

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**TEST PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ENSAMBLE DE UN PIVOTE  
CENTRAL**

**POR:**

**JUAN CARLOS QUIROZ CUETO**

**TESIS**

**Presentada con requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Irrigación**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Octubre 2016**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

TESIS:

TEST PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ENSAMBLE DE UN PIVOTE CENTRAL

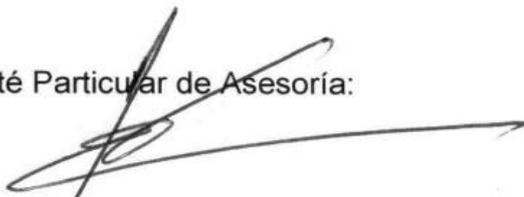
POR:

JUAN CARLOS QUIROZ CUETO

QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

Comité Particular de Asesoría:

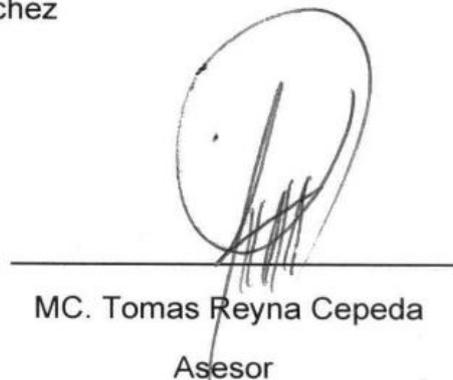


MC. Gregorio Briones Sánchez

Asesor Principal

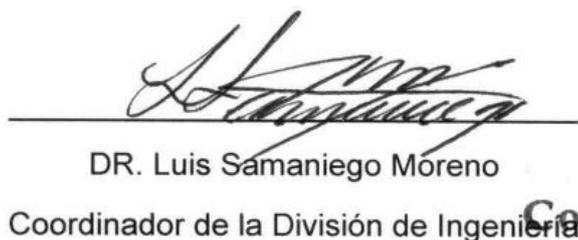


MC. Carlos Rojas Peña  
Asesor



MC. Tomas Reyna Cepeda  
Asesor

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



DR. Luis Samaniego Moreno  
Coordinador de la División de Ingeniería



Coordinación de  
Ingeniería

# INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS:.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	11
I.INTRODUCCION .....	12
OBJETIVOS.....	14
HIPOTESIS.....	14
II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
<b>Metodología para el Diseño de un Ensamble</b> .....	15
Ensamblaje manual .....	15
Automatización rígida.....	15
Automatización suave .....	16
<b>Test de Competencias Laborales en Ensamble</b> .....	19
<b>Diagrama de Flujo para Montaje de Acero Estructural (En Construcción)</b> .....	22
<b>Pruebas de Calidad en un Ensamble Estructural</b> .....	23
<b>Equipo Requerido para Aseguramiento de la Calidad</b> .....	24
Herramientas.....	24
Otro equipo .....	24
<b>Método para el Apretado de las Uniones</b> .....	24
Inspección de las uniones de apretado sin holgura. ....	24
Control de calidad en estructura de acero.....	25
Quality test in a structural assembly.....	25
Datos experimentales de calidad. ....	25
Pernos estructurales. ....	27
<b>Características Estructurales</b> .....	29
Método de la llave calibrada.....	29
Los tipos de Armaduras.....	29
Clase de tornillos y medios de unión. ....	30
Como medir un torque.....	31
Llave de torque.....	31

<b>III.MATERIALES Y METODOS</b> .....	33
<b>Lugar y Fecha del Establecimiento:</b> .....	33
<b>Materiales y Equipos Requeridos:</b> .....	34
Personal.....	34
Equipo y herramientas .....	35
Los trabajos desarrollados para la instalación de los pivotes fueron: .....	35
<b>Preparación del lugar y marcado del punto pivote.</b> .....	36
<b>Construcción de la Base de Concreto del Punto Pivote.</b> .....	38
.....	38
<b>Llegada del Camión y Descarga de las Piezas para Instalación.</b> .....	39
<b>Ensamble del Punto Pivote.</b> .....	39
.....	42
<b>Ensamble de las Armaduras.</b> .....	43
<b>Ensamble del Tren de Trasmisión</b> .....	51
<b>Ensamble de la Última Torre.</b> .....	56
<b>Ensamble del Mecanismo de Alineación y Caja de Control.</b> .....	57
<b>Ensamble del Voladizo Final y Rociadores.</b> .....	58
<b>Test para Evaluar la Calidad del Ensamble.</b> .....	60
Test para evaluar el ensamble de un lateral pivote.....	60
<b>Prueba para Determinar la Velocidad y Tiempo de Giro de Pivote Central</b> .....	63
<b>Métodos Estadísticos para Evaluación de Resultados</b> .....	64
Seis sigma .....	64
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	66
<b>Utilidad del Pivote Central en la UAAAN</b> .....	66
<b>Resultados de los Gráficos del Test Aplicado a los Estudiantes con y sin Experiencia de la UAAAN.</b> .....	68
<b>Calculo de la Velocidad de Avance para la Ultima Torre</b> .....	71
<b>Análisis de la Velocidad de Avance en Función del Tiempo</b> .....	72
<b>Análisis del Tiempo de Giro del Pivote Central</b> .....	72
<b>V.CONCLUSION</b> .....	74
<b>VI.BIBLIOGRAFIA</b> .....	77

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Por darme la oportunidad de vivir y darme el don de la sabiduría y de seguir adelante en todo los obstáculos.

### **A mis padres:**

**Laura Elena Cueto Sandoval y Juan Manuel Quiroz de la Torre**

Por darme todo su amor, cariño y comprensión en todo momento, por confiar en mí y darme sus consejos para salir adelante en los momentos difíciles, por creer en mí y apoyarme siempre, Muchas Gracias.

### **A mis hermanos:**

**Laura Alejandra Quiroz Cueto, José Manuel Quiroz Cueto y Emilio Alonso Quiroz Cueto.**

Por el apoyo incondicional que me apoyaron como hermanos, por confiar en mí, por creer en mí, por el apoyo que me brindaron durante mi estancia en mi desarrollo profesional, los cual les tendré siempre en mi corazón.

### **A mis abuelos:**

**Emilio Cueto, Carmen Sandoval, Antonio Quiroz y Ana de la Torre**

Por su apoyo incondicional durante mi estancia en mi desarrollo profesional, por siempre darme su amor cariño y comprensión, porque gracias a ellos estoy donde estoy y siempre estaré agradecido, Gracias.

### **A mis amigos:**

**Ricardo Zunun Cifuentes, Erick Javier Santiago López y Geovanni Moreno Ramírez.**

Por la amistad que desarrollamos durante mi desarrollo profesional, por apoyarme a salir adelante en los momentos difíciles, por compartir conmigo tristezas, alegrías por eso y por más les estaré agradecido. A mis compañeros de GENERACION 2012 – 2016 por todo su apoyo, Gracias.

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A Dios:**

Por darme la oportunidad de vivir y de llegar a ser lo que soy y permitir de lograr uno de mis sueños más grandes que es Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

### **A mi “Alma Terra Mater”**

Por ser mi casa de estudios, y `permitir que realizara aquí el sueño más anhelado de todo estudiante, ser un profesionalista, por brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos para mi formación como Ingeniero Agrónomo en Irrigación, pero sobre todo por brindarme los momentos más bellos e importantes de mi carrera como estudiante.

### **A el M.C. Gregorio Briones Sánchez y a mis asesores.**

Por participar en mi formación como profesionalista, por apoyarme en los momentos difíciles para sobre salir adelante en lo técnico, y trasmitirme sus conocimientos, por su tiempo dedicación y paciencia, ya que sin ello no había sido posible esta tesis., mil gracias.

A todos los maestros del Departamento de Riego y Drenaje que me brindaron su apoyo y amistad durante mi desarrollo como profesionalista por los conocimientos que por medio de ellos adquirimos, lo cual sin ellos no podría ser posible de alcanzar mis sueños, muchas gracias..!

### **A mis amigos de Volley Ball**

Por brindarme su apoyo confianza y amistad durante mi estancia en la universidad, por sus enseñanzas y aprendizajes dentro y fuera de la cancha, al Ing. Gabino Herrera por formar parte de mi formación como profesionalista durante mi estancia en el equipo.. Por ello y mucho más mil gracias Buitres.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Costos relativos de los diferentes métodos de ensamble .....	16
Figura 2. Tornillo Grado.....	28
Figura 3. Tornillo A325.....	28
Figura 4. Secuencia del apretado en patrón estrella.....	29
Figura 5. Dimensiones de los tornillos ordinarios, calibrados y de alta resistencia.....	30
Figura 6. Imagen de la llave de torque (lb/pie) .....	32
Figura 7. Polígono del área de instalación del pivote central.....	33
Figura 8. Establecimiento del punto pivote con estación total.....	37
Figura 9. Eliminación de canaletas de concreto para despeje de la ruta.....	37
Figura 10. Base de concreto del punto pivote (Wade Rain 2014) .....	38
Figura 11. Vaciado de concreto para la base pivote.....	38
Figura 12. Descarga del material para instalación.....	39
Figura 13. Estructura del punto pivote .....	41
Figura 14. Ensamble del punto pivote .....	42
Figura 15. Instalación y terminación del punto pivote .....	42
Figura 16. Instalación de travesaños y diagonales.....	44
Figura 17. Posicionamiento de los tirantes, travesaños y diagonales .....	45
Figura 18. Ensamble de travesaño, diagonal y tirante .....	46
Figura 19. Ensamble estructural de la armadura de arranque.....	49
Figura 20. Vista preliminar del ensamble de una armadura .....	50
Figura 21. Terminado de la armadura.....	51
Figura 22. Armadura del tren de transmisión .....	52
Figura 23. Ensamble de las llantas del tren de transmisión .....	53
Figura 24. Ensamble del tren de transmisión.....	55
Figura 25. Ensamble de la última torre.....	57
Figura 26. Ensamble de la caja de control y mecanismo de alineación.....	58
Figura 27. Finalización del ensamble de un pivote central en la UAAAN .....	59
Figura 28. Gráfica de los datos obtenidos del test. ....	68
Figura 29. Gráfica de velocidad de avance del pivote central.....	70
Figura 30. Ecuación calibrada para el cálculo de la velocidad de avance en la última torre.....	71
Figura 31. Gráfica del tiempo de giro completo del pivote central.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Posibles factores que afectan el éxito de un ciclo de trabajo de ensamblaje robótico (Prusi et al, 2006).....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 2. Elementos y criterios de desempeño .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3.Construcción del área poligonal del pivote central .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 4. Descripción de las partes los travesaños y diagonales .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 5.Descripción de las partes del travesaño y diagonales .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 6. Descripción de las partes a ensamblar del travesaño, diagonal y tirante. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 7. Descripción de las partes de la armadura del tren de transmisión .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 8.Descripción de partes de ensamblaje de llantas del tren de transmisión.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 9. Verificación de la posición de los pernos de anclaje en la base pivote..</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 10.Fuerza de torsión o torque aplicado en los tornillos para un apropiado ensamblaje estructural. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 11.Calculo de la Velocidad y Tiempo de giro del Pivote Central .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 12. Láminas de riego (mm) aplicadas por el pivote central WR800 Rc (116 m) a diferentes velocidades de avance de la última torre.....</b>	<b>73</b>

# TEST PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ENSAMBLE DE UN PIVOTE CENTRAL

## RESUMEN

El pivote central es uno de los equipos de mayor nivel tecnológico en la aplicación del agua mediante aspersion a los cultivos, Definido como ramales auto desplazables, donde el agua es aplicada a través de emisores localizados sobre o bajo una tubería elevada (aspersores de alta presión tipo impacto), con una tubería que se divide en tramos, que son soportados por un número variable de torres automotrices que se desplazan en círculo sobre el terreno, alrededor del punto fijo denominado punto pivote (Martínez, Sánchez y Serrano, 2001). E Integrado por un tablero de comando.

Se llevó acabo la instalación en un área poligonal enfrente al deportivo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Campus Buenavista, Saltillo, Coahuila, con el objetivo de evaluar un método de instalación de un pivote central para facilitar y disminuir los costos del ensamblaje, tomando en cuenta el tiempo requerido desde que llega los accesorios y se bajan, hasta su finalización en la instalación del pivote central.

Se evaluó por medio de un test, la habilidad de las personas para ensamblar un pivote central, donde se toma en cuenta las herramientas necesarias que se utilizan, la maquinaria y personal autorizado para realizar el trabajo de ensamble, instalando un Pivot Center WR800 de Wade Rain con dos armaduras de 55 m y un voladizo de 6 m, También se calculó la velocidad a diferentes porcentajes del timer y el tiempo de recorrido que tardaría en dar el medio giro (180°).

Probablemente la experiencia adquirida en las prácticas y talleres de instalación puede mejorar la competencia en el ensamble de una lateral pivote, en el test comparando los resultados de alumnos sin experiencia y egresados con experiencia en la instalación, la evaluación de la hipótesis establecida se rechaza y abre margen a pensar en mejorar la calidad de un ensamble mediante una capacitación de todos los alumnos que deseen ensamblar y operar un pivote central.

Los resultados obtenidos del test aplicado a los alumnos sin experiencia y a los egresados con experiencia, estadísticamente fueron diferentes uno de otro dando como resultado de  $t_c = 4.31$  contra una “t de tabla” es de  $= 2.99$  es altamente significativo, lo que con lleva al rechazo de la hipótesis establecida para el ensamble de un pivote debido a la falta de experiencia en el armado.

Con respecto a los resultados obtenidos del cálculo de velocidad y del tiempo de giro se demuestra que el pivote central trabaja de acuerdo a lo establecido en el manual por la compañía Wade Rain, una velocidad de 3.32 m/min al 100 % del timer corresponde a un tiempo de medio giro (180°) de 1.73 horas. Para otros % Timer la velocidad de la última torre se puede predecir con la siguiente ecuación encontrada en este estudio.

Velocidad Real, Y en m/min =  $\pi * (\varnothing \text{rueda en m}) * (\% \text{ Timer}) * (0.8889)$

**Palabras clave:** Calidad de Ensamble, Diseño estructural, Seis Sigma, Ensamble de un lateral pivote y Test de Evaluación de Calidad.

Nombre: Juan Carlos Quiroz Cueto

Correo: Juan.CarlosQC@hotmail.com

# TEST FOR EVALUATING THE ASSEMBLY QUALITY OF A CENTER-PIVOT

## ABSTRACT

The center-pivot is one mechanical equipment of high tech for the water application in crops through sprinkles irrigation. It is known as a self-propelled lateral which advances in a circle around a fixed pivot point. The water is applied by diffuser nozzles localized along the lateral pipe; the pipe is supported over a series of steel structural spans designed to withstand the weight and transmit the load to several power trains managed electronically from a control panel.

A complete assembly was done in a polygonal area localized in front of the sport field in Antonio Narro University Campus Buenavista from Saltillo, Coahuila State; the objective was to evaluate an installing method for a center pivot focused to facilitate the field work and to decrease manpower time and so to save in assembly time at low cost.

The capacity of a worker employed as a center pivot assembler was evaluated through a test formulated considering the required tools, custom machinery and authorized personal for doing the work of assembly. A center pivot WR800 trade Wade Rain was installed in Campus Buenavista with two spans of 55 m each more a boom pipe of 6 m in length. Also the advance speed was measured for the last tower at different timer percentage and the travel total time was estimated for a half circle path. Maybe the experience obtained in the practices and workshops, both helped to the installers for improving their competency in the pivot lateral assembly as was demonstrated for the test results for comparing the abilities for students without training against people with experience.

The answers given to the test applied to students without experience were statistically different to those found in people with experience, this behaviour showed by a Student test value about  $t_c = 4.31$  higher than the table value  $t = 2.99$ ; such a tendency conducted to reject the initially set hypothesis for the center pivot assembly labor.

**Key words:** Assembly Quality, Structural Design, Six Sigma, Assembly for a Pivot Lateral and Test for Evaluating the Quality.

## I.INTRODUCCION

La mecanización del riego por aspersión se inicia con el aspersor y continua con el transporte de los elementos de riego, desembocando en las maquinas que riegan mientras se desplazan. Estas pueden agruparse en dos grandes familias: una con desplazamiento de un aspersor de gran tamaño ("cañones viajeros" y "enrolladores") y otra con desplazamiento de alas de riego como es el caso de los "pivot o pivotes" y los "laterales de avance frontal".

El nivel tecnológico utilizado en la aplicación de agua a los cultivos depende directamente de los recursos disponibles y de los beneficios que son posibles de obtener al optimizar dichos recursos. Sin embargo, el uso de un mayor nivel tecnológico permite garantizar un mejor control de algunos de los factores que afectan el rendimiento de los cultivos y con ello disminuir los riesgos producto de las fluctuaciones de dichos factores (Becerra, 1995).

