://e-ngenium.blogspot.com/2009/07/la-estandarizacion-de-procesos-una.html>
- Estandarización de Procesos. (s/f). Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de http://www.contactopyme.gob.mx/Cpyme/archivos/metodologias/FP2007-1323/dos_presentaciones_capacitacion/elemento3/estandarizacion.pdf
- excelencemanagement. (2017, junio 27). El Círculo de Deming (Shewhart): Ciclo PDCA. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de <https://excelencemanagement.wordpress.com/2017/06/27/el-circulo-de-deming-shewhart-ciclo-pdca/>
- General O, G. O. (2014). ¿Qué es Objetivo? - Su Definición, Concepto y Significado. *CONCEPTODEFINICION.DE*. Recuperado a partir de <http://conceptodefinicion.de/objetivo/>

- H. C. Kazanas, Glenn E. Baker, & Thomas Gregor. (1983). *Procesos básicos de manufactura*. McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=3195062>
- Hector Luis Ávila Baray. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Guadalajara, México: Edición electrónica. Recuperado a partir de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/eureka/pudgvirtual/introduccion%20a%20la%20metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf>
- Hernández León, R. A., & Coello González, S. (2006). *El proceso de investigación científica*. Madrid, SPAIN: Editorial Universitaria. Recuperado a partir de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3192826>
- Irritec México. (2017). Empresa. Recuperado el 15 de diciembre de 2017, a partir de <https://www.irritec.com/es-mx/empresa/>
- Jacqueline Wigodski. (2010). Metodología de la Investigación: Variables. Recuperado el 26 de noviembre de 2017, a partir de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.mx/2010/07/variables.html>
- Jennifer y José Luis Abreu, J. y J. L. A. (2009). Impacto de la capacitación interna en la productividad y estandarización de procesos productivos: un estudio de caso - 4(2) 97-144.pdf. Recuperado a partir de [http://www.spentamexico.org/v4-n2/4\(2\)%2097-144.pdf](http://www.spentamexico.org/v4-n2/4(2)%2097-144.pdf)
- José Angel Maldonado. (2011). *Gestión de procesos (o gestión por procesos)*. B - EUMED. Recuperado a partir de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=3201706>
- Lluís Cuatrecasas Arbós. (2012). *La producción: procesos: relación entre productos y procesos*. Ediciones Díaz de Santos. Recuperado a partir de

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=3229324>

Marilyn Vivas. (2008). *FLUJOGRAMAS*. Tecnología. Recuperado a partir de

<https://es.slideshare.net/anieto61/flujogramas>

Marisela Dzul Escamilla. (s/f). *Los Enfoques en la Investigación Científica*. Hidalgo, México.

Recuperado a partir de

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES39.pdf

Martínez Gamiño, M. Á. (2012). Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(8), 2012. Recuperado a partir de

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3207039>

039

Mauricio León Lefcovich. (2009). *Gestión total de la productividad*, 13.

Mercedes Rodríguez Fernández. (2007). *Procesos de Trabajo. Teoría y casos prácticos*.

Madrid, España: PEARSON PRENTICE HALL. Recuperado a partir de

<https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookRead.aspx>

nicopr74. (2010, julio 7). Importancia de la Estandarización. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de

<https://unitecupvlogistica2010napr.wordpress.com/2010/07/07/importancia-de-la-estandarizacion/>

Palencia, P. por M. (2014). flujograma. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://flujogramagrafico.blogspot.com/>

Perú21.pe. (2012). 7 pasos para estandarizar los procesos de un negocio – Pymex.

Recuperado el 15 de diciembre de 2017, a partir de

<https://pymex.pe/emprendedores/constitucion-y-formalizacion/7-pasos-para-estandarizar-los-procesos-de-un-negocio>

- Roberto Acosta, Miriam Arellano, & Francis Barrios. (2009). *Flujograma*. El Cid Editor.
Recuperado a partir de
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/reader.action?docID=3182067>
- Sonia Caicedo, P. por S. (2011). Qué es SolidWorks? Recuperado el 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://disenandoen3d.blogspot.com/2012/01/que-es-solidworks.html>
- Suniaga Q., J., Rodríguez, A., & Rázuri Ramírez, L. (2008). Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premontano. *Revista Agricultura Andina*. Vol. 15, 2008, 12.
- Walter Hernán Alarcón Muñoz. (2015). *Evaluación de la Aplicación de los Procesos Implementados por la Entidad Responsable del Sector Eléctrico para la Atención de Quejas y Reclamos Presentados por los Usuarios del Servicio de Energía Eléctrica a Nivel Nacional, Periodo 2011-2013*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado a partir de
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10957/1/CD-6347.pdf>
- www.geocities.com. (2004). Metodologías, Enfoques y Técnicas para Planear y Administrar Proyectos. Recuperado a partir de
https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiQus_Nv93XAhUp_4MKHaMYCnQQFggxMAI&url=ftp%3A%2F%2Fftp.unicauca.edu.co%2FDocumentos_Publicos%2F.backup_2006_2011%2FVicerectoria_de_Cultura%2Fconvocatoriagruposyproyectos%2Fmetodologiasenfoquestecnicasmexico.doc&usg=AOvVaw0NR8UUCTLccrEV3UxsO8s_

IX. Anexos



Anexo 1. Ferti8000 con el modelo actual.



Anexo 2. Modelo de Ferti8000 DYMFERI41.



Anexo 3. Diseño en 3D del primer prototipo elaborado en Solidworks. Vista en perspectiva.



Anexo 4. Prototipo número uno con vista de la ubicación de la bomba y sus componentes en la placa principal.



Anexo 5. Vista frontal del prototipo número uno realizado en Solidworks.



Anexo 6. Prototipo número 2 en perspectiva. Uso del gabinete optimizado y de placa tipo escritorio.



Anexo 7. Prototipo número 2 con el cambio de placa de manómetros solicitado por el director general.



Anexo 8. Prototipo número 3 con la bomba ubicada al lado izquierdo de la estructura.