

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE  
MÁQUINA PROBADA DE DRONES EN EUREKING SAS DE CV”**

The seal of the University of Sonora is a circular emblem. It features a central shield with a torch, a book, and a sun. Above the shield is an owl. The shield is flanked by two olive branches. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the text 'UNIVERSIDAD DE SONORA' and the year '1942' at the bottom.

**MEMORIA  
DE PRÁCTICAS PROFESIONALES**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

Presenta:

**ANA KORÍN QUIÑONES SOSA**

**Hermosillo, Sonora**

**Febrero de 2020**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Hermosillo, Sonora, a 4 de Febrero del 20 20

Dr. Agustín Brou Ávila  
Coord. del Programa de Ingeniería Ind y de Sistemas

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen profesional del alumno Ana Korin Quirones Sosa con expediente No. 214201971 el cual será el día 17 de febrero en el aula Ignacio Fonseca Chon a las 5:00 pm.

RELACION DE JURADOS:

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE <u>Jesús Horacio Pacheco Ramirez</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO <u>CONSUELO MORA CASTELLANOS</u>	<u>CONSUELO MORA CASTELLANOS</u>
VOCAL: <u>Elsy Guadalupe Parada Ruiz</u>	<u>[Firma]</u>
SUPLENTE: _____	_____

ATENTAMENTE

MIEMBROS DEL JURADO

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación por prácticas profesionales fue desarrollado en la empresa EUREKING SAS de CV. La finalidad del proyecto fue disminuir las discrepancias en los ensambles de su producto denominado FTT GYRO, el cual es una máquina para probar distintos parámetros de drones. La empresa busca estandarizar el proceso de ensamble de su tecnología y a la vez identificar las causas que originan algunas no conformidades.

Después de un análisis del proceso, se propuso la implementación de diagramas de operación de proceso, ayudas visuales y diagramas causa-efecto para detectar las posibles causas de los problemas detectados. La empresa aceptó la implementación de estas técnicas y el presente trabajo muestra parte del trabajo realizado, además de un análisis general de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Por cuestiones de confidencialidad algunos diagramas son bosquejos y la documentación se limita a mostrar partes del desarrollo, sin embargo, se puede apreciar que la metodología basada en ingeniería de sistemas fue aplicada con el debido rigor y bajo la supervisión de expertos de la empresa.

# ÍNDICE GENERAL

Carta de votos aprobatorios	i
Resumen	ii
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos general y específicos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Delimitación del Proyecto	3
<b>CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>4</b>
2.1 Diagramas de operación de proceso	4
2.2 Ayudas visuales para ensamble	5
2.3 Diagramas causa-efecto para inspección	5
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
3.1 Listado de partes para ensamble mecánico	8
3.2 Diagrama general del sistema FTT GYRO	9
3.2.1 Descripción de componentes principales del sistema	10
3.3 Diagramas de operaciones	11
3.4 Ayudas visuales	14
3.5 Diagrama Ishikawa causa-efecto	18
3.5.1 Ejemplo de problemática atendida con diagrama causa-efecto	19
<b>CAPÍTULO 4. RETROALIMENTACIÓN PARA LA EMPRESA</b>	<b>22</b>
4.1 Fortalezas	22

4.2 Oportunidades	22
4.3 Debilidades	23
4.4 Amenazas	24
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS	26
ANEXOS	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

3.1. Representación del diagrama general del sistema FTT GYRO.	9
3.2. Representación de los ángulos Yaw, Pitch y Roll	10
3.3. Diagrama de Operaciones de proceso: ensamble eléctrico.	12
3.4 Diagrama de operaciones de proceso: cuadratura de estructura.	13
3.5 Ayuda visual para inserción de terminal.	15
3.6 Continuación de la Ayuda visual para inserción de terminal.	15
3.7 Ayuda visual de armado de un componente electrónico.	16
3.8 Continuación de ayuda visual de armado de un componente electrónico.	16
3.9 Ayuda Visual del ensamble de base para sujeción de drón.	17
3.10 Continuación del ensamble de base para sujeción de drón.	17
3.11 Diagrama Causa-Efecto para el sistema FTT GYRO.	18
3.12 Pieza no funcional para el ensamble mecánico.	19
3.13 Pieza en correcta alineación generando plano de parte.	20
3.14 Plano de cople.	21
A1. Estructura FTT GYRO ensamblada.	27

## ÍNDICE DE TABLAS

3.1 Listado de piezas y descripción	8
-------------------------------------	---

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Antecedentes**

La ingeniería en sistemas nos ayuda a ordenar paso a paso el desarrollo de los sistemas, desde los simples hasta los mas complejos, en la búsqueda del mecanismo perfecto para aclarar las ideas de cómo llevar al éxito la fabricación de un producto, hasta llegar al mercado potencial (Blanchard et al.,1990).

El presente trabajo se desarrolla sobre el sistema FTT GYRO, un sistema desarrollado por la empresa Eureking S.A.S. DE C.V. Este sistema tiene como propósito de determinar las posiciones de un drón, así como entender la dinámica de vuelo para implementación y desarrollo de leyes de control utilizando varios aspectos ingenieriles para su creación.

FTT GYRO cuenta con un giroscopio 3D para medición en la posición de sus ejes x, y, z, el cual contiene un conjunto de acoplamientos utilizando un diseño de anillos deslizantes, el cual permite el giro libre y otorgando así tres grados de libertad yaw, pitch y roll. Todos los acoplamientos se apoyan a su vez sobre una estructura cuadrangular donde se pueden realizar los movimientos.

Este diseño necesita de la creación de un manual en donde se encuentre la guía de procedimiento para la producción sistematizada del mismo.

## **1.2 Justificación**

La empresa Eureking es de reciente creación y se dedica al desarrollo de sistemas ciber físicos para control, prueba y mantenimiento de drones de alta tecnología. La empresa busca expandirse para añadir un portafolio de proyectos y poder tener una proyección internacional competitiva. Para lograr lo anterior, se requiere cumplir con varios criterios como son el desarrollo una metodología para la resolución de problemas (ciencia aplicada), desarrollo de nuevos productos de innovación tecnológica y llevar un proceso de documentación tanto para los procedimientos como para las fichas técnicas.