El pivote central, corresponde a uno de los equipos de mayor nivel tecnológico en la aplicación del agua mediante aspersión a los cultivos, con grandes ventajas que han incentivado su adopción durante los últimos años. Definido según Tarjuelo (1999) como ramales auto desplazables, donde el agua es aplicada a través de emisores localizados sobre o bajo una tubería elevada (aspersores de alta presión tipo impacto, de media presión tipo spray, wobblers, rotadores, spiners y de baja presión, LDN y LEPA). La tubería se divide en tramos, que son soportados por un número variable de torres automotrices que se desplazan en círculo sobre el terreno, alrededor del punto fijo denominado punto pivote (Martínez, Sánchez y Serrano, 2001). Este último. Integra el tablero de comando, la interconexión hidráulica proveniente del sistema de impulsión y las de suministro eléctrico que permiten el accionamiento de toda la unidad. Creado en 1948 por Frank Zybach en los Estados Unidos y patentado en 1952 (Uribe, Lagos y Holzapfel, 2001), se ha perfilado a través de los años en dicho país como una de las máquinas de riego más populares, lo que se evidencia al predominar en las 125.000 unidades de equipos autopropulsados que riegan más de 7,9 millones de hectáreas, equivalentes al 29% del área de total de riego en los Estados Unidos (Evans, 1999).

Lo cual se trata de implementar una metodología utilizando diseños de ensamble para agilizar y economizar en tiempo y forma el ensamble del pivote central. Uno de ellos es el diseño para el ensamble (DFA – design for assembly) es simplificar el producto de tal modo que los costos por ensamble se reduzcan. Sin embargo, las consecuencias del aplicar el DFA usualmente incluyen mejoras en la calidad y confiabilidad, y una reducción en el equipo de producción y en el inventario de partes. Estos beneficios secundarios superan a menudo la reducción de costos en el ensamble.

El DFA reconoce la necesidad de analizar tanto el diseño de las partes, como el producto entero para cualquier problema de montaje a principios del proceso de diseño. El DFA se puede definir como **“Un proceso para mejorar el diseño del producto para facilitar y disminuir los costos de ensamblaje, enfocándose en la funcionalidad y en el ensamblaje concurrente.”**

Los objetivos del proyecto académico, son desarrollar una plataforma para la incubación de empresas de riego dentro del campus universitario, mostrando a los estudiantes y al público en general (productores, técnicos y empresarios), los componentes estructurales de un lateral pivote, el ensamble de partes y la estructura completa en operación, capacitar a los estudiantes en el manejo del riego mecanizado y en la programación efectiva de las funciones automatizadas del tablero de control, apreciar físicamente el diseño de las partes, apoyar las secciones teóricas del riego por aspersión por la reproducción física de los parámetros de rendimiento, vincular el ejercicio con la práctica supervisada por Wade Rain para integrar a la educación la dinámica del “aprender haciendo”.

Ofrece a los estudiantes un espacio suficiente con tecnología de vanguardia (que incorpore máquinas, aparatos, instrumentos y métodos), para promover el desarrollo de competencias en el riego mecanizado y aprovechar constructivamente, las horas de práctica obligatoria en todas nuestras asignaturas de carácter curricular, que edifican los rasgos profesionales del futuro irrigador y hacer que surja en ellos el interés por el estudio y deriven por su trabajo un fuerte sentido de utilidad social, Dar apertura a la irrigación de tasa variable y al manejo de precisión.

## **OBJETIVOS**

- La evaluación de un método de instalación para un pivote central en campo.
- Aplicar un test (diseñado con 19 reactivos) para caracterizar: personal, herramientas y competencias en el ensamble.
- Evaluar la calidad de ensamble por componente estructural en base a las normas y criterios establecidos para las armaduras, tren de transmisión y punto pivote.

## **HIPOTESIS**

Se formuló un juego de hipótesis para ensayar su significancia estadística respecto a la selección de personal, las herramientas utilizadas y el ensamble estructural del pivote WR800 donado a la Universidad por la compañía Wade Rain.

H0: La calidad de ensamble cumple con las normas establecidas de instalación y construcción de una tubería pivote.

HA: Si la tendencia esperada no fue la correcta se rechaza H0.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Metodología para el Diseño de un Ensamble.

Calderón (2012) menciona que el DFA (Design for assembly) se puede definir como **“Un proceso para mejorar el diseño del producto para facilitar y disminuir los costos de ensamblaje, enfocándose en la funcionalidad y en el ensamblaje concurrente.”** Según el mismo autor, los métodos de ensamblaje pueden ser divididos a grandes rasgos en 3 grupos:

#### Ensamblaje manual

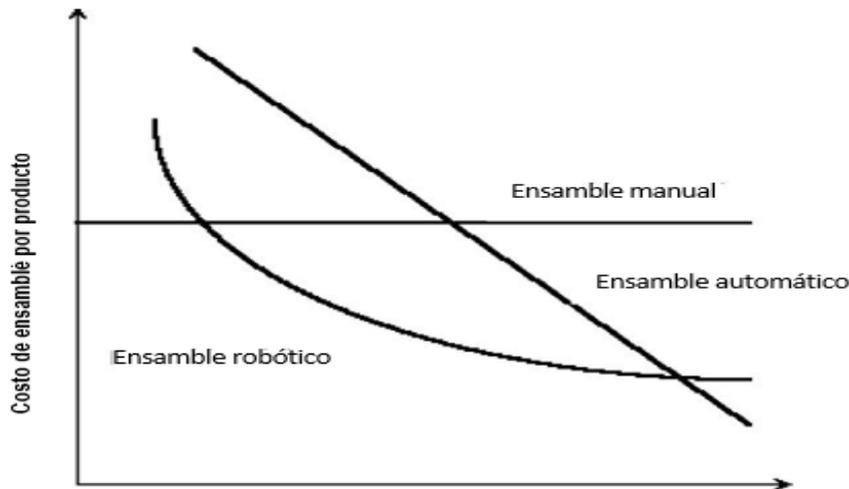
Las partes se envían a mesas de trabajo donde los trabajadores ensamblan manualmente el producto o sus componentes. En esta parte las herramientas manuales son las más utilizadas por los trabajadores. Aunque este es el más flexible y adaptable de los métodos de ensamble, usualmente hay un límite superior en el volumen de producción y los costos laborales son altos.

#### Automatización rígida

Se caracteriza por maquinaria hecha a la medida que ensambla un y solo un producto específico. A medida que aumenta el volumen de producción, la fracción de la inversión de capital disminuye en comparación al costo total de fabricación.

## Automatización suave

Incorpora el uso de sistemas robóticos para el ensamble. Puede ser desde un solo robot hasta una celda de ensamble multi estación robótica con todas las actividades simultáneamente controladas y coordinadas por un PLC o una computadora.



**Figura 1. Costos relativos de los diferentes métodos de ensamble (tomada de CIATEQ 2012)**

Flores (2012) reporta que el diseño para la Manufactura DFM (Design for Manufacture) es el diseño para facilitar los procesos de manufactura empleados para cada componente del producto. Diseño para el Ensamble DFA (Design for Assembly) es el diseño del producto para facilitar el ensamble de cada uno de esos componentes. DFMA (Design for Manufacture and Assembly) es la combinación de las características de las metodologías DFA & DFM; por lo tanto, DFMA es una herramienta de optimización.

Prusi et all (2006). Indican que las tareas de ensamble consumen la mayor parte del tiempo en un proceso de manufactura de productos industriales especialmente en productos eléctricos., Ellos estudiaron los factores que afectan el éxito de un ensamble de precisión robótico, en el ambiente de prueba se midieron las fuerzas y torsiones que ocurren durante el ensamble y utilizaron un sistema basado en la visión de la máquina para medir la repetición de

movimiento al colocar una pieza. Estos factores comprenden la pieza trabajada y los parámetros del proceso.

**Tabla 1. Posibles factores que afectan el éxito de un ciclo de trabajo de ensamble robótico (Prusi et al, 2006).**

Elemento	Factor
Parte	<p>Forma, tamaño, simetría, geometría y peso también afecta el comportamiento dinámico del robot.</p> <p>Material, dureza, vulnerabilidad, elasticidad.</p> <p>Diseño, superficies biseladas y de guía, auto alineación, características ocultas, gatos para agarre, tolerancias.</p> <p>Errores en la apariencia física (dimensiones, geometría, superficie deforme y corrosión).</p>
Robot	<p>Capacidad repetidora, exactitud de movimientos.</p> <p>Comportamiento dinámico, velocidad, aceleración/desaceleración (afectado por la fuerza del garre y el peso de la pieza).</p> <p>Diseño estructural del robot, capacidad de levantamiento, resistencia, deformación mecánica.</p>
Agarre	<p>Peso (afecta el comportamiento dinámico del robot).</p> <p>Tipo, exactitud, fuerza de agarre, actuación.</p>
Alimentador	Exactitud y confiabilidad.
Ambiente de trabajo.	<p>Contaminación, humedad (por ejemplo pequeñas partículas pueden atascar las espigas en los agujeros).</p> <p>Interferencias eléctricas y temperatura.</p>
Tarea	<p>Dirección del ensamble, manera de aproximarse a las partes, estabilidad de la parte (base).</p> <p>Tipo de ensamble, duración de la tarea, exactitud posicional requerida (tolerancia en desfase), número de componentes diferentes.</p> <p>Colisiones impactó al extraer una parte por estirón, impacto cuando se inicia un acoplamiento por inserción.</p>

Otros	Control activo., fuerza y/o visión, centro remoto para tele medición de las unidades de deformación mecánica.
-------	---

En APA Services (2016) Publicó un aviso de empleo para un ensamble estructural de precisión para desempeñar con gran detalle las siguientes atribuciones (función). Leer e interpretar la información mecánica/estructural, trazos, dibujos, planos, especificaciones de procesos, proyectos de ingenieros, esquemas y otras instrucciones para determinar los métodos y secuencia de operaciones para organizar, ensamblar e instalar partes a presión. El conjunto de actividades coordinadas para que el patrón de perforaciones, cortes, líneas de resorte, puntos de encuadre, ensamblado y espacio de instalación utilicen instrumentos de medición y equipos de precisión. Saber cómo trabajar con arnés y mecanismos de operación para la instalación de estructuras. Tener experiencia en el taller de ensamblado, unir las piezas para formar las prácticas.

Hacer los ajustes en partes estructurales, utilizando herramientas de potencia y herramientas de manos para ensamblar las partes y remachar rescatar a mano y dar el acabado. Manejar herramientas para taladrar, trazar, de fresado, abocinado, de remplazo y ajuste de rosca industrial en partes.

Modificar o remplazar parte para moldear la línea o cambiar las configuraciones de los ensambles estructural, método de instalación y arreglo mecánico en acuerdo con las especificaciones de ingeniería. Un ensamblador, fabrica, ensambla instalada, adapta/acopla, equipa y da una solución y diagnóstico de fallas en los ensambles mecánicos, neumática, eléctrica e hidráulicos. Desempeñar trabajo experimental y proyectos de desarrollo para el mejoramiento de los ensambles de operación. Unir las partes prefabricadas en los ensambles y montar los engranes de las principales unidades motrices. Incorporar los avances de la ingeniería y modificar lo más relevantes. Improvisar y fabricar herramienta especial de uso temporal, accesorios de agarre y plantillas. Utilizar herramientas de potencial y manuales, instrumento de localización, grúas, montacargas y equipo de evaluación mecánica, también utilizar instrumentos de prueba, equipo para medir el rendimiento, e instrumentos de medición a precisión.

Registrar los datos de manufactura, avance en ensamble y observaciones del test funcional y datos estadísticos manualmente o con la ayuda de una computadora. Desempeñar el trabajo en ambos climas laborales, el FOD crítico y el FOD sensitivo, y la verificación que las partes de todos los ensambles están libres de basura y objetos extraños (Foreign Object Debris = FOD) con la norma de operación.

Tomar las unidades de deformación mecánica usando instrumentos de precisión sostenida manualmente, tales como vernier, micrómetros, manómetros, calibrador y escalímetro. Reportar todas las contrariedades al supervisor del área de ensamblaje o tomar acciones correctivas representativas de la opinión de los expertos. Preparar avisos de devolución anotando las desviaciones encontradas en las dimensiones para materiales, productos terminados, procesos o calidad cuando sea pertinente. Seguir todos los procedimientos de seguridad y reportar las condiciones de riesgos a los oficiales de seguridad o a la supervisión de manufactura. Reportar las condiciones laborales y las restricciones o limitaciones a los trabajadores y supervisión, identificar las decisiones en producción y sugerir mejorar potenciales al producto o proceso.

## **Test de Competencias Laborales en Ensamble**

Los directivos de Adecco (2015), opina que los test competenciales sirven a los departamentos de Recursos Humanos para **medir diferentes habilidades** como la comunicación, el trabajo en equipo, las dotes de liderazgo o la planificación.

*"Ponemos al candidato ante situaciones reales para ver cómo se desenvuelven",* comenta José Collado, director de Selección de Adecco en Madrid. Se trata de descubrir si la persona se adapta al puesto de trabajo ofrecido.

Un **caso práctico**. Si el test revela que la persona tiene muy desarrollada su capacidad de trabajo en grupo, sin embargo, el puesto requiere mayor grado de autonomía. Puede que no sea la persona más indicada.

Zúñiga (2003), se deben elaborar normas de competencia laboral para la selección de personal que ayuden a identificar y describir la naturaleza, características y tendencias de la caracterización ocupacional por área de desempeño y por lo tanto es fundamental definir el contexto de su aplicación.

El ensamble estructural es una competencia básica de las compañías dedicadas al mercado de los aviones, mercados industriales, y al sector militar donde se utilizan armaduras para dar servicio como paneles, toldos de aviación, estructuras diversas de aviación, fuselajes, puertas y pisos montados en los ensambles estructurales de precisión (CENTRA Industrias, 2016).

**Tabla 2. Elementos y criterios de desempeño**

Elemento	Criterios de desempeño
Leer y comprender la hoja de trabajo	1.1. La hoja de trabajo o la instrucción equivalente son interpretadas correctamente. 1.2. Todos los componentes y sub-ensambles son revisados y corregidos en hojas de trabajo. 1.3. Los ajustes requeridos son realizados donde conveniente (aplicado).
Seleccionar y usar herramientas de ensamble y equipo.	2.1. Herramienta, equipo y componentes para el ensamble son seleccionados para satisfacer los requerimientos del trabajo.
Ensamblar los componentes de ingeniería.	3.1. Componentes defectuosos o averiados son identificados en el ensamble y se procede de acuerdo a la rutina estandarizada.

	<p>3.2 Los componentes son correctamente preparados para su armazón.</p> <p>3.3 Técnica y principios apropiados a la tarea son aplicados en ensamble.</p> <p>3.4 Los registros de entrada del material en proceso o actividades.</p> <p>3.5 Los componentes estructurales de ensamble son ajustados para asegurar una correcta posición y adaptado en conformidad con las especificaciones del manual de instalación y diagrama.</p> <p>3.6 El ensamble es probado para verificar que los componentes instalados sean los correctos.</p>
<p>Ajuste mecánico de los armazones ensamblados</p>	<p>4.1 Ajuste finales son llevados a cabo en el ensamble para asegurar una correcta alineación y operación congruente con las funciones de mando.</p> <p>4.2 Los ensambles que fallan son identificados para re-trabajarlos o si la falla está en la torre de control (en la sub estación de trabajo), o no se puede diagnosticar su causa entonces puede ponerse de acuerdo con las normas indicadas en el tablero del sistema.</p>
<p>Proteger el ensamble de algún daño</p>	<p>5.1 El ensamble está correctamente marcado/etiquetado/identificado.</p> <p>5.2 Los componentes y/o sub-ensamble son manejados de acuerdo</p>

	<p>a los procedimientos de operación estándar y el servicio de mantenimiento mínimo y proporcionado para alargar la vida de los componentes y protegerlos de algunas causas o daños.</p>
--	--

Reza Ashory Mohammad (1992), Menciona que algunas mediciones industriales son necesitadas solamente para controlar y repetir un proceso de acuerdo con valores previamente establecidos. Los errores en todos los casos pueden ser peligrosos. Las aplicaciones de ingeniería de algunos experimentos demandan datos de prueba de alta calidad., en estos casos grandes errores pueden sobrevenir si los datos de prueba tienen pobre calidad. El enfoque común utilizado para resolver los problemas que los errores mecánicos causan básicamente en la prevención (evitar su ocurrencia) anulados a través del diseño adecuado del equipo de prueba mediante la prevención se puede seleccionar una estrategia para preparar la estructura de prueba en la cual los errores a probarse se vuelven mínimos.

