

CAPÍTULO 6

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Este Capítulo recopila la información sobre la fase de pruebas realizadas al soporte en la Base BAE-15 Brigada “Paquisha” del Ejército del Ecuador y en el campo de pruebas del Grupo Especial de Operaciones GEO del Ejército. En reglamentación con las exigencias de un proyecto de este nivel, se incluye esta fase crucial para la comprobación del trabajo de diseño y construcción realizado, y como sello de verificación de los resultados obtenidos.

La verificación e inspección por parte del equipo responsable se incluye como icono importante logrado, considerado como un proyecto pionero y trascendental dentro de la base algunos de los actores participantes constan como referencia.

Las facilidades de acceso que se han dado en la base han incrementado la capacidad del equipo de confirmar datos y monitorear a satisfacción los momentos críticos durante su fase de construcción y toma de decisiones sobre el prototipo, gracias a que en el hangar de la base se encuentra en mantenimiento el MI-171, ha sido posible lograr las pruebas de ergonomía comprobándose in-situ la ubicación y posición del operador con el prototipo puesto a punto.

El tener al alcance la FN MAG ha logrado conseguir este material gráfico tan importante para la comprobación del proyecto, la ubicación de todos los elementos en la aeronave da por culminado el proceso de verificación, notándose que se ajusta según lo proyectado en el diseño, quedando liberado para su uso frecuente en la salvaguarda de la seguridad nacional.

El equipo de soldadura ha seleccionado un tipo de suelda más que recomendable de su abastecimiento propio, por lo que merecen una mención en agradecimiento. Se ha conseguido una fusión con TIG de excelente calidad.

La preparación del terreno para la prueba de tiro fue minuciosamente preparada y coordinada por los actores del proyecto, para que los elementos se manufacturen en orden correcto y de forma paralela confluyan en los resultados, que se sabe por un proceso de cálculo queda confirmada su validez y han sido manufacturados según especificaciones.

6.1 COMPROBACIÓN DE DISEÑO

Basados en el “Concept” generado en computadora, y con imágenes del modelo logrado, se realiza la comprobación de medidas, la inspección visual confirma haberse logrado el objetivo de mantener las medidas proyectadas, con ayuda del núcleo de poliuretano suministrado al equipo constructor, el cual ha servido de base impuesta por el equipo diseñador quedando la tolerancia de construcción dentro de lo esperado.

En el montaje in situ de los elementos se confirmaron que los procesos seguidos, y descritos en el presente reporte de resultados han sido correctamente diseñados, para presentar los excelentes resultados conseguidos, prueba de la confluencia es la generación de esta pieza de tecnología en artillería aérea del Ecuador de tan buena calidad.

Se proyecta en futuras aplicaciones el uso de aluminio en los acoples para aminorar aun más el peso del conjunto, el modelo es transportable por una sola persona y se adapta a las expectativas de el mismo esperadas, se ha conseguido aplicar técnicas avanzadas de diseño y construcción para satisfacer las necesidades de un proyecto innovador de esta clase.

Queda un camino trazado en el uso de materiales compuestos en el país, favoreciendo al resguardo de la seguridad nacional, en búsqueda del desarrollo

interno con potenciales propios de proyección y ejecución, demostrando así las capacidades de la formación regional, sobrepasando con resultados las metas planteadas.

6.1.1 VERIFICACIÓN DE MEDIDAS

En orden con la inspección, el primer paso exige se verifiquen las medidas generales obtenidas durante la fase de construcción, con esto en mente se puede apreciar una correcta ejecución del trabajo, a manera de fiscalizadores, el equipo diseñador asistió a los momentos cruciales para la verificación.