En particular su producto con más desarrollo, el FTT GYRO, se encuentra en un nivel de maduración TRL 7 (Olechowski et al., 2015), y requieren sistematizar y documentar el proceso de ensamble para elevar el nivel de maduración y alcanzar un TRL 8. En este sentido, es fundamental para la empresa estandarizar el proceso de fabricación del producto para cumplir tanto con los requerimientos del mercado, como de los niveles de maduración de tecnología.

Es importante destacar que, sin una metodología basada en la ingeniería en sistemas, el proceso se realiza de manera empírica, lo cual indica que no se tiene un control o visualización del proceso, lo cual limita el proceso de mejora continua. Además de lo anterior, es importante considerar que la producción actual del sistema requiere de al menos una semana para ser totalmente ensamblado una vez que las partes se encuentran disponibles, por lo que un retraso en la producción impacta de manera significativa a la empresa.

### **1.3 Objetivos general y específicos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

El objetivo de este proyecto es el desarrollo e implementación de una metodología para la estandarización del proceso de ensamble del sistema FTT GYRO. Como producto de este trabajo se entregará un manual de procedimientos a la empresa.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para lograr el objetivo general es necesario cumplir con los objetivos específicos listados a continuación:

- Analizar el procedimiento actual para el ensamble del sistema.
- Realizar un inventario de materiales y herramientas necesarias para el ensamble.
- Analizar el diseño esquemático del sistema.
- Crear diagrama de operaciones de proceso.
- Generar instrucciones de trabajo con ayudas visuales para ensamble.
- Crear diagrama de causa-efecto para inspección.

- Documentar el proceso.

## **1.4 Delimitación del proyecto**

El proyecto se enfocará en la documentación del proceso de ensamble del sistema FTT GYRO, usando la metodología basada en ingeniería en sistemas, con el fin de estandarizar el proceso de ensamble del sistema.

Debido a las cláusulas de confidencialidad de la empresa, el presente trabajo tiene como limitantes mostrar diagramas completos, listado total y específico de partes, así como componentes de hardware o software con protección de propiedad industrial/intelectual. Por lo cual se utilizarán representaciones libres de derecho de autor que fueron aprobadas por la empresa para su publicación.

## **CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Gutiérrez y Herrera, (2013), hablan del diseño mecánico de un prototipo de orientación utilizando giroscopios de control de momento, señalando la importancia de establecer una metodología para el ensamble del sistema en la búsqueda de resolver problemas de fabricación de una forma eficiente. Wang et al. (2018) mencionan que además del desempeño funcional, existen características importantes de confiabilidad que deben considerarse para lograr avanzar en los niveles de TRL, una de estas características consiste en la estandarización del proceso de fabricación de la tecnología. Los autores Awar y Shanshal (2017), utilizan la metodología Kaizen para mejorar el entendimiento del desarrollo de un sistema, reduciendo la cantidad y el impacto de no conformidades.

Para el desarrollo del presente trabajo, se requieren los fundamentos de ingeniería de sistemas referentes a diagramas de procesos, ayudas visuales y diagramas causa-efecto. A continuación, se realiza una síntesis de estos temas con la finalidad de tener una base referencial para entender los conceptos.

### **2.1 Diagramas de operación de proceso.**

Los diagramas de operación son indispensables para analizar el proceso. Son una herramienta útil para descripción del proceso pues muestran la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en la manufactura o ensamble, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado (Carlos y Acero, 2016).

En estos diagramas se utilizan cuatro símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: 1) un pequeño círculo representa una operación, 2) un pequeño cuadrado con un círculo representa una operación combinada, 3) un triángulo invertido representa una inspección y 4) una media luna representa una demora.

Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la

parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar. Algunos analistas prefieren describir sólo las operaciones, por lo que al resultado le llaman gráfica de la descripción del proceso.

## **2.2 Ayudas visuales para ensamble**

La gestión visual es una herramienta utilizada en Lean Manufacturing que ayuda en la estandarización de procesos y políticas mediante distintos medios de comunicación atractivos a la vista y simples de entender (Quesada-Pineda et al., 2018). Las ayudas visuales son la mejor manera de homologar actividades y mantener enterados a todos los involucrados de los avances, así como las actualizaciones que existan. La clave está en saber comunicar la información en pocas palabras y hacer anuncios llamativos y fáciles de entender, con el objetivo de disminuir ambigüedades.

Las instrucciones de manufactura con ayuda visual son requeridas cuando el proceso es poco claro y altamente manual (fuera de la automatización), o cuando el operador no está del todo capacitado para realizar el trabajo. Es importante utilizar imágenes, tablas, figuras, bosquejos, planos y cualquier complemento que refuerce el entendimiento del proceso (Tekin y Kapan, 2016).

## **2.3 Diagramas causa-efecto para inspección**

Los diagramas causa-efecto son un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que posiblemente contribuyen a que exista (Wong, et al., 2016). Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso; es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas, el proceso, y las salidas de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación para el subsistema de control. La literatura confirma que esta herramienta tiene la capacidad de encontrar las causas raíz con diversos grados de precisión y calidad. Algunas de las características importantes de las herramientas de análisis de causa raíz incluyen la capacidad de encontrar causas indirectas, interdependencias causales, relaciones de factores y categorías de

causas. También promueven el enfoque, estimulan la discusión, son legibles cuando están completas y tienen mecanismos para evaluar la integridad de los hallazgos del grupo (Álvarez, 2016).

La importancia de los diagramas causa-efecto en este trabajo radica en el hecho de que algunos elementos estructurales y de ensamble muestran defectos al momento de ser instalados, por lo que se requiere adicionar a la metodología de ensamble, una herramienta ágil para detectar errores derivados de manufactura y poderlos diferenciar de errores humanos derivados del ensamble.

## **CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

Antes de entrar formalmente a Eureka S.A.S DE CV, se recibieron varias indicaciones acerca de este proyecto, entre otras, la relevancia del mismo y el hecho de que, al ser un sistema muy especializado, las fallas en ensamble o las partes con defectos, afectan significativamente a la empresa. Por lo anterior, conocer el proceso de creación de nuevos productos es de vital importancia. Debido a que son proyectos de nueva creación, trabajar de la manera correcta con los métodos de seguridad e higiene por lo que se ofreció una capacitación a todos los practicantes, donde se señaló la fragilidad de los materiales y los cuidados especiales a considerar con las piezas de los prototipos a ensamblar.