### **Diagrama de Flujo para Montaje de Acero Estructural (En Construcción)**

- Inicio
- someter a QP la aprobación QP para garantizar que acero certificado son utilizados.
- Inspección de los materiales en fábrica por QP.
- QP para asegurar que FPC es válido.
- Seleccionar muestras para prueba, ¿falla?
- Si para proceder con la fabricación (marcado, cartel, procesado).
- Ajuste y ensamble de la estructura, ¿re trabajar?
- Inspección de ajuste (Visual y Dimensional), ¿rechazado?
- Si se acepta, se procede con la soldadura.
- NDT ----- Re trabajar
- Galvanizado por inmersión en caliente/soplado con pintura.
- Seleccionar muestra para la prueba de raspadura (stripping test)

- Llevar al sitio QP para asegurar MTC, valida.
- Montaje/sección de las estructuras maduras
- Soldadura/tornillo en sitio.
- Inspección NDT para la soldadura en sitio.
- Retocado de las uniones con galvanizado frio/pintura
- Prevención final y entrega de la obra.
- Terminado del proyecto "FIN".

FPC = Control de producción en fabrica

NDT = Non-Destructure Testing

Haan Johan (2016) Menciona que la mayoría de las fallas son causadas por errores humanos como se han reportado por numerosos investigadores y los errores humanos se clasifican en:

1. Errores de conocimiento
2. Errores de desempeño
3. Errores por impulsividad

### **Pruebas de Calidad en un Ensamble Estructural**

Cada ensamble estructural probado debe ser capaz de satisfacer la prueba de cargas o la prueba de carga de fatiga, como se indica en el código de regulaciones federales y publicadas por el instituto de información legal.

- a) Pruebas de carga. Cada ensamble estructural probado debe ser capaz de sostener su carga muerta más la carga viva impuesta iguala a 1.75 veces la carga viva requerida por un periodo de 12 horas sin fallar ni sufrir deformación mecánica.
- b) Prueba de carga de fatiga. Las pruebas de resistencia a la ruptura deber realizarse en al menos tres ensambles o componentes para evaluar la calidad del diseño estructural. Las pruebas deben conducirse a incrementar aplicada y a flexiones en  $\frac{1}{4}$  de carga viva de diseño a instalación de 10 minutos hasta un límite de 1.25 veces la carga viva de diseño.

Raytheon Polar Companing (2001) menciona que el Instituto Académico de Construcción de Acero (AISC), exige adherencia a ciertos procedimientos al apretar los pernos de alta resistencia. La adecuada instalación de tornillos de alta resistencia incluye periódico aseguramiento en la calidad “al alcance de la mano” apretando los tornillos con un aparato capaz de indicar la tensión del perno. Todas las inspecciones de aseguramiento de la calidad deben ser conducidas por algún otra parte que no sea del personal directamente enrolado con la instalación.

### **Equipo Requerido para Aseguramiento de la Calidad**

Llave de cola, llave de torque calibrada, calibrador de aspensor (plantilla calibradora).

**Herramientas:** Llave de impacto, calibrador de tensión para pernos, llave de esfuerzo cortante con casquillos concéntricos, guantes, casco, escalera (si el ensamble está por encima del nivel del ojo) y lentes de seguridad.

**Otro equipo:** Roldanas, tuercas y tornillos.

### **Método para el Apretado de las Uniones**

Todos los agujeros de pernos deben estar alineados para permitir la inspección de los pernos sin daño indebido a las roscas. Los pernos deben ser introducidos en todos los agujeros con roldanas según sea requerido en el manual de instalación y las tuercas en roscadas hasta a completar el ensamble. La decisión del apretado de la unión a la condición de ajuste sin holgura, debe progresar sistemáticamente desde la parte más rígida de la unión. La condición de apretado sin holgura aumenta la tirantes de los pernos, la cual es alcanzada con unos pocos golpes de una pistola de aire o con el esfuerzo completo de un trabajador utilizando una llave perica para llevar las juntas conectadas a un contacto firme.

### **Inspección de las uniones de apretado sin holgura.**

Antes de empezar las tareas de ensamble debe verificarse que todos los componentes sueltos a ser conectados en el trabajo cumplen los requisitos de manual de instalación y satisface las especificaciones para ensambles estructurales. Durante la instalación debe asegurarse que todas las juntas conectadas satisfacen la condición de apretado sin holgura, después de que las

conexiones han sido ensambladas, deben ser usualmente asegurado que todas las juntas de los elementos conectados muestran un contacto firme y que las rondanas están colocadas como es requerido. La magnitud de las fuerzas de agarre que existe en una unión de ajuste sin holgura, siempre es segura. La inspección se requiere que:

- a) Los componentes apropiados fueran utilizados.
- b) Los elementos conectados de manufactura adecuados.
- c) El apretado de la unión queda un contacto firme.

### **Control de calidad en estructura de acero.**

Pruebas de ultrasonido para detectar pequeñas errores y más ocultas. Prueba de radiografías para señalar imperfecciones en la soldadura como porosidad, grietas, bolsas de pintura, diminutas abolladuras, perforaciones desfasadas y perforaciones erróneas.

Deformación mecánica, llave de torque y apuntador.

La sociedad minera de cerro verde indico formatos generales y flujo gramas, inspección de arquitectura y acabado e inspecciones civiles.

### **Quality test in a structural assembly**

La desviación encontrada entre el comportamiento virtual específico y el comportamiento RGM u observación en la estructura, puede ser definida como ajustes que necesitan un modelo analítico existente representativo de la estructura bajo estudio, utilizando datos experimentales de tal manera que se esté reflejando más exactamente el comportamiento dinámico de la estructura. La actualización y mejora de un modelo puede ser dividida en tres pasos indicados en la universidad de Londres por Reza Ashory (1999).

1. Comparación y correlación de dos juegos de datos.
2. Localización de los errores (diagnóstico de fallas).
3. Corrección de los errores (identificación de la causa y posible solución).

Como lo mencionan las fábricas el pivote en el manual de mantenimiento.

### **Datos experimentales de calidad.**

1. Efecto de carga de masa (traductores)

2. Interacción de la estructura y vibraciones (durante el rodamiento del tren de transmisión de un pivote central).
3. Soporte de la estructura mecánico.
4. Medición de ruido mecánico (intensidad y frecuencia).
5. La no linealidad del comportamiento.

Se deben medir suficientemente en la estructura.

El orden y distribución de los componentes de la estructura que sirven de sustentación a la armadura del pivote. El enfoque experimental para modelar el comportamiento dinámico de la estructura (prueba de un modelo), se apoya básicamente en extraer (observar, medir) las características de una estructura para configurar el modelo partiendo de las mediciones, el procedimiento consiste, de tres pasos.

- a) Tomar las mediciones.
- b) Analizar los datos medidos.
- c) Construir el modelo mediante de los resultados obtenidos de análisis de datos.

En general se presentan limitaciones y errores de las tres etapas de la prueba de modelos entre ellas:

- Errores aleatorios debido a la instalación interferencias en la comunicación apreciación y calibración de instrumento (ruido).
- Errores sistemáticas debido al mal acoplamiento de las estructuras por algún defecto en las partes mecánicas, (resortes, soleras, tornillos).
- Comportamiento de la estructura diferentes y conceptualizadas por el modelo.
- Errores en el proceso de datos
- Número limitado de observaciones.
- No todos los factores influyentes son considerados en el modelo.
- Dificultad en el grupo de medición de velocidad y conversión de energía.
- Apretar todos los tornillos.

El trabajo de tesis de Reza (1999) se planteó para;

- Realizar un estudio de literatura (investigación documental) de los trabajos previos, sobre el material de calidad de las mediciones relacionadas con los errores en la adquisición de datos experimentales, revisando críticamente los métodos existentes para evitar en las pruebas todas las clase de errores (especialmente los frecuentes problemas).
- Mejorar los métodos convencionales para tratar con los errores mecánicos y desarrollar nuevos métodos que permitan la adquisición de datos de prueba de alta calidad.
- Diseñar métodos para evaluar la calidad de los datos medidos en relacionar el diagnóstico de fallas (errores) en una prueba de verificación estándar.
- Probar una estrategia de medición basada en desarrollar la metodología con los pasos que deben ser utilizados, en los modelos y diseños o establecidos como una norma que regule las mediciones (Universidad de Londres 1999).

**Honeywell Sensing (2016)** Menciono que la calidad en las mediciones surgió del análisis SAMM, el cual se inició varios años atrás vendando el pasado para probar la consistencia en la práctica, de la prueba estándar que relevaron un amplio rango conceptual de los resultados medidos en una misma estructura (esto promovió la necesidad de estandarizar y dar uniformidad a los criterios y métodos de prueba).

- Velocidad angular en las flechas
- Velocidad de avance del tren de transmisión
- Torque del motor reductor (Snug Fit = condición de ajuste sin holgura en todos los elementos de fijación del ensamble estructural atornillado).

### **Pernos estructurales.**

Shay Burrors (2016) Hace mención, que los dos pernos estructurales estándares en los Estados unidos son ASTM A 325 y ASTM A 490, cuando se buscan los requerimientos mecánicos de estos pernos parecen que son idénticos. De allí surge la pregunta “Puedo utilizar un perno SAET429 grandes en sustitución de

un ASTM A325 específico”? La respuesta es definitivamente no, esto también se aplica el caso de intentar sustituir un grande y cuando un A490 está especificado, aquí están algunas razones del porqué:

- Primero, los pernos A 325 y A 490 son producidos con una cabeza hexagonal, robusta que proporciona una superficie de ajuste más aplicada sobre la cual se distribuye la carga., Los pernos grandes 5” y 8” son fabricados en configuración de tornillos capa hexagonal estándar y no puede distribuir la carga como es requerida en las aplicaciones estructurales.
- Segundo, la longitud de la espiga (proporción no roscada del perno) en el A 325 y A 490 son mayores que en los pernos hexagonales estándar. Recordar la sección más débil de los sujetados de acero y carbón están localizados en porción roscada del perno cambian el diseño tan pequeño como este puede crear un cambio pequeño en los diseño tales como la referencia al tipo de perno; puede crear una conexión estructural más fuerte.



**Figura 3. Tornillo  
A325**



**Figura 2.  
Tornillo Grado**

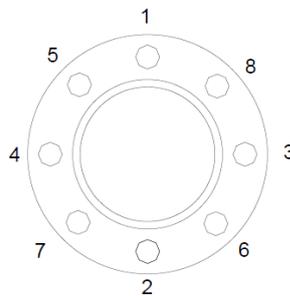
- Tercero, la diferencia en la longitud de la rosca probablemente también produzca como resultado un cambio en la resistencia al corte, que se produce en reaccionar el perno en el torque afectando directamente la instalación.

## Características Estructurales

### Método de la llave calibrada

El probador Skidman. Es el único aparato capaz de medir la carga de agarre de un perno. En los elementos de fijación con los pernos no es válido usar varios productos basados en un Nelson Torque-Tensión.

El aparato de los pernos debe hacerse de manera que las juntas bridadas se lleven a empatar (en caras) uniformemente, para un acoplamiento de bridas, una plantilla (patrón) de apretado de neopreno como se muestra en la figura es recordado para uniones atornilladas de alta resistencia, la superficie necesita llevarse a un contacto firme entre ellas (Shay Burrows, 2016).



**Figura 4. Secuencia del apretado en patrón estrella.**

### Los tipos de Armaduras.

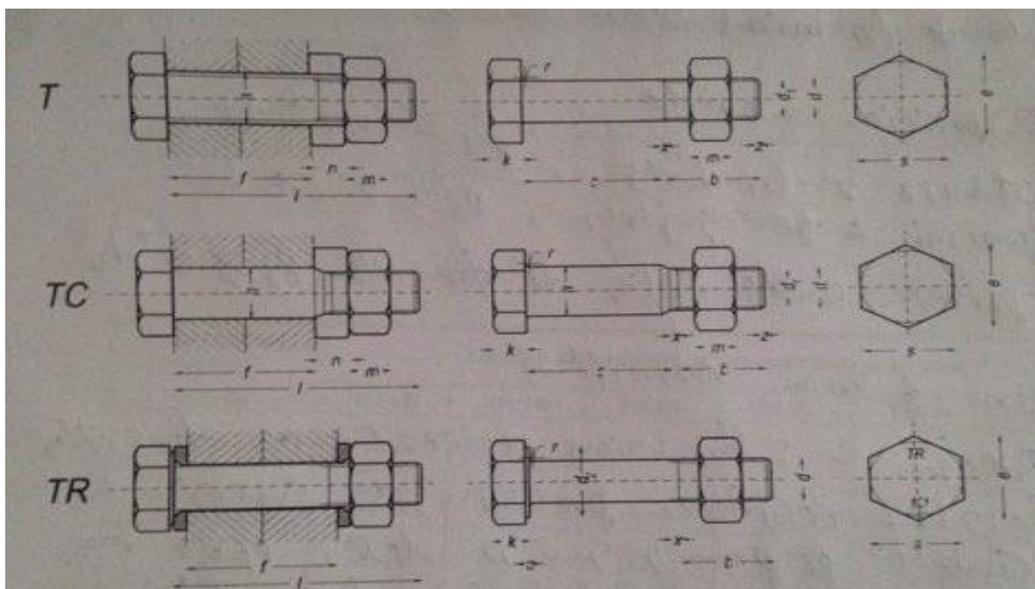
Moore Fuller (2000) Menciona que una armadura es un ensamble triangular que distribuye cargas a los soportes por medio de una combinación de miembros conectados por juntas articuladas, configurados en triángulos, de manera que idealmente todos se encuentren trabajando en compresión o en tensión pura (sin flexión o cortante) y que todas las fuerzas de empuje se resuelvan internamente. El triángulo es la unidad geométrica básicamente de la armadura, es una forma única ya que no puede cambiar sin que cambie la longitud de sus lados aun cuando las juntas estén articuladas.

Las armaduras planas tienen sus elementos en un solo plano, mientras que las armaduras espaciales los tienen en una configuración tridimensional. Tanto las armaduras planas como las tridimensionales salvan claros solo en una dirección.

Las formas perimetrales de la mayoría de las armaduras planas son triangulares, rectangulares, arqueadas (curvas en la parte superior o inferior), o lenticulares (curvas arriba y abajo).

### Clase de tornillos y medios de unión.

García Martín Miguel Ángel (2000). Menciona que se emplean tres clases de tornillos, tornillos ordinarios (T), tornillos calibrados (TC) y tornillos de alta resistencia (TR), se diferencian fundamentalmente en la forma de trabajo, ya que estos últimos generan presión entre los elementos unidos mediante presentado de la espiga, lo cual hace que parezca fuerzas de rosamiento en la unión y tensiones de compresión en los elementos unidos que se han de tener en cuenta al verificar la unión. Menciona que los tornillos se designan de la siguiente manera, en primer lugar, la sigla T = tornillo, el diámetro (d) de la caña, el signo x = la longitud "l" del vástago, el tipo de acero y la resistencia normal. Los límites de la longitud de apretado "t" de la tornillería ordinaria y calibrada; es decir; la suma de los espesores de las piezas que se van a unir en función de la longitud (L) de su vástago indicada en la siguiente tabla.



**Figura 5. Dimensiones de los tornillos ordinarios, calibrados y de alta resistencia.**

### **Como medir un torque**

Es una medición de la fuerza que causa la rotación de un objeto. El torque de reacción es la fuerza que se activa sobre el objeto que no es libre de girar, un ejemplo es un desarmador aplicando torsión sobre un tornillo oxidado. Con torque rotacional el objeto es libre de girar, ejemplo incluyen transmisión de motor industrial y los moto reductores. Las mediciones de torque se utilizan en el control de procesos esto permite monitorear y cuidar el rendimiento de las flechas en los trenes de transmisión y los motores eléctricos/hidráulicos. Estas pruebas ayudan a evitar desgaste de acorde en el sistema de transmisión e incrementar la productividad.

$$Hp = T*W/63025$$

$$E = Hpo/Hp1$$

Donde:

T = torque (in-libra)

W = revolución/minuto

E = eficiencia

Hpo = Hp salida

Hp1= Hp entrada

### **Llave de torque**

Son conocidos como llave de torsión o llave dinamométrica que se utiliza en motores de combustión, equipamientos que permiten el manejo de gases y líquidos, tuberías de tipo industrial ya que esta herramienta es diseñada de manera que el usuario no pueda aplicar una tensión excesiva y permita la aplicación de una tensión específica y así caracterizada por su precisión.



**Figura 6. Imagen de la llave de torque  
(lb/pie)**

### III.MATERIALES Y METODOS

#### Lugar y Fecha del Establecimiento:

El pivote central donde se realizó el estudio se localiza un área poligonal enfrente al deportivo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Campus Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, el programa de actividades para la instalación del lateral pivote comprendió de última semana de enero a primera de marzo del 2015. Con coordenadas geográficas; latitud (25°21'16.91"N) y longitud (101° 2'8.50"O) y el procesado de datos, discusión de resultados en el Centro de Cómputo Académico.