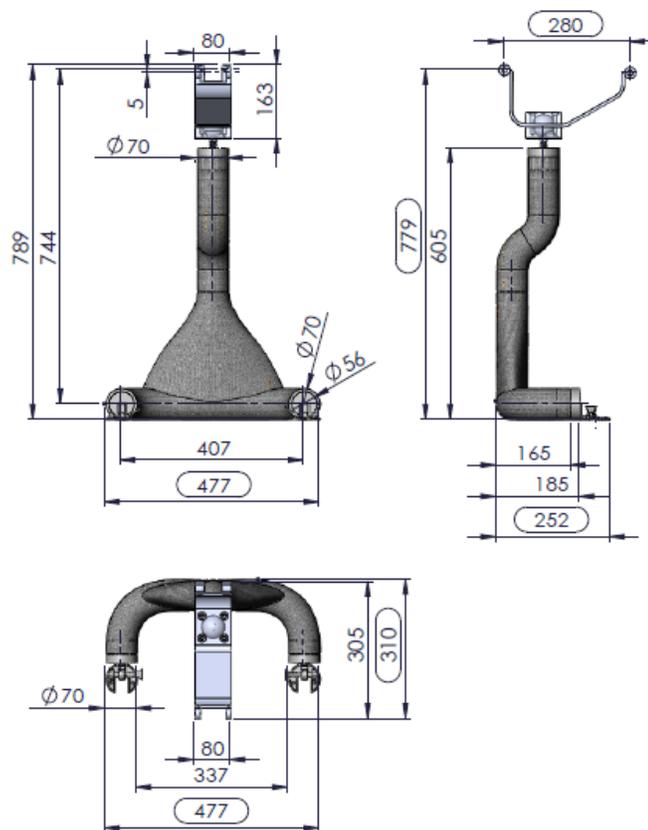


Figura 6.1 Medidas Generales a Inspeccionarse

Las Medidas generales diseñadas se muestran en la Figura 6.1, un detalle extraído de los propios planos de fabricación con el fin de ubicar las medidas a verificarse durante este proceso. Para su ejecución se ha usado Flexómetro con precisión de 1mm, la tolerancia aceptada se encuentra en el rango de +/-5 mm, en esta inspección, nótese que durante este proceso se ha aumentado la

tolerancia por ser un proceso no implementado de construcción, sino la investigación de métodos adecuados de manufactura.

El trabajo realizado se resume en la Tabla 6-1 en donde en base a las medidas generales se verifica y se realizan las correcciones pertinentes, quedando reportado de manera adecuada una correcta verificación de resultados.

Tabla 6-1 Estado del Modelo y Liberación

<u>VERIFICACION DE MEDIDAS GENERALES</u>					
1	Frente Total	447	450	3	OK
2	Ancho Total	310	312	2	OK
3	Alto Total	789	785	-4	OK
4	Diámetro de la Estructura	70	74	4	OK
5	Distancia entre centros de la Base	407	410	3	OK
6	Distancia entre centros de la Cuna	280	279	-1	OK
7	Alto de Soporte	605	608	3	OK
8	Ancho de Soporte	185	187	2	OK

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

Este proceso exige una completa vigilancia y coordinación de las partes para no incurrir en errores y evitar el desperdicio de material, y más aun al tratarse de uno inexistente en nuestro país y de un coste tan elevado, por lo que los esfuerzos han sido de menos para una correcta elaboración del mismo.

Los Resultados obtenidos en la Tabla 6-1 presentan una columna denominada “ Δ ” esta es la diferencia entre el diseño y los resultados, en la Figura 6.2 se obtiene una grafica que muestra a manera de dispersión los resultados

obtenidos en el propio orden mostrado, para verificar que los resultados se encuentren dentro de la tolerancia impuesta.