Para comenzar a trabajar se asignó al asesor del proyecto y se realizó una junta en donde se dio una inducción sobre la empresa, los productos que se manufacturan en la misma y la metodología actual de trabajo, para conocer más a fondo la justificación de su proyecto.

Con esto se llega a la parte en donde es necesario implementar sistemas de control para un mejor manejo de materiales ya que no se tiene una documentación adecuada. Además, se requiere establecer métodos alternativos en ensambles de prototipos de diferentes tamaños (varía según su modelo), los cuales contengan ayudas visuales para que no solamente los que conocen el proceso puedan ensamblar, sino que otras personas conozcan un poco la manera en la que debe realizarse el proceso. Un punto crítico en el ensamble es que se producen menos de dos productos por mes, por lo que, al terminar el ensamble y pruebas de uno, se requiere del conocimiento empírico del personal para comenzar con el ensamble de otro producto, lo cual complica el proceso.

Cada documentación es confidencial por lo que el asesor del proyecto en la empresa indicó que la información enviada para el desarrollo del proyecto se manejara con total discreción.

### 3.1 Listado de partes para ensamble mecánico

Una de las primeras actividades realizadas fue el ordenar las piezas y nombrar los componentes de uno de los modelos de FTTGYRO para entender mejor tanto los diagramas como la funcionalidad de las piezas. La segunda finalidad es conocer el stock de piezas principales. La tabla 3.1 muestra la numeración de las piezas principales y una breve descripción de las mismas.

Tabla 3.1 Listado de piezas y descripción

No. de Pieza	Descripción
1	Base. La parte inferior del sistema que sostiene a la estructura. Es de aleación de aluminio para darle mayor fortaleza a la estructura y a la vez mantener.
2	Marco giratorio. Estructura de fibra de carbono que sostiene los elementos de actuación y medición.
3	Ángulo Roll actuado. Motor de corriente directa que ejerce movimiento angular.
4	Ángulo Roll medido. Sensor de posición angular.
5	Conexión del motor eléctrico. Conector rápido de conjunto de cables.
6	Slip ring para Roll. Adaptador fijo que facilita la conexión entre el motor y la base.
7	Segundo marco giratorio. Estructura de fibra de carbono que sostiene los elementos de actuación y medición.
8	Ángulo Pitch actuado. Motor de corriente directa que ejerce movimiento angular.
9	Ángulo Pitch medido. Sensor de posición angular.
10	Slip ring para Pitch. Adaptador fijo que facilita la conexión entre el motor y la base.
11	Conexión del motor eléctrico. Conector rápido de conjunto de cables.
12	Placa de montaje. Permite la fijación del dron
13	Ángulo Yaw actuado. Motor de corriente directa que ejerce movimiento angular.
14	Ángulo Yaw medido. Sensor de posición angular.
15	Slip ring para Yaw. Adaptador fijo que facilita la conexión entre el motor y la placa de montaje.
16	Conexión del motor eléctrico. Conector rápido de conjunto de cables.
17	Dron. Elemento a inspeccionar.
18	Junta de revolución. Mecanismo que sostiene a los marcos giratorios

Las partes estructurales se solicitan a proveedores nacionales ubicados en Guadalajara, Jalisco. Los componentes electromecánicos (sensores y actuadores) se importan de Japón. Las tarjetas electrónicas son importadas de china y los componentes se fijan manualmente en Hermosillo. Estas últimas no se muestran en la tabla.

Los componentes que se fijan a la parte giratoria son seleccionados tomando en cuenta tamaño y peso ya que estos añaden inercia al sistema y pudieran interferir con los resultados de los experimentos.

### 3.2 Diagrama general del sistema FTT GYRO

La figura 3.1 muestra el diagrama general del FTT GYRO. Las partes enumeradas en el diagrama se describieron previamente en la tabla 3.1. Cabe señalar que el diagrama mostrado no solamente una representación general.

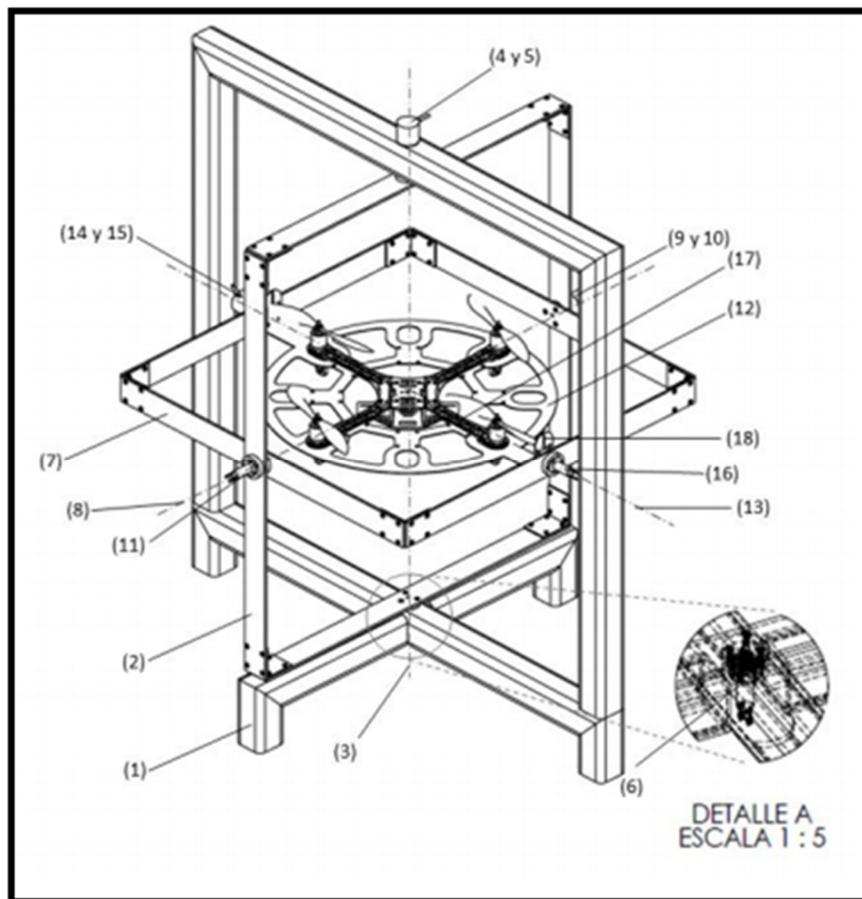


Figura 3.1. Representación del diagrama general del sistema FTT GYRO.