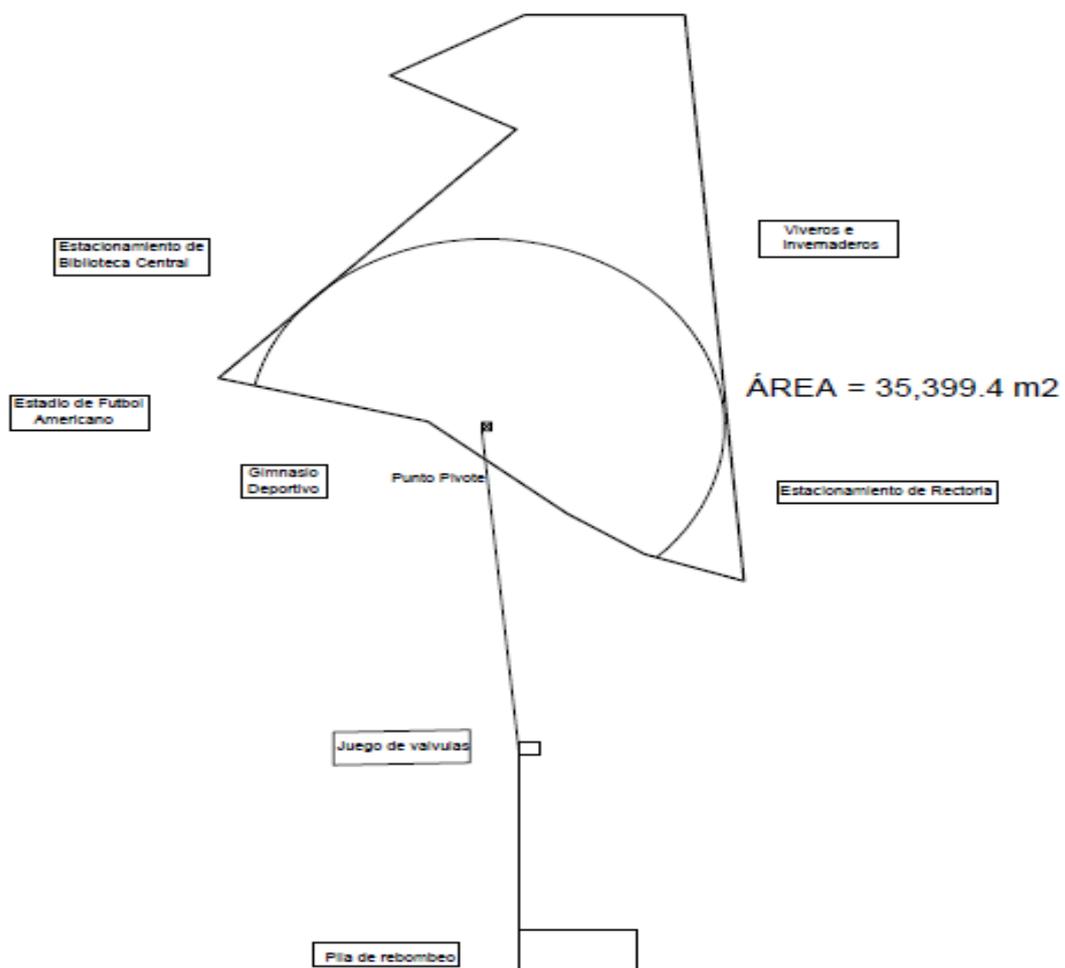


Figura 7. Polígono del área de instalación del pivote central.

El polígono de la superficie del pivote tiene un área de 35,399.4 m<sup>2</sup>, donde el dibujo fue realizado por medio de un levantamiento topográfico con estación total donde se tomaron datos de medición de coordenadas UTM (Universal Trasversal de Mercator) para su descarga en el software AutoCAD para la realización del área de dibujo.

**Tabla 3.Construcción del área poligonal del pivote central**

<b>X, UTM zona 14R</b>	<b>Y, UTM zona 14R</b>	<b>Altitud, msnm</b>
295 869.922	2805 444.720	1784
295 811.342	2805 493.820	1782
295 723.324	2805 516.960	1783
295 848.506	2805 649.650	1780
295 795.428	2805 678.230	1782
295 852.102	2805 767.620	1778
295 919.401	2805 710.660	1776
295 944.280	2805 408.720	1791
295 986.068	2805 394.360	1785
295 975.166	2805 455.710	1792

## **Materiales y Equipos Requeridos:**

### **Personal**

- Un supervisor
- Un electricista con experiencia
- Un operador de la grúa
- 10 ayudantes

## **Equipo y herramientas**

- Camión grúa
- Tractor con remolque
- Camioneta de carga
- Compresor de aire
- Herramientas de mano
- Llave inglesa de impacto
- Juego de dados

## **Los trabajos desarrollados para la instalación de los pivotes fueron:**

- Ubicación del punto pivote y construcción de la losa de cimentación de 3.81 x 3.81 m, con concreto reforzado (con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>) con los tornillos de anclaje del pivote.
- Excavaciones de las líneas de conducción e instalación de las tuberías de PVC, relleno y compactado de cepas.
- Revisión y recepción de los materiales
- Descarga de la tubería y conexiones
- Tendido de la tubería de la lateral
- Ensamblaje y montaje de piezas tensores y ángulos
- Instalación de las torres
- Ensamble de las armaduras
- Colocación de aspersores
- Levantado y enganche de las armaduras, montaje de los trenes de tracción y colocación de llantas
- Instalación del tren de trasmisión

- Instalación eléctrica
- Colocación de paneles de control,
- Unir tramos
- Alineación del equipo
- Puesta en marcha y revisión del funcionamiento global del equipo.
  
- Instalación del voladizo
  
- Trazo e instalación de la tubería de suministro

### **Preparación del lugar y marcado del punto pivote.**

Para que la instalación se realizara sin ningún inconveniente y quedara en la mejor posición de alcance del área a regar del punto pivote, fue necesario ubicar una sub estación eléctrica cercana a un transformador, que estuviese cerca de la orilla de donde se instalaría el punto pivote, que estuviera cerca de un suministro de agua para su uso y que cubriera la mayor cobertura posible del polígono a regar., para ello se utilizó la estación total para determinar el mejor lugar y saber por dónde iban a pasar las llantas del tren de trasmisión, donde se romperían las canaletas para que pudieran pasar las llantas por el área de alcance del pivote, para romper las canaletas se utilizó pico, barra, marro y pala para quitar el concreto y con la pala darle forma al terreno para que no quedara con bordo y pudiera pasar la llanta sin ningún inconveniente.



**Figura 8. Establecimiento del punto pivote con estación total**



**Figura 9. Eliminación de canaletas de concreto para despeje de la ruta**

## Construcción de la Base de Concreto del Punto Pivote.

Para construcción de la base del punto pivote se tuvo que marcar un área cuadrada de 3.81 metros por 3.81 metros que se ubicó con la estación total, se hicieron las excavaciones para la cimentación y armado de la varilla, se colocaron los pernos de anclaje y enseguida se consiguió un camión con concreto donde se vació en la base establecida., se revisó que el perno de anclaje en cada esquina coincidiera con las distancias solicitadas en el manual para las patas del pivote como se muestra en la Figura.2.1

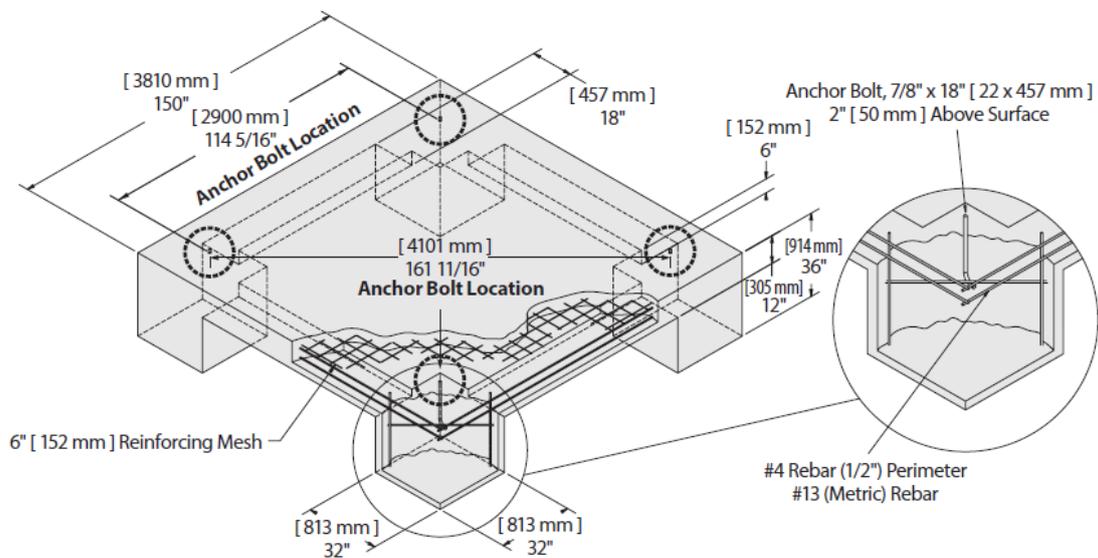


Figura 10. Base de concreto del punto pivote (Wade Rain 2014)

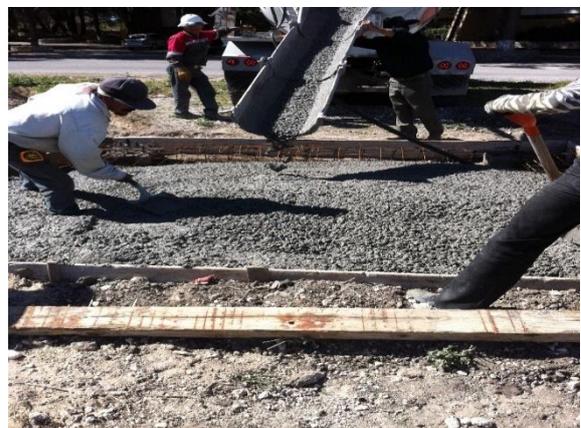


Figura 11. Vaciado de concreto para la base pivote

### **Llegada del Camión y Descarga de las Piezas para Instalación.**

Al llegar el camión al lugar con las piezas del pivote central que venía desde Guanajuato de la bodega de materiales y pivotes de Wade Rain, se empezó a organizar a las personas de equipo de trabajo para poder realizar la descarga del camión, siguiendo un camino sobre la parte más plana del punto pivote hacia fuera en diferentes parte del área, donde se colocaron las pieza en el orden donde serían ensambladas, también se acercaron las herramienta para su instalación, para que así se pudiera facilitar más rápido y con menos tiempo y menos carga su instalación, y así con mayor organización para realizarlo ya que venían todas las piezas para ensamblar dos armaduras de 55 metros con un diámetro de tubería de 6 ½ “ cada uno y un voladizo de 6 metros de longitud.



**Figura 12. Descarga del material para instalación.**

### **Ensamble del Punto Pivote.**

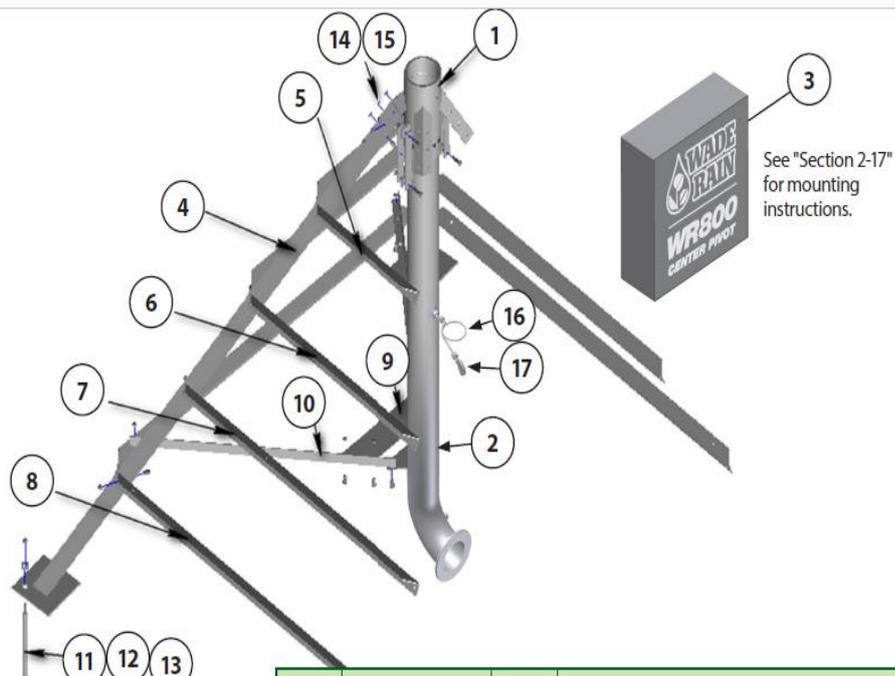
Para empezar a ensamblar las patas del punto pivote junto con los travesaños, se colocaron las patas sobre la base de concreto donde se fijaron con una tuerca, sin apretar las tuercas, después los tornillos se introdujeron en los agujeros pero no se apretaron hasta que la estructura estuvo fijada a la base del pivote, una vez allí, se apretaron todas las tuercas y tornillos sin provocar holgura (sin espaciamiento), Se instalaron las riostras de soporte para sustentación de la tubería elevadora coordinadamente con el montaje de los travesaños inferiores del punto pivote. Después a mano se engraso la chumacera y el rodamiento del codo del punto pivote, todo esto a mano, esto se realizó con la aplicación

suficiente de grasa en los accesorios y chumacera, hasta que la grasa fue infiltrada, girar dos o tres veces el codo pivote en cada dirección para que recubra toda el área necesaria y se siguió aplicando hasta que esta quedo de color negro entre los accesorios ya que tenía que estar adecuadamente engrasada totalmente.

Cuando se instaló el tubo "Conduit" porta-cables acodado de acero inoxidable, se colocó al inicio el sello de compresión en el extremo inferior de tubo conduit, se insertó el extremo del tubo , el sello colocado por el codo del punto pivote se giró y se deslizo el tubo conduit hacia abajo hasta que este se alinee con el conector de salida por el lado de la tubería elevadora, se empujó el tubo conduit a través del conector de salida y se enrosco la tuerca especial para llaves de caras, después se apretó las tuercas especiales hasta que se comprimió el sello, colocaron los tres ellos de copa dentro del tubo estancado y se colocó la brida de 3 agujeros asegurando la instalación del tubo conduit.

Cuando se colocaron las dos patas del punto pivote, se apoyaron en los extremos para facilitar el atornillado de los travesaños y se dejaron todos los pernos y tuercas apretadas a mano hasta que la estructura piramidal del punto pivote estuvo todo ensamblado y colocado en posición sobre la base pivote, después se colocó y atornillo con la punta del dedo los travesaños de un lado, se empezó con el travesaño más largo de 220 cm, después se atornillo uno de 171.1 cm, enseguida se atornillo el travesaño de 123.4 cm y el travesaño superior de 75 cm. Después se atornillo la chumacera pivote a dos patas, se colocó las otras dos patas sobre el terreno y se ensamblo todos los travesaños como las otras dos. Enseguida con la ayuda de los instaladores se levantó el ensamble sobre encima de la base de concreto para que quedara cuadrada la estructura y se fijó a la base apretando las tuercas sin que quedara holgura. Enseguida se montó el empaque de cambio triple el tubo específico del codo pivote, se deslizo cuidadosamente el tubo conduit (porta cables) con la porción acomodada hacia abajo detrás de la tubería elevadora, se sujetó la tubería elevadora con una soga para verificar que estuviera alineada con el tubo elevador las barras de agarre sobre el ensamble de la chumacera y se enganchò las cuatro barras de agarre, se atornillo la escuadra de refuerzo de la tubería elevadora a los travesaños de las mismas, se engraso el ensamble de la chumacera junto al del codo del punto

pivote del área de la chumacera todo esto a mano, se utilizó el arnés y el brazo hidráulico de la grúa para deslizar el codo del punto pivote dentro de la chumacera y se atornillo la unión al ensamble del codo y se instaló un empaque plano en medio de las bridas, enseguida se colocó tres sellos de copa V con los lados sellados hacia el lado de la presión y se tornillo la brida usando 3 tuercas y 3 pernos de 8 mm y se apretaron y revisaron todos los pernos del punto pivote excepto los ensambles del tubo conduit de acero inoxidable, se centró el extremo largo del tubo conduit lo más aproximado a la línea de centro del alineador elevadora y centro de la chumacera y se aplicó teflón en todas las roscas del tubo, se enrosco en el anillo colector apretando con llaves stilson y se ajustaron lo más posible sin dañar las roscas.



**Figura 13. Estructura del punto pivote**



**Figura 14. Ensamble del punto pivote**

Ajustar adecuadamente el coplee de compresión de la tubería elevadora en el punto pivote, para evitar fugas de agua.