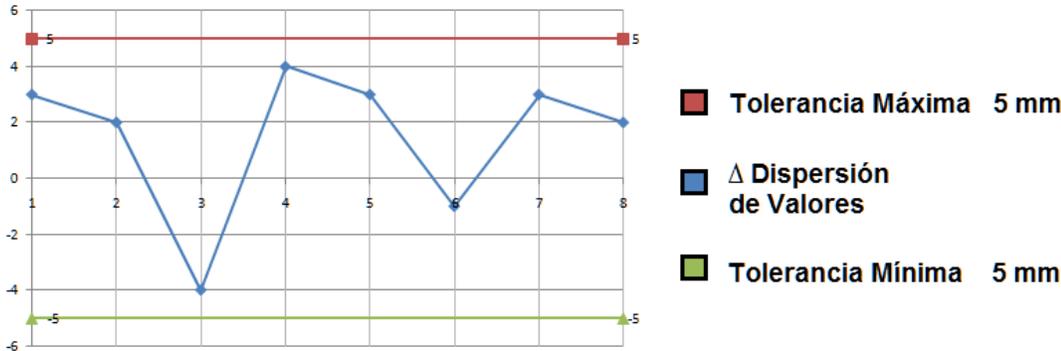


Figura 6.2 Dispersión de Valores

Parte del Proceso de Verificación de tipo constante durante la implementación del proyecto se puede apreciar en la Figura 6.3, el equipo responsable ha procurado capacitar al resto de equipos, de esta manera lograr centralizar la información y no descuidar la verificación de procesos, especialmente durante etapas de construcción de nueva implementación, en donde la comunicación permanente fue crucial para el éxito de la operación.



Figura 6.3 Proceso de Verificación

6.1.2 VERIFICACIÓN DE ERGONOMÍA

Este punto tan importante verifica que los criterios sobre ergonomía en la definición de la geometría hayan sido cumplidas y provean de ese plus significativo al proyecto, adaptándose al campo militar y ofreciendo un servicio invaluable de bajo impacto en modificaciones en el helicóptero, y por sobre todo que cumpla con su cometido facilitando la visibilidad y la operación del prototipo en funcionamiento.

La ubicación del artillero colocado en la puerta exigía que el modelo no interrumpa la visibilidad desde este punto, adaptándose al lugar ubicado en la parte baja y entre sus piernas, a una altura factible de apuntar sin incomodar el disparo y ejecución a través de su gatillo.



Figura 6.4 Ubicación del artillero

La Figura 6.4 nos muestra el espacio disponible, y los resultados obtenidos en la puesta in situ del modelo. La ubicación del artillero corresponde a las necesidades impuestas por el equipo, la percepción en la ubicación del artillero es cómoda en la posición de operación del conjunto, permitiendo una visión correcta del exterior de la aeronave; el prototipo prueba su validez al adaptarse de la mejor manera al helicóptero.



Figura 6.5 Acabado Superficial

Los requerimientos exigían un acabado superficial general liso, sin aristas ni filos peligrosos, la Figura 6.5 Muestra el estado superficial del modelo, en sus componentes, algunos de sus procesos necesarios para cumplir con este requerimiento.

Los procesos necesarios para obtener un acabado liso, han sido varias como las descritas en el Capítulo 5, se realiza esta recapitulación con el fin de denotar el trabajo realizado con el fin de presentar un proyecto de alto nivel, y los esfuerzos por lograr el mejor acabado en todos los elementos.

6.2 REPORTE DE ESTADO GENERAL DEL MODELO

Fase Culminante en el proceso de comprobación se han realizado, las pruebas pertinentes sobre el prototipo, con el fin de establecer fallas, ya sean conceptuales en el diseño, o desviaciones imprevistas durante su fase de construcción.

Poner a prueba el equipo supuso la coordinación de varios ámbitos militares, para el acceso a las instalaciones de pruebas en el GEO (Grupo Especial de Operaciones), y permisos de préstamo del arma FN MAG 7.62 disponible en el armamento de la Base BAE-15 "Paquisha" y su correspondiente munición.

Las construcciones realizadas en el campo han sido aprobadas con el fin de obtener los mejores resultados durante las pruebas, se han proporcionado cerca de 1200 cartuchos de calibre 7.62 x 51 OTAN, fabricados y eslabonados en la Fábrica de Municiones Santa Bárbara (FMSB), que corresponde a la munición analizada durante la fase de diseño.