### 3.2.1 Descripción de componentes principales del sistema

Los encoders absolutos magnéticos (sensores de ángulo) con los que cuenta el equipo FFT GYRO, son los que proporcionan la lectura de valores de posición roll, yaw y pitch, esto debido a que el equipo cuenta con tres grados de libertad. Los ángulos roll, pitch y yaw representan las tres rotaciones sobre los ejes X, Y y Z, respectivamente. Los ángulos de Euler son una representación similar, cambiando los ejes sobre los que se realizan las rotaciones y el orden en que se tienen en cuenta. La figura 3.2 muestra una descripción tridimensional de los ángulos mencionados.

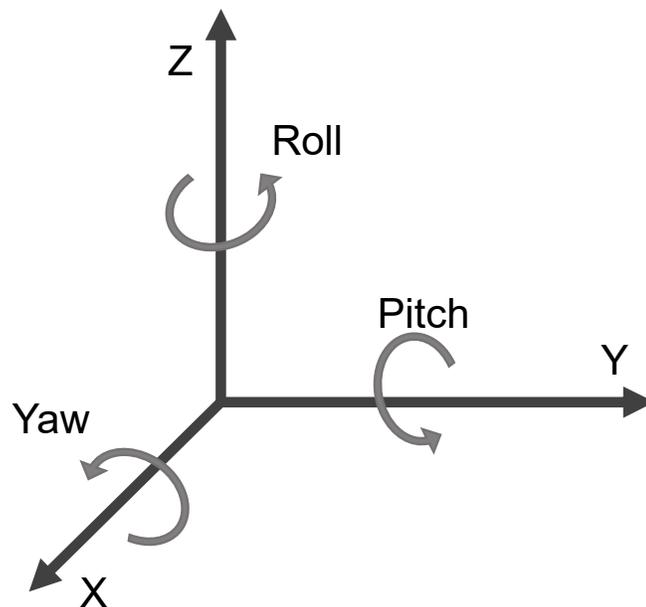


Figura 3.2. Representación de los ángulos Yaw, Pitch y Roll.

Los motores presentes en el equipo ayudan a evaluar el desempeño del dron a la hora de ejecutar su recorrido con diversas situaciones que pueden presentarse, un ejemplo de ello es el viento (simulación de vientos). La idea es verificar si el dron puede compensar con su programación cualquier situación que altere su recorrido.

En cuanto a la tarjeta de instrumentación utilizada es la tarjeta FFT GYRO Board v1 de Eureka Dynamics. Debido a que se encuentra instalada internamente del equipo, sólo se logra ver a los indicadores led con los que cuenta, siendo

agrupados por color. El verde significa que el sistema cuenta con energía. El color amarillo denota los sensores de posición que se encuentran encendidos y, por último, con indicador led de color azul se representa la operación, siendo intermitente cada segundo y reportando los ángulos de los sensores con los que se cuente. Esta tarjeta sirve además como interfaz de adquisición de datos, es decir, proporciona los datos de posición de los encoders, los cuales son analizados por un programa de cómputo de la empresa.

### **3.3 Diagramas de operaciones**

Estos diagramas se desarrollaron con el fin de llevar un orden en los pasos a seguir para armar el sistema FTT GYRO ya que Eureka no tenía documentados los procesos de ensamble, de tal manera que, si otra persona llegaba a trabajar con ellos era casi imposible entender el proceso pues el procedimiento era realizado por uno de los trabajadores de esta empresa de manera empírica y poco sistemática. Los diagramas están relacionados con la lista de materiales, de tal forma que las partes deben estar previamente numeradas (ver tabla 3.1).

La figura 3.3 hace referencia al ensamble de la parte eléctrica del sistema. En este diagrama se observan 11 operaciones. Como ejemplo, la operación número uno indica que se debe tomar el encoder default y posicionarlo en el cople del paso dos. Cada paso se relaciona para poder determinar el tipo de actividad que corresponde para un buen ensamble final. Como se puede observar en la figura 3.3, se asigna una columna para el tiempo, la cual tiene dos finalidades, recopilar el tiempo que toma cada operación y establecer posteriormente un estándar de tiempo por operación de tal forma que, de existir demoras, estas se encuentren dentro del rango permitido para el ensamble. Finalmente, en la columna de observaciones se pueden anotar los contratiempos u otras características relevantes del proceso, por ejemplo, si es mejor utilizar un tipo de herramientas que otro o si una operación conlleva riesgo. En particular para el proceso de ensamble eléctrico, lo que se debe verificar con cautela es el orden del cableado ya que un incorrecto orden puede derivar en un corto circuito o, peor aún, en un daño permanente de las partes eléctricas como pueden ser los encoders.