**Figura 15. Instalación y terminación del punto pivote**

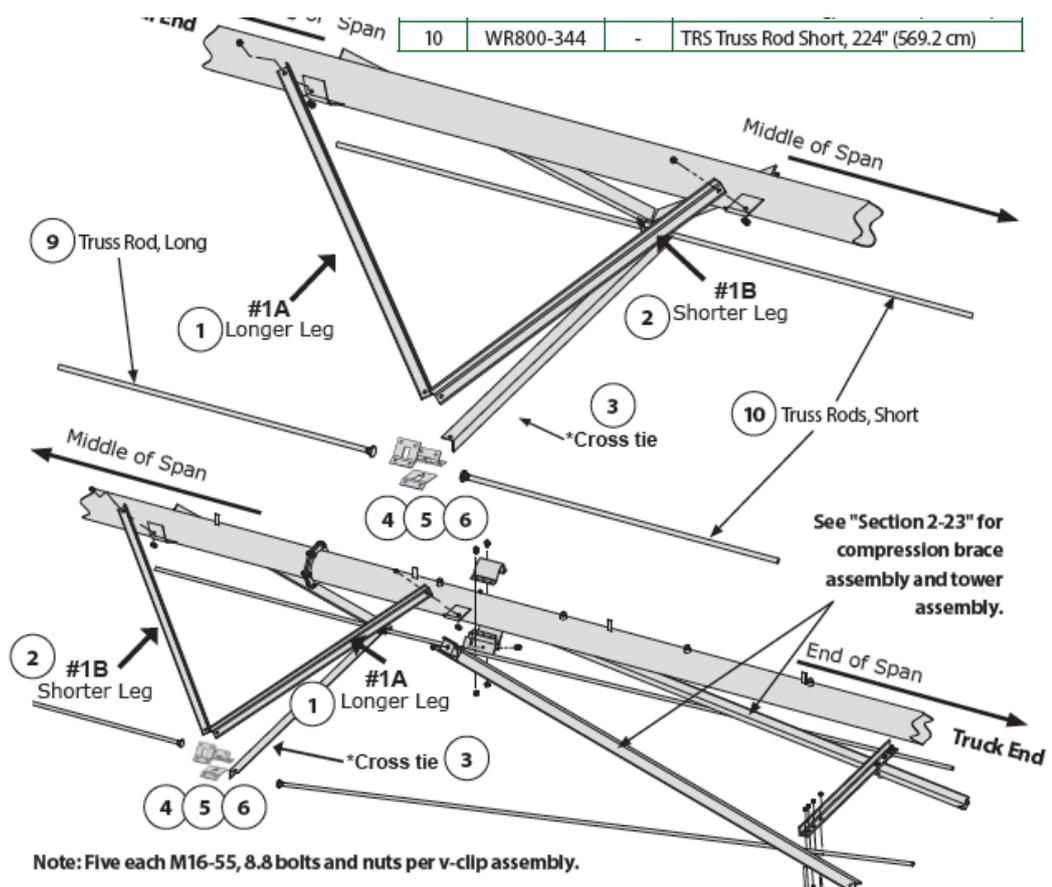
## **Ensamble de las Armaduras.**

Para ensamblar el pivote, se midió y marco con estacas las posición de cada torre de transmisión, desde el centro de la base pivote tuvimos que tender el tubo de arranque de la primera armadura y dispersamos la serie de elementos y componentes en el orden del ensamble de cada armadura, de tal manera que cuando armamos la primera, pudiera ser levantada y conectada al punto pivote.

Apretamos los pernos siguiendo los procedimientos necesarios para el ensamble del punto pivote y se siguió la secuencia de estrella para unir las bridas.

La primera estructura en la maquina fue instalada con el tubo de arranque alineado al punto pivote tanto como fue posible, esto permitió simplemente levantar la armadura sobre el punto pivote y fue deslizada poco para su conexión en vez de ser arrastrada hasta la base pivote.

Al instalarlo se tuvo que tener extremo cuidado al estabilizar el primer armado, con uso de tres personas en cada lado ya que cuando se conectó la junta cardan en el punto pivote la estructura tiende a moverse. Los tubos de la armadura fueron ensamblados uno por uno esto fue para ensamblar las armaduras de tal manera que las articulaciones triangulares y las tuberías se atornillen juntas, la tubería fue apuntada sobre los ganchos levantados poco a poco, cuando se apretó las bridas de la tubería y de la tubería de arranque, en seguida se apretaron los pernos fuerte y uniformemente en un patrón de secuencia de estrella con secuencia de cruz y se limpió las estructuras para que no afecte a las varillas sujetas, se puso atención al ensamblar las articulaciones triangulares, ya que consiste de dos patas cortas y dos patas largas que se diferencian por 50 mm y un amarre cruzado especial, las patas largas fueron atornilladas hacia el extremo de la armadura y las patas cortas hacia la parte media del ensamble. Fue recomendable que las articulaciones triangulares fueran atornilladas.

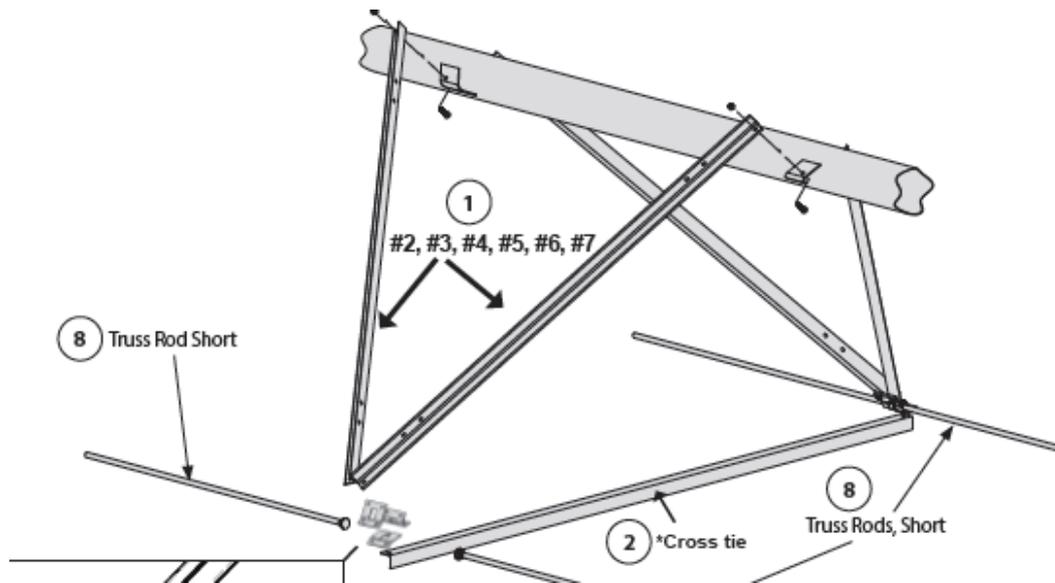


**Figura 16. Instalación de travesaños y diagonales**

**Tabla 4. Descripción de las partes los travesaños y diagonales**

Parte	No. Parte	Cant idad	Descripción
1	WR800-301	4	Pata de armadura Gato V 1ª, 1609 mm
2	WR800-302	4	Pata de armadura Gato V 1B, 1541 mm
3	WR800-303	2	Amarre, Tirante Gato V 1, 1422 mm
4	WR800-316	4	Mordaza "clic" superior sujeta varilla
5	WR800-318	4	Mordaza "clic" inferior sujeta varilla
6	WR800-317	4	Mordaza "clic"-V varilla Armadura
7	WR800-FB16-40	28	Perno, 16 mm x 40 mm de largo
8	WR800-FN16	28	Tuerca, 16 mm
9	WR800-343	-	TRL, varilla larga Armadura 644.4 cm
10	WR800-344	-	TRS, varilla corta Armadura 569.2 cm

Se unió las varillas y los tirantes de las armaduras juntos, utilizando las planchuelas sujetadas con tres piezas (CLP) y apretadas con dos pernos de ½ “, por el área de abajo se introdujeron, se conectó el amarre cruzado a la ménsula del clip y se apretó con los dedos, se instaló las patas de la armadura en las orejas de la tubería.



**Figura 17. Posicionamiento de los tirantes, travesaños y diagonales**

**Tabla 5. Descripción de las partes del travesaño y diagonales**

Gaton V en armadura	item	No. Partes	Qty	Descripción
2	1	WR800-304	4	Pata de aradura Gato-V 2 2103 mm
	2	WR800-310	1	Amarre Tirante Gato-V 2 2354 mm
3	1	WR800-305	4	Pata de armadura gato-V 3 2355 mm
	2	WR800-311	1	Amarre tirante gato-V 3 2747 mm
4	1	WR800-306	4	Pata de armadura gato-V 4 2470 mm
	2	WR800-312	1	Amarre tirante gato-V 4 2922 mm
5	1	WR800-307	4	Pata de armadura gato-V 5 2605 mm
	2	WR800-313	1	Amarre tirante gato-V 5 3123 mm
6	1	WR800-308	4	Pata de armadura gato-V 6 2756 mm

	2	WR800-314	1	Amarre de tirante gato-V 6 3426 mm
7	1	WR800-309	4	Pata de armadura gato-V 7 2847 mm
	2	WR800-315	1	Amarre tirante gato-V 7 3623 mm

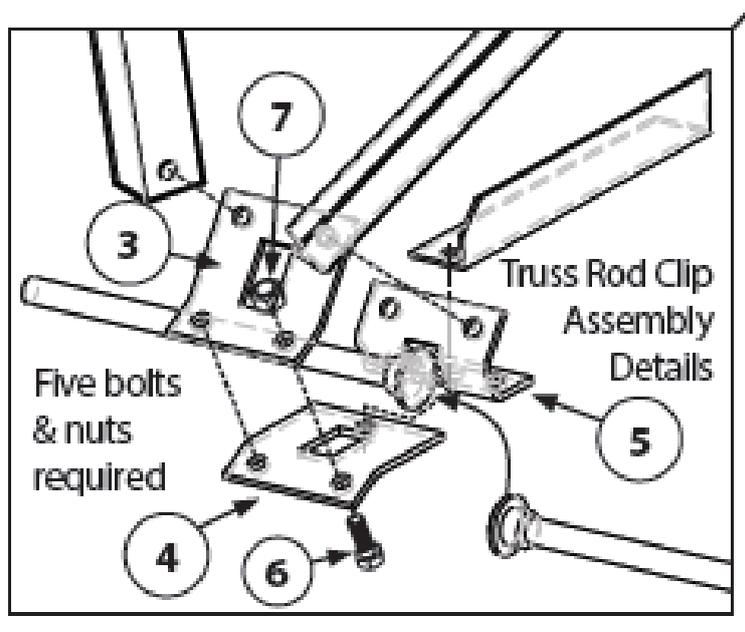


Figura 18. Ensamble de travesaño, diagonal y tirante

Tabla 6. Descripción de las partes a ensamblar del travesaño, diagonal y tirante.

Item	Part No.	Qty	Descripción
3	WR800-316	2	Mordaza "clic" superior
4	WR800-318	2	Mordaza "clip" inferior
5	WR800-317	2	Mordaza "clic" – V
6	WR800-FB16-40	14	Perno 16 mm x 40 mm largo
7	WR800-FN16	14	Tuerca, 16 mm
8	WR800-344	4	TRS, Varilla Corta 569.2 cm.

Se evitó la deformación de las bridas al apretado de los pernos para no ocasionar fugas de agua a través de las juntas.

Con una línea marcada con estacas en el campo partiendo del punto pivote donde las armaduras fueron ensambladas, se colocó una estaca en donde se localizó cada torre, lo cual lo hicimos en línea recta con respecto al punto pivote ya que es más fácil y se necesita mucho mejor tiempo para instalar que de cualquier otra manera y provocando menores daños a la estructura, después se colocó los componentes de las armaduras y se descargaron según el orden a lo largo de la línea marcada donde fueron requeridos permitiendo la maniobra de la grúa catar pilar, para cuando fueron transportados los materiales. Una vez descargados los materiales en línea con la base pivote, se empezó a poner el tramo de arranque especial que conecta al codo pivote a un lado para que cuando la armadura estuviera ensamblada esta pudiera ser suspendida, movida ensamblada hasta conectar el punto pivote.

Se conectaron las varillas (tirantes) a la tubería de arranque y se sujetaron usando las tuercas y dos pernos cada uno de 3/8" por 3 1/2", se colocó la articulación triangular No. 1 de ensamble, se observó que las partes de los gatos son de diferentes longitudes para su mejor instalación, Se ensamblaron las partes de las articulaciones triangulares, el amarre cruzado No.1 las planchuelas sujetadas (clips) superior e inferior las varillas y tirantes de la armadura, en seguida se ensamblo la articulación triangular No.2 y se instaló como los anteriores, después se sujetó la tubería de la armadura con un arnés de levante para suspenderla con un tractor grúa y se colocó un empaque de neopreno entre las bridas al final de cada tramo de tubo de arranque, se atornilló la armadura y el tubo de arranque juntos y seguir ensamblando las armaduras según con forme se fueron requiriendo., y se siguió poniendo el arreglo triangular para configurar la armadura completa hasta que se fue formando la armadura de arco el ultimo tubo bridado en la armadura, es diferente (una brida es perpendicular y una está en ángulo) que tienen un soporte de donde se colocó las patas del tren de transmisión, una vez que ya se fue ensamblado toda la armadura se apretaron todos los pernos con una llave de impacto y sin ser sobre apretado, solo que no haya holgura. Se da una revisada a todas las varillas que están sujetas a los tirantes en las articulaciones triangulares superiores e inferiores asegurándose

que estén bien colocadas y apretadas, se fue colocando el cable eléctrico sobre la tubería de la armadura abrazándola con mordazas, se instaló después de que estuvo la armadura completamente ensamblada.

Se conectó las dos roscas de compresión al tubo de tren de transmisión, después se empezó a elevar a la armadura utilizando un arnés colocando a un extremo de las varillas estructurales y atornillamos las 4 patas de tren de transmisión en los agujeros superiores de la suspensión, se incrementó la elevación de la armadura y se conectó la de compresión, se armaron después los armazones del tren de transmisión y los travesaños y diagonales, movimos la estructura del tren de potencia lejos del punto pivote a una posición que permita el montaje de las cajas de engranes para atornillarse del tren de potencia a las patas del mismo tren, después se apretó todos los tornillos del tren de transmisión.

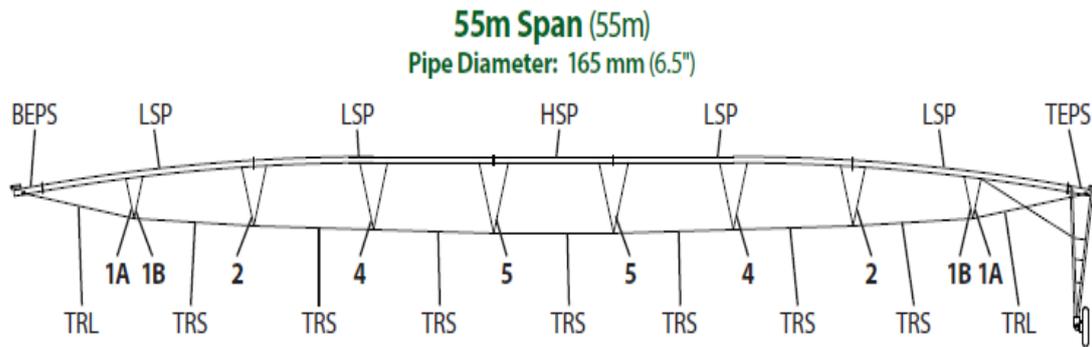
Se colocó la torre de tren de transmisión y la parte baja de la armadura con dos tablonces que provocó que el remolque de la armadura por un lado hacia delante y el otro desplazarse sobre el tren de transmisión, para cuando se enganchó la armadura en el punto pivote. Fue muy importante sujetar las puchuelas en el agarre de la varilla para que esta estuviera un ajuste muy necesario de las articulaciones triangulares para no ocasionar el zafado de las varillas y falla de ensamble. Después utilizamos dos pernos – v de 3” y dos pernos v – 2” para conectar las riostras de compresión y se elevó el primer armadura junto a la mordaza, se movió para conectarse al codo del punto pivote, después se juntó el empaque plano entre las juntas cardan del tubo de arranque la primera armadura y se atornilló el ensamble a la junta cardan si usar tornillos y tuercas más pequeños o de menor dureza más lo que se especificaron en el manual.