El Modelo para este punto se encuentra acabado, se han realizado los trabajos extras pertinentes, para la puesta a punto del ejercicio, con el arma y municiones propias consideradas para las simulaciones.

Todos los elementos están disponibles y terminados según especificaciones, todos los elementos de sujeción como pernos y tornillos han sido colocados según acuerdo del equipo para apegarse lo más cercano a las condiciones, tal como si estuviese colocado en el helicóptero, a punto en funcionamiento. Asegurados de tal forma que cumpla con las especificaciones de apriete necesarias.

6.2.1 PRUEBAS DE CAMPO

6.2.1.1 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR Y REQUERIMIENTOS PREVIOS.

La fase de pruebas se inicia previo a la finalización del prototipo, fue necesario preparar el terreno necesario para obtener un ensayo lo más cercano a las condiciones a las que se sometería el soporte en funcionamiento normal, razón por la cual se hizo el levantamiento del terreno en las instalaciones del GEO, donde se realizaron los ensayos comprobatorios del estado de la estructura.



Figura 6.6 Campo de Tiro GEO (Grupo Especial de Operaciones)

La Figura 6.6 muestra imágenes del terreno, del día de inspección se observó un área lo suficientemente amplia y aislada, zona que se la consideró optima para conseguir los objetivos de eficiencia y seguridad en el funcionamiento del prototipo en régimen de operación lo más cercana posible al normal, considerando que las condiciones de la prueba no eran las del equipo en el que finalmente deberá ser instalado el prototipo. Este sitio queda aproximadamente a 250 m de la zona de impacto.

Una vez escogido el punto exacto se gestionó los permisos respectivos para la preparación del terreno, y las posteriores coordinaciones para conseguir el arma apropiada y el personal especializado para la ejecución de las pruebas y evaluación de funcionamiento y efectividad del prototipo. Se decidió fundir una base de concreto donde se colocaría pernos de anclaje para fijar una base de acero y en ella fijar el soporte, la base de concreto se hizo necesario para la correcta prueba de los componentes, partiendo de un punto por definición fijo en el terreno la Figura 6.7 muestra el trabajo realizado para la fundición aproximadamente a 45 cm de profundidad, en la imagen constan el proceso de preparación del terreno, anclaje, fundición del concreto y, el resultado final de la plataforma empernada y perfectamente nivelada.



Figura 6.7 Preparación de Terreno

Además del terreno fijo preparado, fue necesario la elaboración de una base en acero corrugado de 3 mm, con el fin de simular el anclaje sobre el piso del helicóptero, lo más próximo a la idea general de anclaje definida en la fase de diseño, tomando como puntos de anclaje los 6 pernos de los acoples frontales, y sujetos a la base con los propios pernos a usarse en la entrega final, quedando inmerso en la prueba todos los elementos sujetos a esfuerzos y de los cuales se puede desprender los resultados de las pruebas y comprobar la veracidad de los resultados obtenidos.

La base fue elaborada tomando en cuenta la posición de los pernos de anclaje fundidos en el terreno, bajo este patrón y con el modelo en mano se dispuso la construcción del elemento bajo patrones entregados al constructor. La Figura 6.8 detalla el proceso de construcción de la base, y su fijación al modelo, previo a la puesta a punto del ensayo.



Figura 6.8 Construcción y Montaje de la Base de Pruebas

Una vez terminada la fabricación, se procedió al ensamblaje del prototipo, constatando el acople perfecto de las partes, la fijación correcta y la instalación de la base que será fijado en la base de tiro. Se determinó día y hora para las pruebas, con el concurso del personal designado para la operación. Ya en el terreno, se procedió a instalar todo el conjunto en la base de concreto previamente construida en el campo de tiro (Figura 6.9).



Figura 6.9 Montaje del soporte en el campo de tiro

Terminada la fijación del soporte, el personal técnico procedió a la instalación del armamento en la cuna del prototipo, de igual forma que en 5.2.7, de esta manera el soporte se encuentra listo para ser utilizado (Figura 6.10).