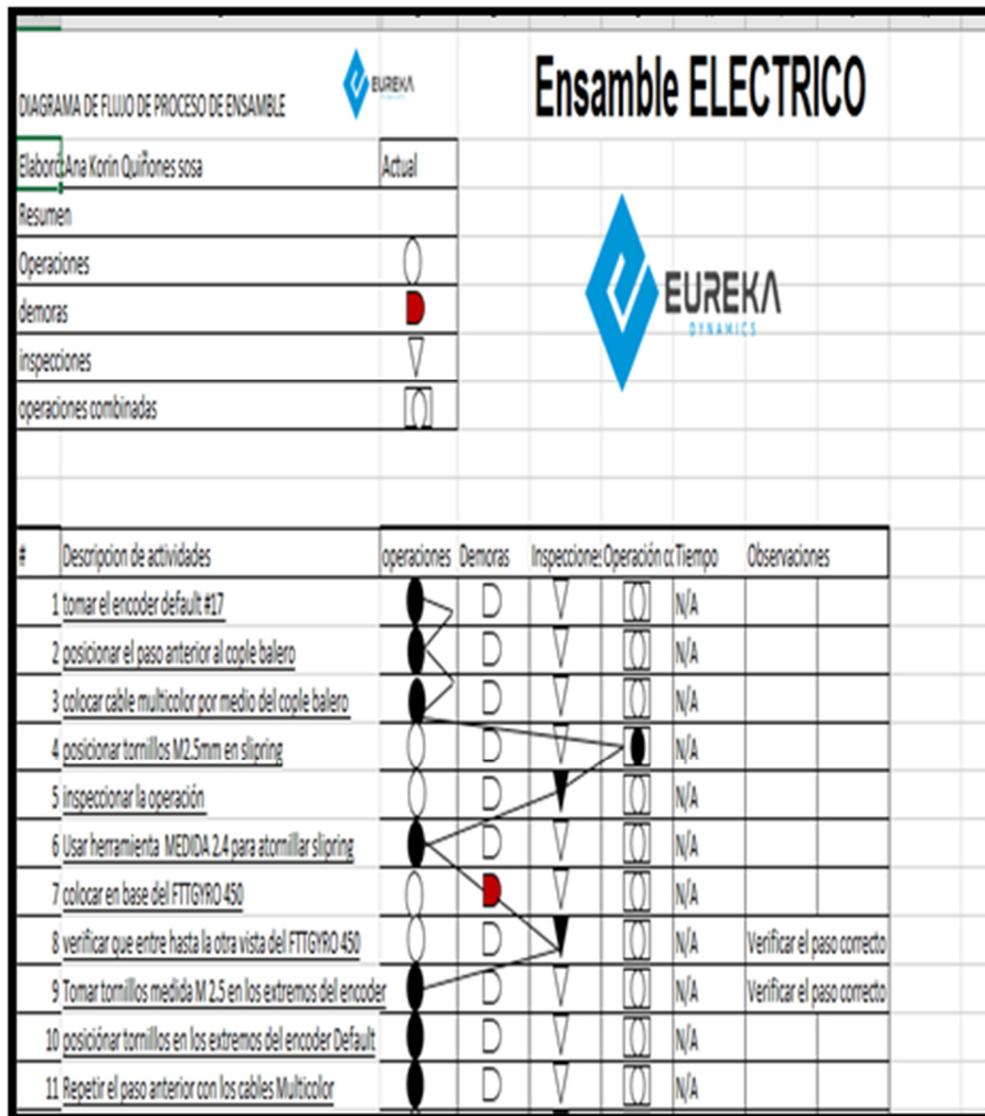


Figura 3.3. Diagrama de Operaciones de proceso: ensamble eléctrico.

Como se mencionó anteriormente, lo que la empresa requería era tener un manual en donde apoyarse, por si se existe una demanda repentina de varios sistemas, sea posible contratar nuevos empleados y que estos logren realizar el armado de la manera correcta, con los componentes y el material correcto, en el menor tiempo.

La figura 3.4 muestra el diagrama de proceso para la cuadratura de la estructura. El sistema FTT GYRO requiere asegurar que el volumen de trabajo sea simétrico

para disminuir al máximo la fricción al momento de realizar los giros. Estos diagramas deben incluir también la lista de herramientas para realizar cada tarea, por ejemplo, el paso seis del diagrama de proceso de ensamble, implica marcar una alineación, sin embargo, las marcas no se pueden realizar con cualquier instrumento, en este caso en particular se debe utilizar un lapicero con puntas HB o 2H para no dejar rayaduras en el material y que sea fácil de limpiar. Las especificaciones de herramientas se realizan en la parte de las ayudas visuales, las cuales se detallan en la sección 3.4.

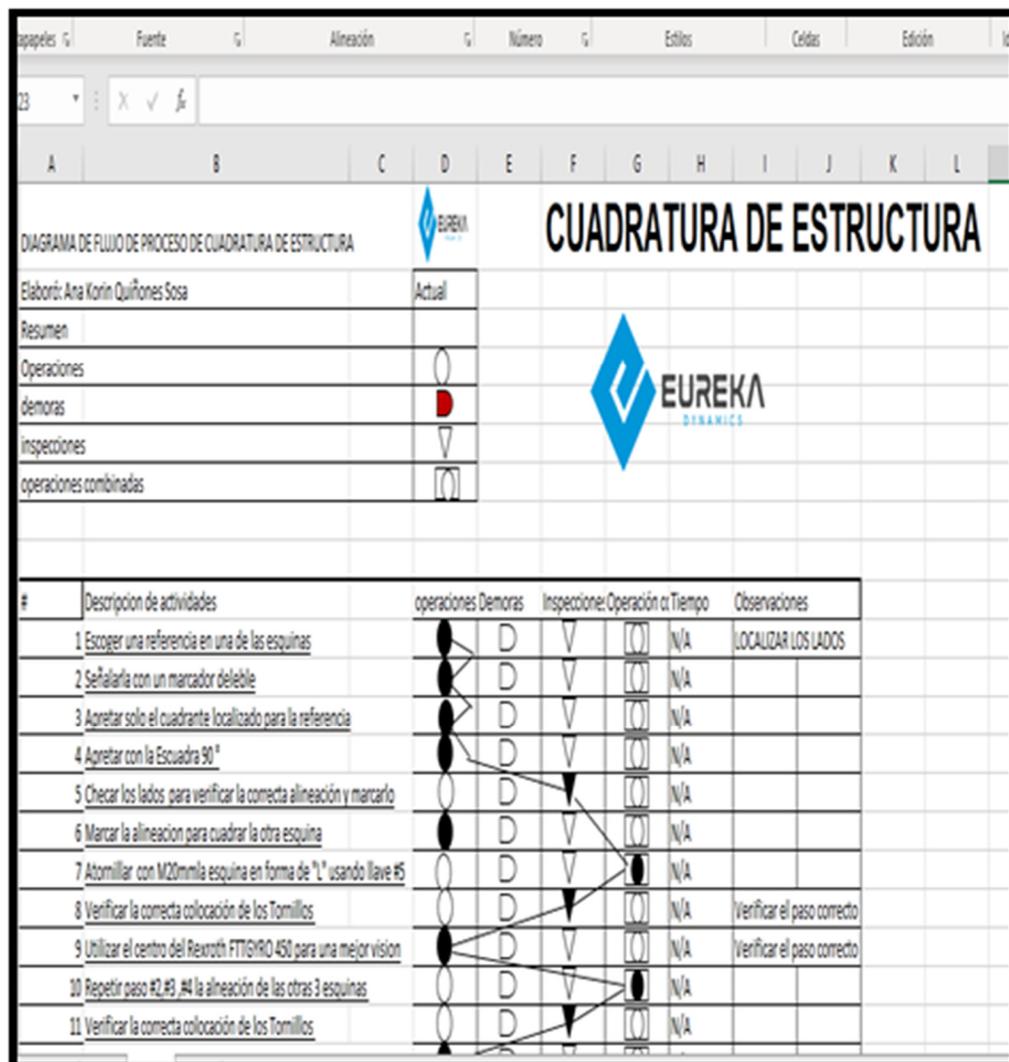


Figura 3.4 Diagrama de operaciones de proceso: cuadratura de estructura.