**Figura 19. Ensamble estructural de la armadura de arranque**



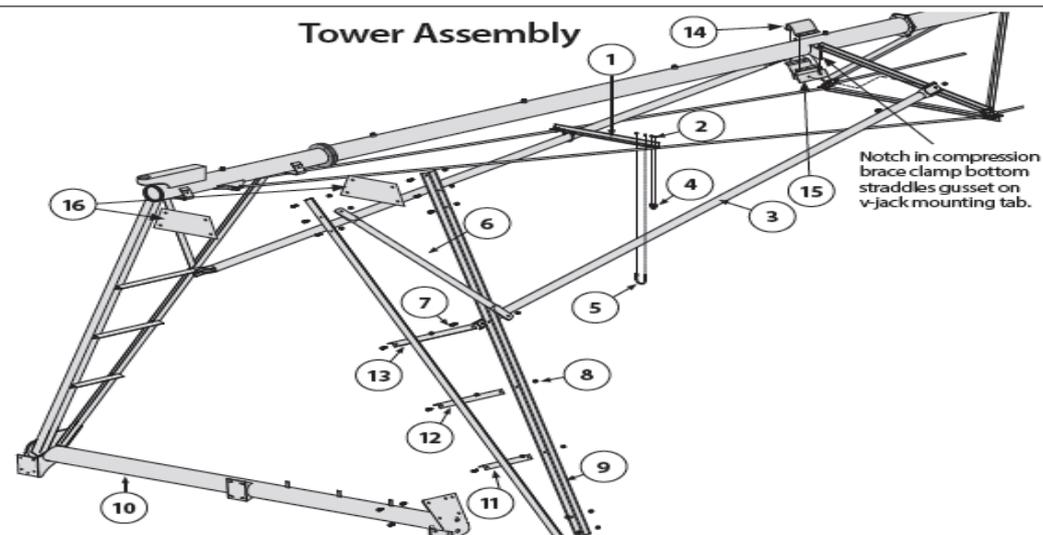
**Figura 20. Vista preliminar del ensamble de una armadura**



**Figura 21. Terminado de la armadura**

### **Ensamble del Tren de Trasmisión**

Para ensamblar el tren de transmisión, se levantó utilizando un arnés y montamos las dos cajas de engranes, en seguida colocamos la caja de engranes al motor de transmisión del centro montado a la mitad de la torre de potencia, se instaló la mitad del coplee flexible (por el extremo del agujero) en la flecha de entrada de la caja de engranes y se colocó la flecha de trasmisión utilizando el perno proporcionado con el coplee flexible, removimos la mitad del coplee flexible para revisar el empaque de araña. Después se introdujo una línea de flecha cuadrada dentro del ensamble protector y se adaptó la mitad del coplee flexible en cada punto del tramo de flecha, se sostuvo la línea de transmisión cuadrada entre las dos cajas de engranes y se introdujeron los coplees flexibles en un empaque de araña apretando los pernos para que se asegurara el acoplamiento la cual se utilizó una llave perica con la cual se sujetó la flecha cuadrada y así alinear el coplee flexible en seguida se apretaron todos los pernos de los coplees flexibles, todo esto se volvió a repetir pero en el coplee flexible a la línea de trasmisión del lado contrario.



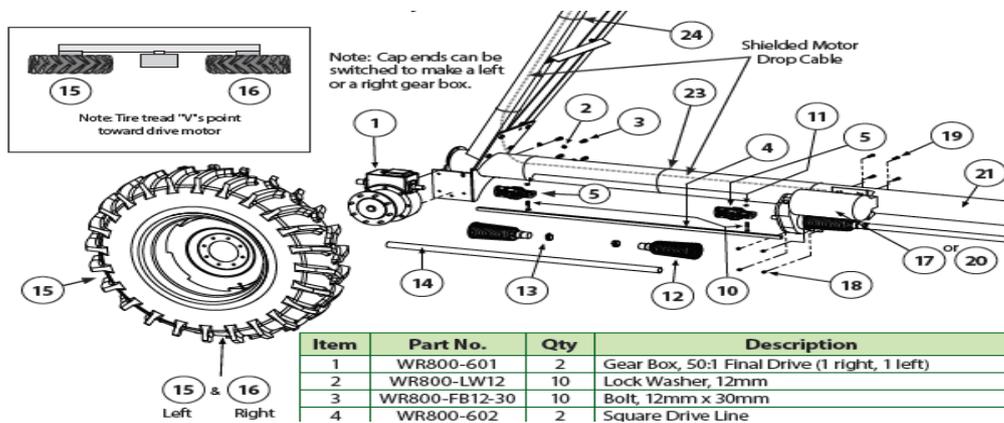
**Figura 22. Armadura del tren de transmisión**

**Tabla 7. Descripción de las partes de la armadura del tren de transmisión**

Item	No. Part	Qty	Descripción
1	WR800-401	1	Riostra transversal varilla de armadura
2	WR800-FN10	8	Tuerca inaflojables de seguridad c/rondana
3	WR800-402	2	Riostra tubular de compresión 49.5 cm
4	WR800-403	2	Perno en V 3/8 x 2" (10 mm x 50 mm)
5	WR800-404	2	Perno en V 3/8 x 3" (10 mm x 75 mm)
6	WR800-405	2	Riostra diagonal (157 cm)
7	WR800-FB12-40	16	Perno 12 mm x 40 mm
8	WR800-FN12	16	Tuerca Inaflojable de seguridad 12 mm
9	WR800-406	4	Pata de la torre- 3.54 x 4 "
10	WR800-407	1	Base de bastidor de torre transmisión
11	WR800-408	2	Riostra trasv. Inferior de torre 46 cm
12	WR800-409	2	Riostra Trasv. Media de torre 64 cm
13	WR800-410	2	Riostra Trasv. Superior de torre 82.4 cm
14	WR800-412	1	Abrazadera superior riostra de compresión
15	WR800-413	1	Abrazadera inferior riostra de compresión
16	WR800-411	2	Escuadra de refuerzo
17	WR800-FB16-50	8	Perno M16 x 50 mm, 8.8
18	WR800-FN16	8	Tuerca M16

19	WR800-FB20-60	8	Perno, M20 x 60 mm, 8.8
20	WR800-FN20	8	Tuerca, M20

Después se elevó el tren de transmisión se montaron las dos llantas con las guías V señaladas en el moto reductor donde se utilizó las bridas especiales para los rines de las ruedas apretando las ruedas para que no se desfasarán, se colocó en seguida las armaduras bajando desde la torre pivote sobre la línea de campo estacada y así se nos facilitó la instalación de las cortinas de alineación. Después se continuó con el ensamble de la siguiente armadura continuando con el mismo procedimiento anterior pero solo que esta vez se inició con un tubo de arranque en enganche bola y de ahí se repitió los mismo pasos.



**Figura 23. Ensamble de las llantas del tren de transmisión**

**Tabla 8. Descripción de partes de ensamble de llantas del tren de transmisión.**

Parte	No. Parte	Descripción de pieza
1	WR800-601	Caja de engranes, transmisión central (D, l)
2	WR800-LW12	Roldanas planas, 12 mm
3	WR800-FB12-30	Pernos, 12 mm x 30 mm
4	WR800-602	Flecha de transmisión cuadrada
5	WR800-603 <sup>a</sup>	Coplee flexible , redondo de 7/8 cuadrado
6	WR800-603-1	Araña flexible de polietileno
7	WR800-603-2	Pieza fundida de del coplee flexible media flecha
8	WR800-603-4	Perno M10 X 30 mm espiga cuadrada

9	WR800-603-5	Tuerca especial 10 mm
10	WR800-FN10-40	Perno 3/8" NC X1.5" (10 mm x 40 mm)
11	WR800-FN105	Tuerca , 3/8 NC (10 mm) especial uní torque
12	WR800-604	Campana de la flecha de trasm. Polietileno 6
13	WR800-605	Abrazadera de manguera 1-1/4 pulgada
14	WR800-606	Cubierta de transmisión (flecha); polietileno
15	WR800-607	Ensamble de la rueda izquierda (14.9x24x10mLH)
16	WR800-608	Ensamble de la rueda derecha (14.9x24x10mLH)
17	WR800-609	Caja de engrane y moto reductor central ¾ hp
18	WR800-FN10	Tuerca , 10 mm
19	WR800-FB10-40	Perno 10 mm x 40 mm
20	WR800-610	Caja de engranes y moto reductor central 1 ½ hp
21	WR800-407	Base del bastidor del tren de transmisión
22	WR800-611	Birlos de las ruedas localizadas en caja de engranes
23	WR800-TS36	Cintillo de arranque polietileno negro 36" de largo
24	WR800-TS12	Cintillo de arranque polietileno negro 12" de largo

Se sugiere a los ensambladores revisar la colocación del motor reductor de acuerdo con el diagrama para que no vaya a quedar invertidos y verificar que hayan quedado de manera correcta sin errores y bajar el cable eléctrico.



**Figura 24. Ensamble del tren de transmisión**

## **Ensamble de la Última Torre.**

Se instaló y atornilló los perfiles angulares en V de oreja de conejo y el travesaño horizontal, después se instaló el foco de iluminación de la torre final y el cable eléctrico, se sujetó el cable y los travesaños y el perfil triangular V utilizando un cincho de nylon negro de 40 cm de longitud, se colocó el letrero con la imagen de la compañía Wade Rain enseguida se colocó el tapón dren de NPT en la tubería como el voladizo fue mayor longitud, fue necesario ensamblar el voladizo antes de armar el tren de transmisión y las patas de la última torre, ya que se verifica que se instale la brida ciega al final de la tubería. Es recomendable terminar el ensamble de los componentes de la última torre y adaptar el voladizo cuando la última armadura este sobre el terreno antes de elevarla la armadura para ensamblar las patas y estructura del tren de transmisión.





**Figura 25. Ensamble de la última torre**

### **Ensamble del Mecanismo de Alineación y Caja de Control.**

Para ensamblar las cajas de control de cada torre intermedia con levas de alineación e interruptores son utilizados en cada torre desde la segunda hasta la última, se deslizo el tramo de varilla redonda de la barra de alineación en la oreja de alimento sobre el tramo de tubo de extremidad bola, en seguida se deslizo el tramo roscado que se extiende hacia el exterior de la barra de alineación a través de la oreja vertical de la caja de control siempre utilizando un rondana plana sobre una ranura con el fin de prevenir cavidades en la ranura ya que aria difícil un ajuste futuro, se colocó un perno de 10 por 30 mm a través del agujero ranurado en el brazo de la caja de control y que atravesó la barra de alineado, después se removió la cubierta de la caja de torre y se puso a un lado para cuando se realizó el movimiento de alineación, se arregló la tuerca de ajuste hasta que el micro-switch de alienación emitiera un golpecito como clic, apretando el perno del punto pivote y el perno de contratuerca firmemente y se volvió a colocar la cubierta de la caja de la torre en la misma forma siguiendo el ensamble de la alineación para cada torre. Se tomó en cuenta que el ángulo entre la barra de alineación y el brazo de alineación en la caja de la torre pueden ser ajustada variando la posición del brazo de alineación y la oreja de la caja de control mediante las dos tuercas, una de cada lado de la oreja de la caja de control.



**Figura 26. Ensamble de la caja de control y mecanismo de alineación**

### **Ensamble del Voladizo Final y Rociadores**

El voladizo que fue de 6 metros de largo se necesitó para instalar cables y perfiles angulares para sujetar y suspender sin que hubiese alguna falla, se utilizaron los últimos pernos que se usaron en los demás tubos para poder ensamblar el tramo final siempre utilizando un empaque en la tubería entre uniones bridadas de la armadura y después se apretaron los tornillos para tensar los cable y quedara firme el voladizo final.

Se comenzó a colocar los cuellos de ganso y los bajantes junto con los rociadores, dependiendo del calibre de cada uno según marcados en el manual y se apretaron de abrazaderas tipo gusano, fijándolas con un desarmador y de manera manual para su ajuste. Por último se verificó el apretado de todos los bajantes y rociadores para tu completa seguridad y ensamblado.



**Figura 27. Finalización del ensamble de un pivote central en la UAAAN**

## Test para Evaluar la Calidad del Ensamble.

Este test fue realizado para evaluar el manejo de herramientas, selección de personal y calidad de ensamble en una estructura de lateral pivote mediante una serie de preguntas designadas para cada tipo de manejo.

### Test para evaluar el ensamble de un lateral pivote

Instrucciones: Subraye la respuesta correcta.

Nombre: \_\_\_\_\_ Carrera: \_\_\_\_\_ Semestre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1.- ¿En cuántos puntos se sostiene la base del punto pivote?

- a) 1                                      b) 2                                      c) 3                                      d) 4

2.- ¿Qué medida de perno de anclaje se ocupa para construir la base pivote de concreto?

- a)  $\frac{3}{4}$  x 15"                                      b) 5/8 x 15"                                      c) 7/8 x 18"                                      d) 15/16 x 18"

3.- ¿Qué parte se ensambla primero?

- a) Tren de transmisión      b) Base pivote      c) Torre de pivote      d) Rociadores

4.- Para levantar la torre pivote, ¿con que se realiza?

- a) Personal                                      b) Camión grúa                                      c) Tractor con remolque                                      d) Camión de carga

5.- ¿En qué posición se instala el voladizo o base del cañón viajero?

- a) Al inicio                                      b) intermedio de la instalación                                      c) Al final                                      d) Antes de terminar

6.- ¿Cómo unimos los tramos bridados de una armadura en una lateral del pivote central?

- a) Con tensores      b) Llave inglesa de impacto      c) tornillos galvanizados      d) Gancho galvanizado

7.- ¿Qué se realiza al iniciar la instalación de un lateral pivote?

- a) Excavación de la alimentación de la línea                                      b) Ubicación de la mejor opción del pivote  
c) Descarga del material a utilizar                                      d) Ensamble de la base pivote

8.- ¿Qué tipo de energía eléctrica necesita el tablero de control para el correcto funcionamiento?

- a) 220 kva                                      b) 440 kva                                      c) Ambas                                      d) Ninguna

9.- ¿Con que herramienta manual se tensan las varillas de las articulaciones triangulares y diagonales de la armadura del pivote?

- a) Llave alíen      b) Llave perica      c) Pinzas de presión      d) Llave dado o matraca.

**10.- ¿Cuánto personal se necesita para ensamblar un pivote central?**

- a) 5 personas      b) 10 personas      c) 15 personas      d) 20 personas

**11.- ¿De qué medida son las armaduras del pivote de la UAAAN?**

- a) 44 m      b) 50 m      c) 55 m      d) 61 m

**12.- ¿Cuál es el tiempo de ensamblado de una armadura incluyendo el tren de transmisión?**

- a) 3 horas      b) 5 horas      c) 10 horas      d) 24 horas

**13.-Relaciona la imagen de las siguientes herramientas con su nombre técnico industrial**

a)



b)



c)



d)



Llave stilson \_\_\_\_\_  
mixta \_\_\_\_\_

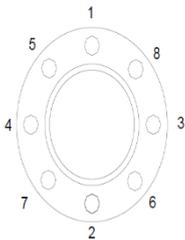
Llave perica \_\_\_\_\_

Llave española \_\_\_\_\_

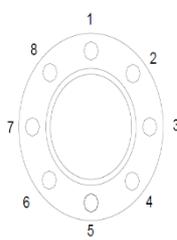
Llave

**14.- Indica y subraya el orden que se debe seguir al apretar los pernos introducidos en los agujeros de la siguiente unión bridada.**

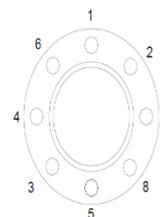
a)



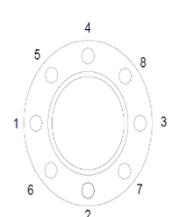
b)



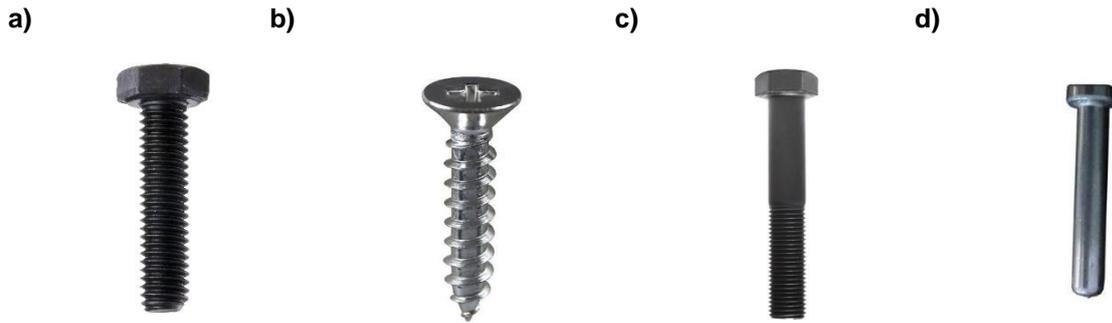
c)



d)



**15.- En los elementos de fijación de una unión estructural atornillada, ¿Cuál de los siguientes pernos es más resistente y distribuye mejor la carga?**



16.- Es el tipo de perno de anclaje empotrado en el concreto de cimentación de la base pivote.

- a) perno de anclaje con cabeza ancha
- b) Perno de anclaje acodado
- c) Varilla de anclaje y cadena
- d) Taquete industrial de expansión

17.- Es la forma geométrica básica de la armadura, es una forma única estructuralmente muy estable y que no se puede cambiar sin que cambie la longitud de sus lados aun cuando las juntas estén articuladas.

