



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

Trabajo de Graduación para la obtención del título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
“AVIONES”**

**TEMA: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
BANCO DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO PARA
LOS HELICÓPTEROS DHRUV UBICADOS EN EL ALA DE
COMBATE No 22.**

AUTOR: CBOS. CUENCA MOLINA STALIN DE JESÚS

DIRECTOR: ING RODRIGO BAUTISTA

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el **CBOS. CUENCA MOLINA STALIN DE JESÚS**, como requerimiento parcial para la obtención del grado de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

ING. RODRIGO BAUTISTA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Mayo 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CBOS. CUENCA MOLINA STALIN DE JESÚS.**

Declaro que:

El proyecto denominado "CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO PARA LOS HELICÓPTEROS DHRUV UBICADOS EN EL ALA DE COMBATE No 22" ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan al pie de las paginas correspondientes si amerita el caso, y cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo 2015

Cbos. Cuenca Molina Stalin de Jesús.

171834688-3

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas, la publicación en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo "CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO PARA LOS HELICÓPTEROS DHRUV UBICADOS EN EL ALA DE COMBATE No 22"

Latacunga, Mayo 2015

Cbos. Cuenca Molina Stalin de Jesús.

171834688-3

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado previo a la obtención del título, está dedicado a todos quienes me ayudaron en la investigación, a mi esposa Sandra Ramirez y a mi hijo Joel Cuenca que siempre están conmigo en todo momento convirtiéndose en mi fuerza para seguir siempre adelante y no dejarme vencer por las adversidades de la vida.

Cbos. Cuenca Molina Stalin de Jesús.

AGRADECIMIENTO

Es justo y memorable dar un más sincero agradecimiento a mis padres Alfonso Cuenca y María Molina quienes con la ayuda de ellos he podido cumplir con muchos sueños que he tenido y uno de ellos ha sido graduarme en esta grandiosa institución.

Cbos. Cuenca Molina Stalin de Jesús.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESÚMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
Tema.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Problemáticas externas.....	2
1.2.1.1 Tanques de Oxígeno en el Hangar	2
1.2.2 Problemáticas internas	3
1.2.2.1 Regulación en los medidores de presión	3
1.2.2.2 Aumento de presión en los tanques de llenado.	3
1.3 Justificación e importancia	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Alcance	5
CAPÍTULO II.....	6
Marco teórico.....	6

2.1 Helicóptero Dhruv	6
2.2 Generalidades del helicóptero de avance ligero (ALH) DHRUV	7
2.3 Problema de falta de oxígeno en vuelo.....	7
2.3.1 Cerebro.....	8
2.3.2 Problemas pulmonares	8
2.3.3 Hipoxia e hiperventilación	8
2.3.3.1 Tipos de hipoxia.....	9
2.3.3.1.1 Hipoxia hipoxica	9
2.3.3.1.2 Hipoxia anémica	9
2.3.3.1.2.1 Hipoxia por anemia fisiológica	9
2.3.3.1.3 Hipoxia estática.....	10
2.3.3.1.4 Hipoxia histotóxica	10
2.3.4 Etapas de la hipoxia.....	11
2.3.4.1 Etapa indiferente.....	11
2.3.4.2 Etapa compensatoria	12
2.3.4.3 Etapa sintomática.....	12
2.3.4.4 Etapa crítica	13
2.3.5 Medidas preventivas	13
2.3.6 Tiempo útil de conciencia (TUC).....	13
2.3.7 Hiperventilación	14
2.3.8 Edema pulmonar en grandes alturas	15
2.4 Oxígeno	16
2.4.1 Las ventajas del oxígeno	16
2.4.2 Tipos de fuentes de oxígeno.....	17
2.4.2.1 Oxígeno Gaseoso (gox).....	17
2.4.2.2 Oxígeno Líquido (lox).....	17