### **3.4 Ayudas visuales**

Esta actividad consistió en realizar una serie de ayudas visuales con los componentes críticos para la empresa, es decir, en donde el error debe ser mínimo. El mecanismo de acción del FTT GYRO contiene conexiones eléctricas, por lo que sus terminales deben estar perfectamente posicionadas para que al momento que se ejecute una instrucción, esta accione de manera efectiva el actuador correspondiente o tome la información requerida desde el sensor. El sistema también cuenta con partes mecánicas que deben estar correctamente ensambladas para evitar un accidente a la hora de ejecutar las tareas de movimiento.

La figura 3.5 muestra la ayuda visual para la inserción de una terminal. Se puede observar que, en la ayuda visual, además del resultado final, se muestran códigos de seguridad y las herramientas para realizar las tareas. Por otra parte, la figura 3.6 muestra la continuación de la ayuda visual para la inserción de una terminal. En este caso es importante mostrar como se debe utilizar la herramienta para evitar discrepancias fuertes entre ensambles.

Con estas ayudas resulta relativamente sencillo obtener resultados similares entre si, de tal forma que resulta sencilla la inspección. De existir alguna diferencia entre el ensamble final propuesto y el real, se puede repetir el proceso con un nuevo cable, y persistir la diferencia, se realiza una inspección del proceso por parte del experto, ya que las discrepancias no son siempre imputables al operador, sino que pudieran intervenir otros factores como son un defecto en la herramienta o en los mismos insumos, por ejemplo, una pinza muy gastada puede resultar en una terminal floja o mal colocada. Por otra parte, suministros defectuosos pueden resultar en el daño de las mismas terminales o en un ensamble incorrecto. Por lo anterior, si el resultado al aplicar los procedimientos no es cercanos a lo que muestra la ayuda visual, es necesario que se inspeccione tanto el procedimiento como la herramienta y los insumos por parte de los expertos.







### 3.5 Diagrama Ishikawa causa-efecto

Considerando las categorías de mano de obra, método, maquinaria, materiales, medio ambiente y medición. El equipo de trabajo debe ser capaz de identificar las diferentes causas de los posibles problemas encontrados. Por lo general estas causas serán aspectos específicos, propios de cada categoría y que derivan en un problema. Las causas que se identifiquen se deberán ubicar en las espinas que confluyen hacia el problema principal.

La figura 3.11 muestra el diagrama causa-efecto para uno de los problemas encontrados en el sistema FTT GYRO, el cual será expuesto en la sección 3.5.1.

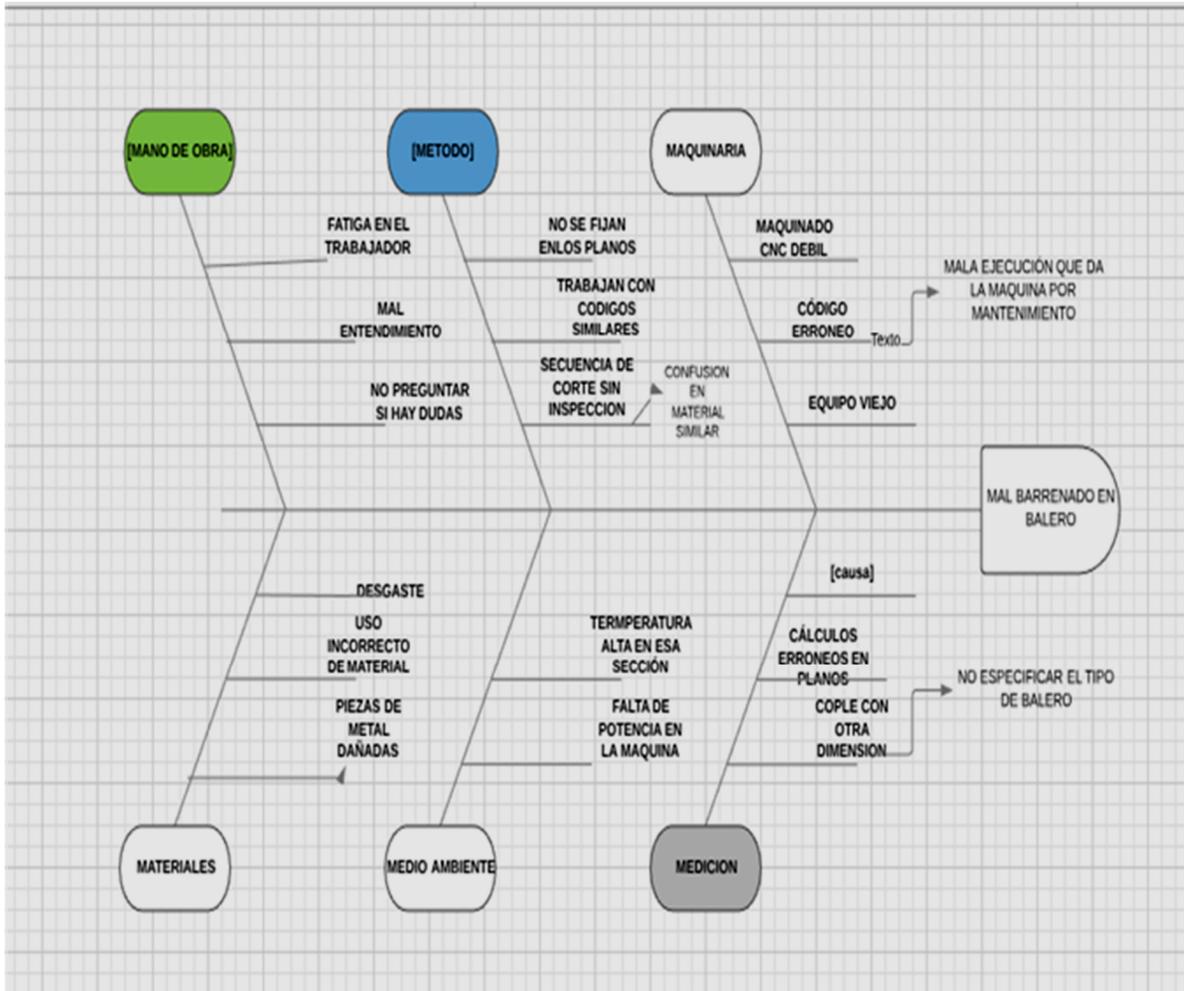


Figura 3.11 Diagrama Causa-Efecto para el sistema FTT GYRO.