- a) Cuadrado
- b) Circulo
- c) Triangulo
- d) Hexágono

18.- ¿Cómo se verifica la condición de apretado sin holgura en las uniones atornilladas de una armadura pivote?

- a) Inspección visual
- b) Largo de espiga
- c) No. De roscas dentro de la tuerca
- d) Tolerancia entre los elementos

19.- ¿Cómo se puede conocer el torque desarrollado por un motor reductor?

- a) Con instrumento
- b) Aplicando formula
- c) Lectura de placa
- d) Preguntando a la fábrica.

Este test fue aplicado a dos tipos de personas, una con experiencia en la instalación de un pivote central y otras sin experiencia, el número de muestreo fue de 20 repeticiones para cada una de las situaciones (con experiencia, sin experiencia), las personas **con experiencia** son recién egresados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Irrigación, los de **sin experiencia** son alumnos que cursan el 7mo semestre de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Irrigación, Este test se

evaluará en el siguiente capítulo con el método de histograma donde se podrán comparar los resultados obtenidos de ambas y así saber si se acepta o se rechaza la hipótesis establecida y tener conclusiones de la investigación efectuada.

### **Prueba para Determinar la Velocidad y Tiempo de Giro de Pivote Central**

Para el cálculo de velocidad se programó el timer que se encuentra en el tablero de control del pivote central, a un cierto porcentaje de velocidad (en este caso se programó a 100, 90, 70, 50, 30, y 10), y a diferentes ciclos (5, 6, 8 y 10) sabiendo que cada ciclo consta de 1 minuto, se coloca una estaca al iniciar con un porcentaje del tablero y se empieza a tomar los ciclos con un cronómetro, al momento de completar los ciclos se para el tiempo y se coloca la segunda estaca en donde quedo el ciclo terminado, se tomó una cinta y se midió la distancia recorrida, se repitió este procedimiento para diferentes programaciones del timer y a diferentes ciclos.

#### **Ecuación**

$$\text{Velocidad} = (\text{Distancia} / \text{tiempo}) = (\text{m/s})$$

$$\text{Tiempo de giro} = (\text{Pi} \cdot \text{Log}) / (60 \cdot (\text{vel.})) = \text{horas}$$

## **Métodos Estadísticos para Evaluación de Resultados**

Los métodos estadísticos para evaluar la investigación fueron seleccionados con la finalidad de obtener resultados y poder compararlos con las hipótesis establecidas previo a la investigación y así poder llegar a un resultado y una conclusión de la misma, esos métodos utilizados fueron los siguientes:

- Seis sigmas
- Análisis de frecuencia
- Histograma

### **Seis sigma**

El seis sigma es una estrategia de mejora continua donde se busca identificar las causas de los errores, defectos y retrasos de los diferentes procesos enfocándose en los aspectos críticos que se basa en métodos estadísticos rigurosos que emplean herramientas de calidad y análisis matemático ya sea para diseñar un producto o mejorar los existentes.

Matemáticamente se escribe con la siguiente ecuación:

$$Y = f(x)$$

Se expresa como Y en función de X; donde Y es una variable dependiente de salida y X variables independientes de entradas o del proceso que representa la causa o problemas que hay que mejorar.

Los pasos son los siguientes:

Definir: Seleccionar los criterios de calidad, problemas, variables.

Medir: Variables confiabilidad de las observaciones

Analizar: Fuerzas y debilidades.

Mejorar: Nuevos planes y programas de mejoramiento

Controlar: Dar seguimiento al plan de mejora para el beneficio del proyecto.

Definir: Apretado de la tornillería en las piezas, defecto de manufactura en las piezas (agujeros roscados), capacidad de respuesta de los entrevistados y pruebas de rendimiento del pivote central.

Medir: El apretado de los tornillos se verificó con una llave de torque y también contando el número de roscas dentro de la tuerca, los defecto de manufactura fue por inspección visual y por la dificultad en la colocación de los pernos, la capacidad de respuesta de los entrevistados por medio de un test y las pruebas de rendimiento se midieron en campo, velocidad de avance la máquina, torque y respuestas de los mecanismos a la funciones programadas en el tablero.

Analizar: Se compara los resultados (encontrados en el test, análisis de frecuencia, histogramas, pruebas de rendimiento y medición de torque) encontrados con lo establecido en los reglamentos y manuales de procedimientos para revisar las tolerancias establecidas en la norma y especificaciones de los expertos.

Mejorar: Para mejorar las deficiencias o defectos encontrados se pueden diseñar planes de capacitación para los trabajadores menos diestros y programa de mantenimiento del pivote central al fin de elevar sus horas de servicio.

Controlar: Supervisar el seguimiento de los planes implementados en el futuro para una mejora continua.

## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Utilidad del Pivote Central en la UAAAN

El área donde se estableció el pivote tiene ventajas y desventajas, las ventajas son: distancia más cortas a los suministros de agua y energía, acceso rápido y exclusivo a los estudiantes a un área demostrativa de alta tecnología, localización estratégica del punto pivote a la vista de los operarios y cercana a las oficinas administrativas con un fin de divulgar y promover los avances de la tecnología del riego mecanizado, se fortalece el perfil curricular de los estudiantes de irrigación, maquinaria agrícola y de otras carrera de agronomía, las desventaja fue que parte del polígono, no alcanza a cubrir con el pivote central, el suministro de agua en el campo administrativo es insuficiente para abastecer el pivote.

En la construcción de la base de concreto, la vibración debido al vertido del concreto dentro de la cimbra de cimentación ocasionó un desfase en la posición de los pernos, para corregir este problema, Adem y colaboradores (2015) recomiendan que los pernos del anclaje, deben ser fijados a la platilla de las columnas reforzándolos con una varilla. Después de hacer esto, el área del anclaje por encima de la base debe protegerse para que el colado del concreto no dañe las roscas y que las tuercas ajusten bien durante el ensamble del punto pivote.

**Tabla 9. Verificación de la posición de los pernos de anclaje en la base pivote**

<b>Pernos</b>	<b>Distancia solicitada (cm)</b>	<b>Distancia medida (cm)</b>
1-2	290	291
2-3	290	290
3-4	290	290
4-1	290	289.5

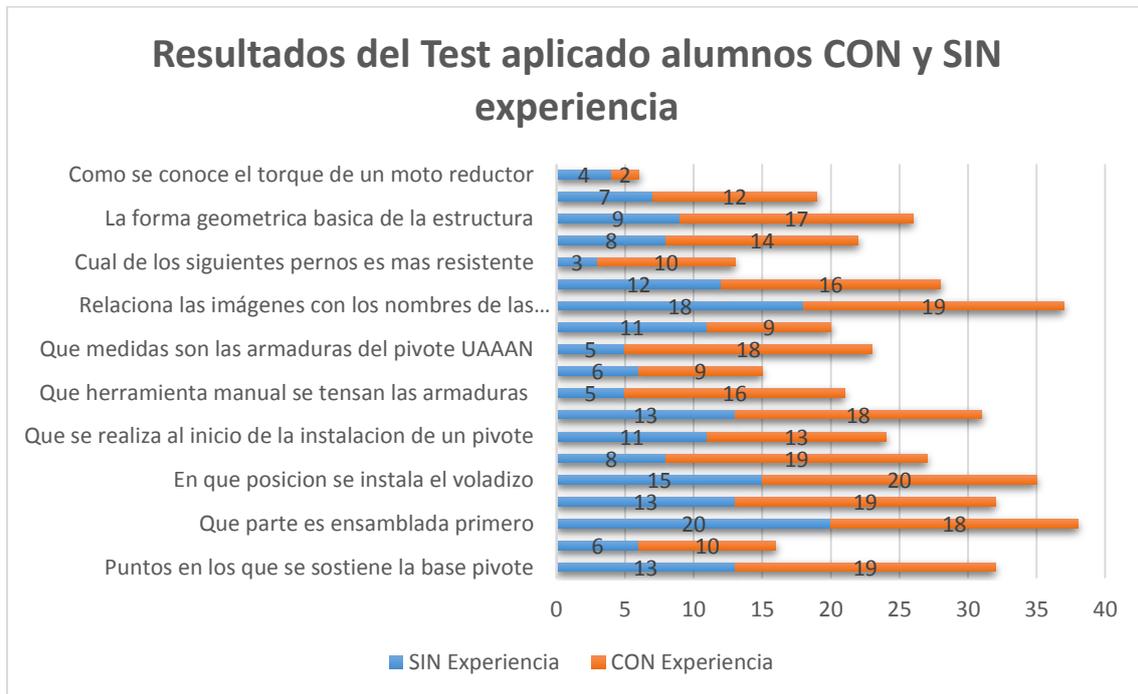
Esta tabla muestra la torsión que se debe tener para cada medida de perno en las diferentes estructuras ensambladas en el pivote central, ya que las medidas del torque son estándar universales establecidas mediante pruebas hechas por sociedades de ingenieros.

**Tabla 10. Fuerza de torsión o torque aplicado en los tornillos para un apropiado ensamble estructural.**

<b>Componente estructural</b>	<b>Medida de perno (mm)</b>	<b>Resistencia (grados)</b>	<b>Torque estándar (lb/pie)</b>
Punto Pivote	12 x 40	Grado 5	51 – 68
Llantas del tren	20 x 50	Grado 5	180 – 240
Codo del punto pivote	12 x 50	Grado 5	51 – 68
Gato de las armaduras	16 x 40	Grado 5	101 – 135
Caja de control	10 x 30	Grado 5	24 – 31
Torres de transmisión	16 x 40	Grado 5	101 – 135
Tubo voladizo	12 x 30	Grado 5	51 – 68

En la tabla anterior se muestra la medida de todos los tornillos utilizados en cada sección del ensamble del pivote central, el tipo de materia (en este caso es grado 5) y el torque que se tiene que implementar a cada perno (torque universal hecho por asociaciones de ingenieros).

## Resultados de los Gráficos del Test Aplicado a los Estudiantes con y sin Experiencia de la UAAAN.



**Figura 28. Gráfica de los datos obtenidos del test.**

Se realizó un análisis estadístico de la prueba t Student aplicada a 1 % de margen de error para dos colas (0.005), lo cual se obtuvo el valor de prueba de t Student de = 0.00011993, para validar la confianza del modelo encontró una “t calculada” es de  $t_c = 4.31$  y el valor encontrado de “t de tabla” es de = 2.99, como  $t_c$  fue mayor que t de tabla, lo que se infiere en el resultado es altamente significativo y se rechaza  $H_0$ , la correlación entre matrices resultó ser no satisfactoria.

Ya que:

Si  $T_c \leq T$  de tabla se acepta  $H_0$

Si  $T_c > T$  de tabla se rechaza  $H_0$

El patrón de color oscuro muestra los resultados de personas sin experiencia y los del patrón de color gris muestra los resultados de personas con experiencia y al lado izquierdo de la Figura 1 se muestran un segmento de las preguntas del test de investigación donde se muestran la capacidad de respuesta de los entrevistados representada por la longitud de cada barra en el histograma.

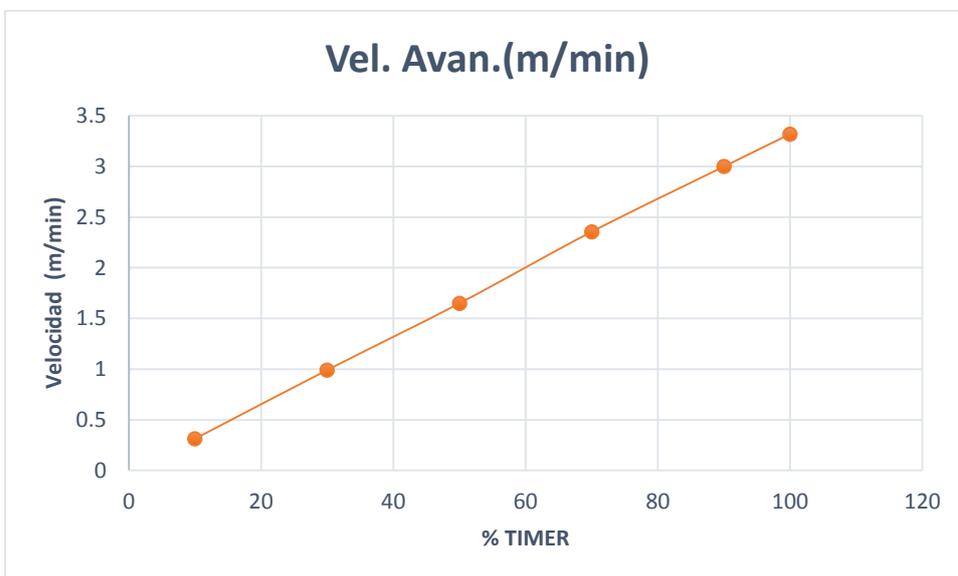
El ensayo estadístico de hipótesis rechaza  $H_0$  ya que el resultado de  $T_c$  fue mayor que  $t$  de tabla, lo permite inferir que los egresados con experiencia (como se muestra en la gráfica anterior) son los que tuvieron mayor número de reactivos correctos esto debido a que ya contaban con la experiencia en instalación y además participaron en la instalación del pivote central cuando ellos eran estudiantes, por otra parte podemos deducir y analizar que los alumnos sin experiencia se acercaron en algunas respuestas, sobre todo en preguntas como el tipo de energía requerida para el pivote central y en la relación de las herramientas con su nombre adecuado, en esas preguntas fueron de las que tuvieron mayor acierto lo que nos indica que tiene mucha lógica para poder relacionar la pregunta con la respuesta a pesar de no tener la capacitación para la instalación ya que algunas preguntas se relacionan con el manejo y conocimiento de herramientas, ensamble de la armadura y de seleccionar bien al personal de instalación.

Para la mejora de los resultados se pueden implementar cursos de capacitación, talleres y seminario donde los estudiantes de la universidad puedan poner en práctica y aprender sobre la instalación y conocer todos los tipos de herramientas necesarias para la instalación, también se recomienda extender cursos cortos para los operarios en puntos importantes para el mantenimiento del sistema y darle correctamente la inspección en el apretado de tornillos, aislamiento de los cables eléctricos, presión de inflado de las llantas, nivel de aceite en las cajas de engranes y la limpieza de las boquillas y asegurar las abrazaderas de los bajantes. También se recomienda la alineación de las torres y el sistema de paro automático y supervisar la estructura de orejas de conejo que sostiene el voladizo para su ajuste adecuado, los señalamientos de precaución para los visitantes y estudiantes mantenerlos a la vista y en buen estado.

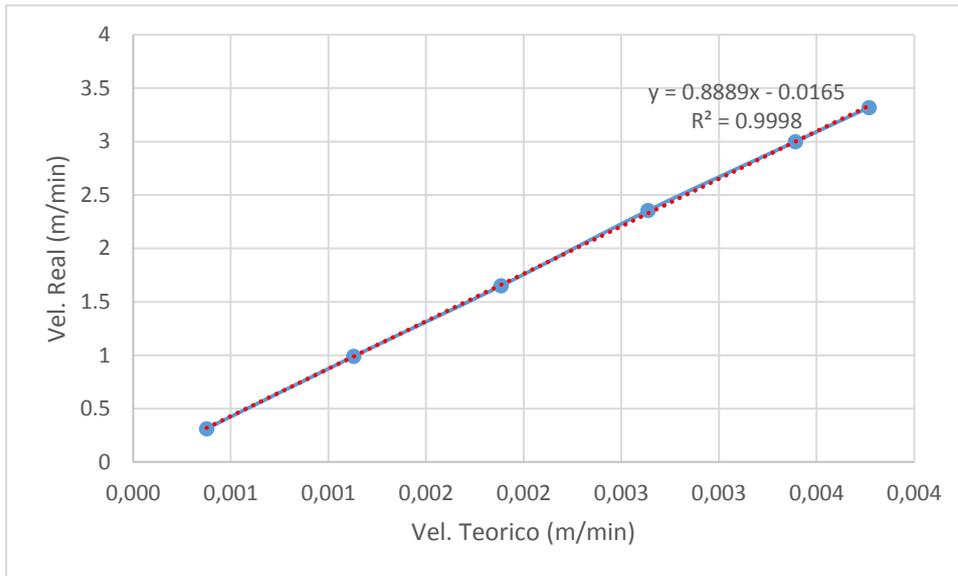
**Tabla 11. Calculo de la Velocidad y Tiempo de giro del Pivote Central**

% Timer	Dist. Avanz.(m)	Ciclos	Tiempo (min)	Vel. Avan.(m/min)	Tiempo de giro (horas)
100	16.6	5	5	3.32	1.73481522
90	15	5	5	3	1.919862177
70	11.78	5	5	2.356	2.444646236
50	9.9	6	6	1.65	3.490658504
30	7.93	8	8	0.99125	5.810427775
10	3.13	10	10	0.313	18.40123493

En la tabla anterior se observa la velocidad medida en campo a diferentes porcentajes del timer en el tablero de control, a diferentes ciclos y a diferentes tiempos, donde con los resultados obtenidos, se logró calcular el tiempo de giro (horas) que tardaría media vuelta (180 grados) el pivote central de la UAAAN, que tiene como diámetro 110 m de longitud. (De la base pivote hasta el último tren de trasmisión).