2.4.2.3 Características del lox.....	18
2.5 Sistema de oxígeno y presurización de un avión.....	18
2.6 Sistemas generadores de oxígeno a bordo (obogs)	20
2.7 Sistema de oxígeno piloto-copiloto y pasajeros del helicóptero Dhruv ..	21
2.7.1 Sistema de oxígeno del piloto y copiloto	22
2.7.1.1 Botella de oxígeno del helicóptero Dhruv.....	23
2.7.1.1.1 Componentes de la botella de oxígeno.....	23
2.7.1.1.1.1 Regulador de presión.....	23
2.7.1.1.1.2 Manómetro de oxígeno	24
2.7.1.1.1.3 Extensión de la manguera	25
2.7.1.1.1.4 Base.....	25
2.7.1.1.1.5 Abrazadera flexible	26
2.7.1.1.1.6 Manguera flexible.....	26
2.7.1.1.1.7 Regulador piloto-copiloto	27
2.7.1.1.1.8 Tubo regulador de la mascarilla.....	28
2.8 Sistema de oxígeno de pasajeros.....	29
2.8.1 Botella de oxígeno portátil.....	29
2.8.2 Mascarilla de oxígeno de pasajeros.....	30
2.9 Almacenamiento y manipulación	31
2.10 Bancos.....	33
2.11 Banco de llenado de oxígeno.....	34
2.12 Cilindros de oxígeno	35
2.12.1 Tipos de cilindros	35
2.12.2.1 Presión del cilindro.....	36
2.12.2.2 Material del cilindro	36
2.12.2.3 Fabricado bajo una Norma Técnica Específica.....	37

2.12.2.4 Código y numeración del cilindro	37
2.12.2.5 Última prueba hidrostática	38
2.12.2.6 Logo de la fábrica o empresa que realiza la Prueba Hidrostática ..	38
2.12.2.7 Inicial de quién realizó la Prueba Hidrostática	39
2.12.2.8 Mes de fabricación cuando se realizó la Prueba Hidrostática	39
2.12.3 Inspección y prueba de cilindros.....	39
2.12.3.1 Inspección visual.....	40
2.12.3.2 Prueba de olor	40
2.12.3.3 Prueba de sonido	40
2.12.3.4 Prueba hidrostática	40
2.13 Almacenamiento y manejo de cilindros.....	41
2.14 Válvulas y reguladores.....	43
2.14.1 Válvulas	43
2.14.1.1 Uso correcto de las válvulas	44
2.14.2 Reguladores.....	45
2.14.2.1 Estructura de un regulador.....	45
2.14.2.2 Tipos de regulador	45
2.14.2.2.1 Regulador de una etapa.....	46
2.14.2.2.2 Regulador de dos etapas	47
2.15 Manejo de reguladores de presión.....	47
2.15.1 Dispositivos de seguridad	48
2.16 Manómetro de oxígeno	48
2.17 Válvulas de aguja.....	49
2.18 Normas de seguridad en el manejo de gases.....	50
2.19 Factores de riesgo en manejo de gases	51
2.19.1 Identificación de los gases.....	51

2.19.2 Toxicidad.....	52
2.20 Detección de fugas	53
2.21 Cilindro de alta presión	54
2.22 Estado de conservación de los cilindros	56
2.23 Inflamabilidad.....	57
2.24 Efectos de los gases inertes	58
2.25 Temperatura mínima de auto-inflamación.....	58
2.26 Precauciones en el Manejo de Gases.....	59
2.26.1 Inflamables.....	59
CAPÍTULO III.....	61
3.1 Desarrollo del tema	61
3.2 Preliminares	61
3.3 Estudio de alternativas.....	62
3.4 Flujograma de construcción del banco de llenado de O2	64
3.5 Planeamiento del método de construcción	66
3.6 Selección de materiales.....	66
3.6.1. Manifold	66
3.6.2 Mangueras flexibles de alta presión.....	67
3.6.4 Válvula de alivio	68
3.6.5 Indicador de presión.....	68
3.6.6 Válvula de aguja	69
3.6.7 Tubería PVC	69
3.6.8 Llave esférica de agua	70
3.7 Corte, ensamblaje y construcción de la estructura del banco.....	71
3.19 Estudio económico.....	85