### 3.5.1 Ejemplo de problemática atendida con diagrama causa-efecto

La figura 3.12 muestra uno de los problemas atendidos con diagramas causa-efecto. El problema detectado fue una mala alineación de las piezas de fibra de carbono (ver figura 3.13). En el proceso de ensamble de las fibras de carbono hacia el cople mostrado en la figura 3.12, bloqueaba la entrada de la fibra de carbono correctamente hacia los orificios con los que la pieza contaba.

Mediante el diagrama causa-efecto se descubrió que el problema se debía a una mala manufactura de la pieza de sujeción, en particular a una mala manufactura de esta, el orificio central se encontraba desviado ligeramente, lo que causaba que el giro fuera de tipo ondulante.



Figura 3.12 Pieza no funcional para el ensamble mecánico.

La causa raíz del barrenado no concéntrico fue un error en la medición por parte de del proveedor. Se llegó a la conclusión de que se debía generar un plano de parte con las medidas correctas que EUREKING requiere para liberar la pieza, y que se debía pasar un filtro de validación para continuar con el ensamble mecánico.



Figura 3.13 Pieza en correcta alineación generando plano de parte.

Los planos generados para el filtro de validación al momento de ensamblar resultaron útiles para descartar alguna pieza antes de ser utilizada, lo cual puede causar un daño en otras piezas, por ejemplo si los cables quedan muy tensos, estos pueden romperse, y si estos quedan muy holgados, pueden provocar que se enganchen en otras piezas.

La figura 3.14 muestra el plano del cople de la figura 3.12. Como se puede notar, el plano contiene las características dimensionales requeridas por la empresa. Antes de ser aceptado en el stock, las piezas pasan por un filtro de calidad donde se miden las dimensiones más importantes como son centricidad, apertura entre ranuras y distancias de las perforaciones.



# **CAPÍTULO 4. RETROALIMENTACIÓN PARA LA EMPRESA**

## **4.1 Fortalezas**

La empresa Eureking SAS de CV cuenta con un producto de vanguardia, sin competencia en el mercado. Sus principales clientes son centros de investigación y universidades a nivel nacional e internacional. El FTT GYRO es el resultado de varios años de investigación en planeación de rutas para drones, por lo que constituye una herramienta útil para probar las rutas antes de una exploración ya que, una vez lanzado el dron, de llegar a perder la ruta, se perdería la inversión. Se puede decir que el nivel de madurez del producto está por encima del TRL 7, lo cual aporta un mayor grado de confianza para los clientes.

Otra de las fortalezas de la empresa es la apertura para recibir alumnos de las distintas carreras (Ing. Industrial, Sistemas de Información y Mecatrónica) en el programa de prácticas profesionales. Esto ayuda a la empresa a analizar procesos, tecnologías, problemáticas, desarrollos y planes a futuro, desde distintos puntos de vista. De segur así, la empresa tendrá un reconocimiento, no solamente de sus clientes sino también de las instituciones de educación superior y centros de investigación.

Finalmente se destaca el hecho de que la empresa se ha preocupado por proteger su invención con al menos dos reivindicaciones. En este sentido se elimina una posible amenaza ya que, de generarse un sistema similar, la empresa está en la posición de solicitar que no se comercialice o que el sistema con similitudes sea ajustado para marcar una clara diferencia con el FTT GYRO.

## **4.2 Oportunidades**

Se detectaron dos oportunidades, 1) capacitación para usuarios de drones y 2) servicios de verificación. Hasta el momento la empresa se enfoca en el desarrollo y manufactura de las diferentes versiones del FTT GYRO, sin embargo, con las capacidades de recurso humano y recursos que cuenta la empresa, es posible

ofrecer servicios de capacitación para usuarios de drones, sobre todo en aplicaciones de análisis de superficies y en agroindustria.

La segunda oportunidad radica en prestar servicios de verificación de drones. El sistema FTT GYRO tiene la capacidad de simular distintos escenarios a los que se puede enfrentar un dron, por ejemplo vientos fuertes, avería en una de las propelas, o tiempo de vuelo (capacidad de batería). Antes de enviar al dron a realizar una tarea, se puede verificar su funcionalidad para determinar si requiere mantenimiento o se encuentra listo para la tarea. Este servicio ahorraría tiempo y dinero a las empresas que lo soliciten ya que pueden tener la seguridad y confianza de que el dron tiene la capacidad para ejecutar las tareas que requiera el trabajo a realizar.

### **4.3 Debilidades**

Eureking SAS de CV tiene algunas debilidades. Por motivo de confidencialidad no se pueden presentar en este trabajo, sin embargo, se presentan las siguientes recomendaciones.

Ampliar el presente trabajo a para incluir, además de las piezas críticas, las piezas de uso común, lo cual reduciría de manera significativa los defectos del sistema o las fallas de ensamble. Por ejemplo, los colores de los cables no están estandarizados, lo cual constituye un punto de posible confusión donde una ayuda visual no es suficiente ya que los cables podrían cambiar.

La segunda recomendación sería incluir diagramas de mantenimiento. A pesar de que el sistema es nuevo, por el hecho de tener piezas móviles, llegará el momento en que se requiera dar un mantenimiento. La empresa no cuenta con estos manuales, lo cual le daría valor agregado al producto al poder entregar un sistema que contiene manual de usuario y manual de mantenimiento, por lo menos para las tareas más comunes como son la inspección de ajustes de tornillos y la inspección de rodamientos.

#### **4.4 Amenazas**

La tecnología cambia rápidamente, si bien el uso de la tecnología de drones se encuentra en aumento, es claro que en pocos años caerá en desuso o se estancará en su aplicabilidad. La empresa no cuenta con un plan de desarrollo para innovar en nuevos productos que pudieran sustituir a los drones, o para adaptarse de manera dinámica a las necesidades del mercado.