**Figura 29. Gráfica de velocidad de avance del pivote central**



**Figura 30. Ecuación calibrada para el cálculo de la velocidad de avance en la última torre**

### Calculo de la Velocidad de Avance para la Ultima Torre

Al 100% en el timer, las llantas dan una rodada completa en un minuto, el tren de transmisión avanza a su velocidad máxima. A un 50% en el timer, el tren de transmisión avanzo durante 30 segundos y se detiene durante otros 30 segundos. La velocidad teórica (x) de recorrido está gobernada por el diámetro de la rueda ( $\varnothing = 1.2$  m) y duración del ciclo programado (% Timer) en el tablero de control, la cual esta se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad Teórica, X en m/min} = \pi * \varnothing_{\text{rueda}} * (\% \text{ Timer})$$

Los datos teóricos fueron correlacionados con los datos (Y) observados en campo encontrando un ajuste lineal altamente significativo ( $r^2 = 0.9998$ ) con una pendiente en la regresión igual a 0.8889 esta tendencia se puede apreciar en la Figura 30. En base a este resultado indica que la velocidad teórica multiplicada por la pendiente de regresión obtenemos la velocidad real del tren de trasmisión.

$$\text{Velocidad Real, Y en m/min} = \pi * \varnothing_{\text{rueda}} * (\% \text{ Timer}) * (0.8889)$$

El coeficiente de ajuste (pendiente de la regresión) es influido en campo por la eficiencia electromecánica del motor reductor, presión de aire en las llantas y condición físicas del terreno.

## Análisis de la Velocidad de Avance en Función del Tiempo

En la gráfica anterior se puede observar que conforme el porcentaje del timer del tablero de control va en aumento, la velocidad aumenta con él de forma lineal y proporcional, como se muestra en la gráfica anterior ya que la velocidad que representa al 10 % del timer marca una velocidad de 0.313 m/min, pero al llegar a su máxima capacidad (100%) timer tiene un valor de 3.32 m/min ya que nunca podrá superar esa velocidad debido a que ya no tiene mayor capacidad, se observa que cuando el timer marca 30 % ,60% y 90% el tiempo de velocidad marca 1, 2 y 3 metro/minuto, ya que esto se debe a que va en proporcionalidad el % timer contra la tiempo de forma gradual.



**Figura 31. Gráfica del tiempo de giro completo del pivote central**

## Análisis del Tiempo de Giro del Pivote Central

En la gráfica anterior, podemos observar que al variar el porcentaje del timer en el tablero de control del pivote varía en forma inversa el tiempo (horas) que tardaría en recorrer completamente un medio círculo (180°) el pivote central de 110 metro de longitud (desde la base del pivote hasta la último tren de transmisión) que se encuentra en la UAAAN. Se puede analizar que cuando el timer está en 10% el tiempo es muy alto (18 hrs) pero cuando el timer está a 30% la tendencia del tiempo cae prolongadamente hasta 6 hora, pero cuando está al 50% la

tendencia disminuye poco acercándose a 4 hora por recorrido y así continua reduciéndose el tiempo observado al 100% (velocidad máxima) un tiempo de 1.7 horas en el recorrido, esto indica que al inicio la velocidad es muy lenta y conforme se aumenta el porcentaje del timer se disminuye el tiempo al medio giro y aunque la velocidad de avance cambie.

En algunas ocasiones cuando el pivote central se arrancaba por primera vez, las bajantes de algunos rociadores se botaron especialmente cuando la última torre pasaba por la parte más baja del terreno, días después se encontró un rotor quebrado.

**Tabla 12. Láminas de riego (mm) aplicadas por el pivote central WR800 Rc (116 m) a diferentes velocidades de avance de la última torre.**

% Timer	10%	30%	50%	70%	90%
Vel. Avance (m/min)	0.313	0.991	1.65	2.35	3
Tiempo medio giro (hrs)	18.4	5.81	3.49	2.44	1.91
2 lps	6.27	1.98	1.19	0.83	0.65
3 lps	9.4	2.97	1.78	1.25	0.98
4 lps	12.54	3.96	2.38	1.66	1.3
5 lps	15.67	4.95	2.97	2.08	1.63

Observamos las láminas de riego (mm) que aplica el pivote central WR800 a diferentes velocidades de avance, ya que a mayor velocidad de avance menor lámina de riego aplicada y viceversa a menor lamina mayor tiempo de avance. Ya que para el estado de Coahuila se utiliza (saltillo) un porciento de velocidad de entre 10 a 20 % de timer ya que la evapotranspiración aproximada es de 8 mm/día por consecuencia se ocupa una lámina pesada para cultivos de la región.

## V.CONCLUSION

Se concluye que el test aplicado a los alumnos sin experiencia y a los egresados con experiencia se encontró una diferencia significativa comprobado estadísticamente por el rechazo de la hipótesis establecida, debido a que la experiencia previa es un factor importante en el manejo de herramientas como el ensamblado de partes del pivote central y repercute en la calidad de una instalación.

En el análisis de algunas preguntas acertadas por los alumnos sin experiencia, indica que si cuentan con logística para relacionar en algunas preguntas como la selección de herramientas con su nombre, para mejorar su capacidad de respuesta e instalación, es recomendable implementar cursos de capacitación, talleres y seminario donde los estudiantes de la universidad puedan poner en práctica y aprender sobre la instalación y conocer todos los tipos de herramientas necesarias para la instalación y el orden en que se ensamblan las piezas con el fin de llevar al éxito un ensamble completo de un pivote central.

En las variables de rendimiento, velocidad de avance es directamente proporcional y de tendencia línea al porcentaje del timer, ya que a mayor porcentaje programado en el timer mayor es velocidad de avance en la última torre, al 100% el tren de potencia desarrolla su velocidad máxima (3.32 m/min) se deduce que las conexiones eléctricas fueron las correctas al momento de su instalación, pero es recomendable la revisión y mantenimiento continuo para evitar alguna falla y que ésta pueda ocasionar algún problema o accidente ya que es una de las funciones principales del mecanismo del tren de transmisión del pivote central.

En el tiempo de medio giro en el avance del pivote central ( $180^\circ$ ) es función inversa de la velocidad, por ejemplo ya que conforme aumenta la velocidad de la maquina se reduce el tiempo del medio giro y viceversa, a medida que reduces la velocidad aumenta el tiempo del medio giro, a un 30% ( $v = 0.99$  m/min,  $T = 5.81$ hr) alcanzando las condiciones de funcionamiento establecidas por el manual de Wade Rain. Para otros % Timer la velocidad de la última torre se puede predecir con la siguiente ecuación encontrada en este estudio.

Velocidad Real, Y en m/min =  $\pi * (\text{rueda en m}) * (\% \text{ Timer}) * (0.8889)$

Uno de los principales factores importantes para el ensamble de un lateral pivote es la medición de torque de los pernos utilizados en las armaduras, la cual se tiene un torque estándar (especificado de 24, 51, 101 y 180 lb/pie para los pernos de 10, 12, 16 y 20 mm respectivamente) para todos los tamaños de pernos y tuercas que se utilizan en el pivote central.

La instalación del punto pivote, es una tarea de ensamble que depende de la exactitud de los dibujos de ingeniería y la precisión de la manufactura de las partes de fierro galvanizado. Las piezas recibidas en campo llegaron en perfectas condiciones y son de excelente manufactura, los dibujos para guiar el ensamble son todos muy descriptivos y coinciden en forma exactamente con el manual de instalación del equipo según el proveedor.

Los pernos de la base del pivote empotrados en el concreto de la cimentación se deben fijar durante el colado, para prevenir algún desfase en su posición ya que cualquier descuadre durante el fraguado luego dificulta la instalación de las patas del pivote. El número de tornillos en todas las uniones estructurales cumple con las normas de instalación para el agarre estructural en forma de gato.

Los tornillos de alta resistencia Grado 5 en tamaño M10, M12, M16, M18 y M20, se colocaron en la obra rectificando previamente los agujeros de los perfiles angulares, y en los ensambles se debe limpiar la superficie en contacto para que la transmisión de esfuerzo se realice uniforme.

La alineación de las torres es muy importante ya que si estas no se colocan en forma lineal, una de la otra puede provocar una ruptura del armazón sobre todo cuando la barra del mecanismo de control falle, y evitar que choque en algunos postes de energía o que se salga la torre intermedia del área cultivada al momento de un mal desfase de movimiento, se recomienda la supervisión continua de la barra de mecanismo de control para evitar alguna falla o accidente en la operación del pivote central.

En el método seis sigmas se aplicó para evaluar la calidad del ensamble las variables de calidad que se definieron, la capacidad de respuesta de los

irrigadores con y sin experiencia en la instalación, el torque de los tornillos, aciertos en la selección de herramientas y equipo adecuado, velocidad del tren de transmisión, el tiempo de giro, las cuales se midieron utilizando en las personas por medio de un test y utilizando una llave de torque, cinta y reloj utilizando otros instrumentos en las pruebas de rendimiento de la máquina, las observaciones recabadas se analizaron estadísticamente para aceptar-rechazar las hipótesis los resultados obtenidos permitieron deducir planes para mejorar la calidad y dar seguimiento a la mejora continua.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Calderón Salazar Arturo 2012. Metodología para DFA. Tecnología de Mano factura Avanzada. CIATEQ. <https://tecnologiasmanufacturaavanzada.wikispaces.com/file/view/DFA+-+Arturo+Calderon.pdf>
- Flores Hernández Diego A., 2012. Diseño y construcción de dispositivos mecánicos y mecatronicos. <http://d-flores.wdfiles.com/local--files/mecatronica-viii/DFMA-2012.pdf>
- Adecco 2015. Como superar con éxito un test de competencias laborales. <http://trabajo.practicopedia.lainformacion.com/busqueda-de-trabajo/como-superar-con-exito-un-test-de-competencias-laborales-22652>
- Zúñiga Luis E., 2003. Metodología para la elaboración de normas de competencia laboral. Servicio nacional de aprendizaje (SENA). Colombia 28-30 pp, [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/articles-277164\\_sena.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/articles-277164_sena.pdf)
- Prusi Timo, Heikkila, Jani Uusitalo and Reijo Tuokko, 2006. Test enviroment for high performance precisión assemble-performant and Preliminaring test. Tampere University y Technology, Institute y Production Enginerring, Robotics and Dutomation Laboratiors, P.O. Box 589, Fin-33101 Tampere, Finland. 94 p
- APA Services 2016. Aviation Personal and Enginiering Solutions 4150 inter time plaza, Tower 1, Suite 510, Fort Wort Texas, USA. Tx 76109.
- Perform Precision assembly., 2005. Eeducation Graploynet y aplace. MEM03002B- Perform precisión assembly, Training A Joint Initiative y the Australian and state and terming <https://training.guv.au/trainig/>
- Legal Information Institute ,\_\_\_\_.3280.401 Structurarse Open Acces to Law sing 1992, load tests. The Code y Federal Regulations; Corner Law School. Ithaca, New York usa. [https://www.law.cornell.edw/lii/who\\_we\\_are](https://www.law.cornell.edw/lii/who_we_are)
- Raythoon Polar Services Company, 2001. Structure Steel high\_strength Bolt installation and inspection procedures. Document · EN-MPS-705.

- Reza Ashory Mohammad, 1999. Higt quality modal testing methods. Departament y Mechanical Engineering. Inpercial Collage y Sciencie Tecnology and Modicine. Thesis for the degice of Doctor y Philosophy. London, 2BX Sopp. University y London.
- Association y Consulting Engineers, 2012. Steelworks supervisión guide, institute y Engineers, Singapore. Singapure Structuren Steel Society.
- Sociedad Minera Cerro verde, Proyección e ingeniería, Manual de gestión de proyectos, Aseguramiento de calidad. Indice de control de calidad.
- Garcia Llerma Ricardo 2013, Diseño Compartimiento de uniones estructurales mecánicas y adhesivas. Condicion superficial de operación y adhesivas 02.upm.es/22230 Dpto. de ingeniería y ciencias naturales. Escuela técnica de ingeniería industrial de Madrid. Madrid España.
- Honeywell Sensing y Control 2016 sensor for test and measuremert, sensor for test.
- Shay Burrows, 2016. Guidelines for The Intallations, Inspection, Mamtenance and Repair of structural supports for Highway Sing, Luminaries, and Traffic signal. Us Departament of Trasparations Federal's Administrations. Bridger y Structures. www.fhwa.dotigor/BRIDGER/sing/inspection.
- Fuller Moore, 2000. Comprension de las estructuras en arquitectura. McGraw Hill Comparies. Cedro No. 51, Colonia Atlampa; Delegación Cuauhtémoc, 06450 México DF.
- Montoya Gabriel, 2016, Ditbutec. Dibujo y Tecnología. Las estructuras. Ditbutec.es.tl/LAI-ESTRUCTURAS.htm
- Garcia Martin Miguel Angel, 2000. Edificacion agroindustrial. Estructuras Metalicas. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Universidad Politecnica de Madrid. Artes grafica Cuesta S.A. Sesaria 13 – 28024 Madrid España. 215-218 pp; 450-450.
- Ingemecanica 2016. Tutorial No.33 Medidas Normalidades para tornillos y tuercas. Ingemecanico.com/tutoriales/tornilloshtn.
- 2015 Valmont Industries, Inc., Valley, NE 68064 USA. All rights reserved. www.valleyirrigation.com

- Cristina del Rosario Porras Pérez 2011. Diseño de un Sistema de Riego por Pivote Central. Tesis de la Facultad de ingeniería Civil de la UNAM. México DF.
- Manuel Valiente Gómez Albacete, Junio 2008, Sistemas autopropulsados. El Pivote Frente al Lateral de Avance. Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Wade Rain October 2014. WR800 Center Pivot Dealer`s Manual. Wade Manufacturing. [www.waderain.com](http://www.waderain.com).
- METALFORMING / Agosto 2007. Introducción a Seis Sigma Por Subramaniam Manivannan .h t t p : / / m e x i c o . p m a . o r g . pp 48-53.
- Evaluación Hidráulica de Maquinas de Riego Movibles: Pivote de Riego/ Teresa Zazo Salinero, Josué Ramírez López, Himelda Pinilla Herrero. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion. D.L. 2007.112 p.
- Diseño Para Manufactura y ensamble (DFM/A) 2003. UMSS-Facultad de Ciencias y Tecnología. Ing. Mecánica – Tecnología Mecánica II. PP 26 – 28.
- REINKE Installation y Trouble Shooting Manual. REINKE PRECISION MANAGEMENT. P/N 117742.  
<https://rdss.reinke.com/flipbook/GPS%20CDW%20Manulaa.pdf>
- Zimmatic, Current Center Pivot. Parts Manual. PN 14-3538-0 (ECN27302). LIDSAY MANUFACTURING, LLC P.O. BOX 156. Lindsay Nebraska 68644.  
<https://pivotgearboxes.com/Current%20Center%20Pivot%20RP%20143580%20ECN27302.pdf>
- BANNER. September 2015. DF-G1 Expert Dual Display Fiber Amplifier. Instruction Manual. <https://www.bannerengineering.com>
- Central Plains Irrigation Association. 2012. Departamendo de Estados Unidos de America. <https://www.k.states.edu/irrigate/oow/CPIA.pdf>
- UNAM. 2005. Sistemas de Riego por pivote Central. Mexico DF.  
<https://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/355/A5.pdf>.

- Reinke Manufacturing Company, Inc. Deshler, Nebraska USA. 5325 Reinke Road. Growers. [www.reinke.com](http://www.reinke.com)
- <sup>1</sup> Investigación financiada por la Dirección de Programas de Investigación y Asistencia Técnica (DIAT) de la Universidad de Talca.  
<sup>2</sup> Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Agrícola, Casilla 747. Talca Chile. E-mail: [erodriguez@utalca.cl](mailto:erodriguez@utalca.cl).  
<sup>3</sup> Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Economía Agraria, Casilla 747. Talca Chile. E-mail: [jtronc@pehuenche.utalca.cl](mailto:jtronc@pehuenche.utalca.cl)
- Adem Aydogdu, Ülku S.K., Yunus Dere and Humar Kahramenly, 2015. Fabrication and construction of steel structures in Turkey, Common errors and remedies. Recent advances in Civil and Mining Engineering. Civil Engineering Department, Selcuk University Kampüs, Konya, Turkey. 61-65 pp.
- De Haan Johan. Human error in structural engineering. The design a human reliability assembly method for structural engineering, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering. PoBox 5048, 2628 CN Delft.