Figura 6.10 Sistema listo para las pruebas de disparo

6.2.1.2 REALIZACIÓN DE LOS DISPAROS

Una vez listo el sistema para la ejecución del ensayo, el equipo a cargo del proyecto se prepara para la realización de los disparos (Figura 6.11).



Figura 6.11 Equipo a cargo del proyecto en el campo de tiro

El personal militar responsable procedió a la puesta a punto del prototipo armado, verificó la amplitud para el disparo y el ángulo del mismo, calibrando la mirilla existente en la FN MAG con el fin de lograr la mayor precisión durante la prueba (Figura 6.12).



Figura 6.12 Verificación de ángulo de tiro a 90°

Así mismo se debe colocar la primera referencia de tiro para un disparo a 90° del suelo con el fin de poder llevar control del seguimiento de los disparos a

efectuar, comprobándose además que el ángulo máximo de disparo cumplía los rangos establecidos en el diseño. Para la ejecución de estas pruebas se contó con la ayuda de dos oficiales de la 15 B.A.E. “Paquisha” al mando del Cap. Ing. Diego Sarmiento (Figura 6.13).



Figura 6.13 Colaboradores de la 15 B.A.E. colocando referencias al fondo del campo de tiro.

Con lo cual se procede a realizar los disparos, a cargo del Cap. Diego Sarmiento a 90° (Figura 6.14) y, Christian León a 75° (Figura 6.15).



Figura 6.14 Disparos con el arma en el campo de tiro a 90° .



Figura 6.15 Disparos con el arma en el campo de tiro a 75°.

Así mismo los otros miembros del equipo, Alex Vásquez y el Ing. Fernando Olmedo pudieron ser parte de las pruebas de disparo (Figura 6.16).



Figura 6.16 Alex Vásquez (arriba) e Ing. Fernando Olmedo (abajo).

6.2.2 DETERMINACION DE RESULTADOS

Durante el proceso de pruebas se realizaron unos 200 disparos con la ametralladora MAG 7.62 instalada en el prototipo soporte de fibra de carbono fabricado en el presente proyecto, se obtuvieron los resultados de fallas que se detallan en la tabla 6-2:

Tabla 6-2 Resultados pruebas de campo

Actividad	Detalle De Fallas Encontradas	
	Disparos de corto alcance con ángulo < 90° (100 municiones)	Disparos de largo alcance con ángulo = 90° (100 municiones)
Duración (min)	120	90
Resquebrajamiento en tela de carbono	No encontrado	No encontrado
Recalentamiento Piezas metálicas Cuna	No encontrado	Mínimo
Resquebrajamiento en resina epoxy	No encontrado	No encontrado
Desprendimiento resina acoples metálicos	No encontrado	No encontrado
Fallas locales por aplastamiento partes metálicas	No encontrado	No encontrado
Fallas en pernos de anclaje	No encontrado	No encontrado
Fallas en soldaduras (Grietas, desprendimientos)	No encontrado	No encontrado
Inclinación incorrecta luego del disparo	No encontrado	No encontrado
Desviación de ángulo de disparo	No encontrado	No encontrado

Fuente: Christian León y Alex Vásquez

Dados los resultados plasmados en la tabla 6-2 que explican la no existencia de alguna falla en el soporte ya sea debido a los materiales utilizados, al diseño, o a la construcción. Se puede concluir que la metodología de diseño adoptada es la adecuada y de igual manera la metodología empleada en la construcción del soporte fue la correcta.

Cabe recalcar que la metodología utilizada en el proceso de laminado de la fibra de carbono puede ser catalogada en la industria como un método artesanal de laminado, por lo cual es mucho más probable tener una falla en un laminado realizado de esta manera, y con estas pruebas se pudo comprobar que el procedimiento y las precauciones durante el proceso, para evitar realizar

un laminado que pueda fallar fueron positivas y finalmente permitieron el resultado deseado.