Otra de las amenazas que se identificó fue que, al no contar con suficiente personal capacitado, aunado al hecho de que no se han generado manuales de mantenimiento, resulta difícil ofrecer garantías para el cambio de piezas o elementos que resultaran dañados ya sea en transporte o por defectos de fábrica. Esto constituye un problema ya que algunos de los sistemas se han enviado al extranjero por lo que resultaría costoso y poco práctico asistir a la localidad donde se encuentran para prestar un servicio de mantenimiento correctivo.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES**

El proyecto realizado en la empresa Eureka SAS DE CV fue beneficioso tanto para la empresa como en lo personal. Por parte de la empresa, al estandarizar su proceso de ensamble del sistema FTT GYRO, se facilitó tanto el entendimiento de las causas raíz de algunos problemas como el mismo proceso. En lo personal, se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera, sobre todo en el área de ingeniería de sistemas.

Durante el desarrollo de las prácticas, se crearon manuales para la supervisión de cada uno de los pasos para generar un correcto funcionamiento del sistema FTT GYRO. Estos manuales se fueron construyendo con la asesoría y retroalimentación de los expertos. Los manuales se clasifican en tres categorías:

- Diagramas de operación de proceso. Estos muestran los pasos a seguir para el ensamble.
- Ayudas visuales para el operador. Estas son de utilidad para conocer tanto resultados intermedios como el resultado final de cada proceso.
- Diagramas causa efecto. Se utilizaron para encontrar la causa de los errores mas comunes al ensamblar las partes.

Finalmente se realizó un análisis FODA para la empresa y se hizo entrega de todo el material, el cual puede servir de base para que otros alumnos de las distintas carreras de la Universidad de Sonora u otras instituciones, puedan continuar y enriquecer.

Agradezco a la empresa Eureka SAS de CV, al M.C. Abraham Villanueva Grijalva, por haber supervisado mi trabajo profesional y al Ing. Rogelio Robles Ríos por su ayuda y retroalimentación.

## REFERENCIAS

Álvarez, J. M. S. (2016). Herramienta de ingeniería para facilitar el razonamiento inductivo en la toma de decisiones. *Anuario jurídico y económico escurialense*, (49), 449-458.

Awad, M., y Shanshal, Y. A. (2017). Utilizing Kaizen process and DFSS methodology for new product development. *International Journal of Quality & Reliability Management*.

Blanchard, B. S., Fabrycky, W. J., y Fabrycky, W. J. (1990). *Systems engineering and analysis* (Vol. 4). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Carlos, L., y Acero, P. (2016). *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos*. Ecoe Ediciones.

Gutiérrez, J. D. L., y Herrera, C. F. R. (2013). Diseño de un sistema de control de orientación utilizando giroscopios de control de momento. *Scientia et Technica*, 18(4), 640-645.

Olechowski, A., Eppinger, S. D., y Joglekar, N. (2015, August). Technology readiness levels at 40: A study of state-of-the-art use, challenges, and opportunities. In 2015 Portland international conference on management of engineering and technology (PICMET) (pp. 2084-2094). IEEE.

Quesada-Pineda, H. J., Buehlmann, U., y Arias, E. (2018). *Pensamiento lean: ejemplos y aplicaciones en la industria de productos de madera*.

VISUAL AIDS: Tekin, E., y Kapan, Ö. (2016). Composite manufacturing data management in aerospace industry. *Procedia CIRP*, 41, 1039-1042.

Wang, W., Zhang, Q., Li, Y., Feng, W., Zhang, W., y Liu, H. (2018). A TRL Assessment Method Considering Reliability Requirements. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 221, p. 02004). EDP Sciences.

Wong, K. C., Woo, K. Z., y Woo, K. H. (2016). Ishikawa diagram. In *Quality Improvement in Behavioral Health* (pp. 119-132). Springer, Cham.

## ANEXOS

Estructura FTT GYRO lista para pruebas de funcionalidad

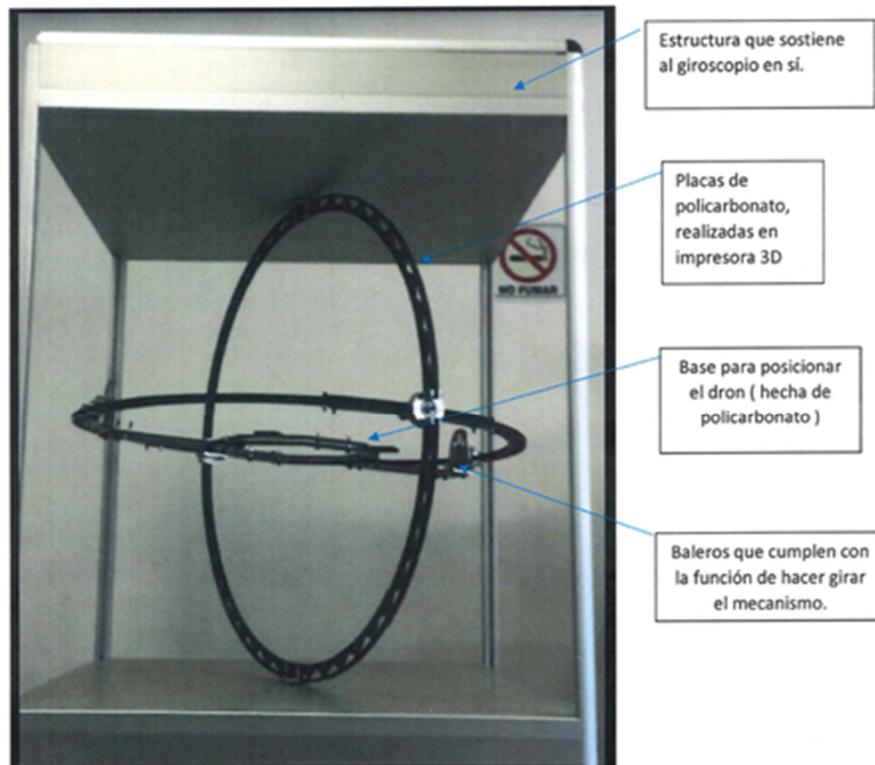


Figura A1. Estructura FTT GYRO ensamblada.

Fuente: EUREKING SAS de CV