CAPÍTULO IV	87
Conclusiones y recomendaciones	87
Glosario de términos	89
Referencias bibliográficas	93
Anexos.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Helicóptero Dhruv Ala de Combate No 22	6
Figura 2. Sistema de presurización de un avión	18
Figura 3. Generador de oxígeno a bordo	21
Figura 4. Sistema de oxígeno (piloto-copiloto).....	22
Figura 5. Cilindro de oxígeno del helicóptero Dhruv	23
Figura 6. Regulador de presión.....	23
Figura 7. Manómetro de oxígeno	24
Figura 8. Extensión manguera flexible.....	25
Figura 9. Base.....	25
Figura 10. Abrazadera flexible	26
Figura 11. Manguera flexible.....	26
Figura 12. Regulador piloto-copiloto	27
Figura 13. Tubo regulador de la mascarilla.....	28
Figura 14. Mascarilla del piloto – copiloto.	28
Figura 15. Botella portátil de oxígeno	29
Figura 16. Mascarilla de oxígeno de pasajeros.....	30
Figura 17. Almacenamiento de equipo de oxígeno.....	31
Figura 18. Banco de llenado de oxígeno	34
Figura 19. Presión del cilindro.....	36
Figura 20. Material del cilindro	36
Figura 21. Norma Técnica Específica	37
Figura 22. Código y numeración del Cilindro	37
Figura 23. Última prueba Hidrostática.....	38
Figura 24. Logo de la fábrica que realiza la Prueba Hidrostática.....	38
Figura 25. Inicial de quién realizó la prueba hidrostática	39
Figura 26. Mes cuando se realizó la prueba hidrostática	39
Figura 27. Ubicación correcta de cilindros de oxígeno	41
Figura 28. Ubicación de los cilindros a una pared o baranda	42
Figura 29. Regulador de oxígeno.....	44
Figura 30. Regulador de una etapa	46

Figura 31. Regulador de dos etapas.....	47
Figura 32. Manómetro de oxígeno.....	48
Figura 33. Válvula de aguja para oxígeno.....	49
Figura 34. Lugar de almacenamiento de tanques de oxígeno.....	53
Figura 35. Verificación escape de gas.....	54
Figura 36. Salida de gas de un tanque de oxígeno.....	56
Figura 37. Cilindros con fallas.....	56
Figura 38. Flujo inverso de gas combustible.....	60
Figura 39. Flujograma de construcción del Banco de O ₂	65
Figura 40. Desarrollo estructural del banco de llenado de O ₂	66
Figura 41. Manifold.....	66
Figura 42. Manguera flexible de alta presión.....	67
Figura 43. Plancha de tol.....	67
Figura 44. Válvula de alivio.....	68
Figura 45. Indicador de presión.....	68
Figura 46. Válvula de aguja.....	69
Figura 47. Tubería PVC.....	69
Figura 48. Llave esférica de agua.....	70
Figura 49. Trazos de las planchas.....	71
Figura 50. Cortes con una cortadora de metal.....	71
Figura 51. Planchas de metal dobladas.....	72
Figura 52. Ensamblaje de la estructura.....	72
Figura 53. Ensamblaje de la sección de las botellas de oxígeno.....	73
Figura 54. Ensamblaje de las puertas del banco.....	73
Figura 55. Ensamblaje de la abrazadera de los tanques de O ₂	74
Figura 56. Pulimiento de las partes soldadas del banco.....	74
Figura 57. Orificios para válvulas de aguja y línea de llenado.....	75
Figura 58. Verificación de las válvulas de aguja en el orificio.....	75
Figura 59. Orificios para la instalación del indicador de presión.....	76
Figura 60. Pintado con pintura de fondo anticorrosivo.....	76
Figura 61. Pintado del banco de llenado de oxígeno.....	77
Figura 62. Instalación de las válvulas de aguja y línea de llenado.....	77

Figura 63. Instalación del indicador de presión.....	78
Figura 64. Instalación del manifold	78
Figura 65. Instalación de la válvula de alivio de presión	79
Figura 66. Conexión de la válvula de alivio al manifold	79
Figura 67. Instalación de las conexiones del manifold.....	80
Figura 68. Instalación de las mangueras flexibles del manifold.	80
Figura 69. Instalación del sistema de agua del banco de llenado de O2.....	81
Figura 70. Instalación de las mangueras flexibles de las líneas de llenado.	82
Figura 71. Instalación de cauchos en abrazadera de los cilindros.....	83
Figura 72. Instalación de señalética en todo el banco de llenado de O2.....	83
Figura 73. Prueba de funcionamiento del banco de llenado de O2	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Características del Helicóptero Dhruv	7
Tabla 2. Problemas de la falta de oxígeno.....	15
Tabla 3. Inspección del sistema de oxígeno del helicóptero Dhruv	33
Tabla 4. Ventajas y desventajas del banco de llenado compacto eléctrico .	63
Tabla 5. Ventajas y desventajas del Banco de llenado manual	63
Tabla 6. Varios.....	70
Tabla 7. Pruebas operacionales del banco de O2	84
Tabla 8. Tabla de pruebas funcionales	85
Tabla 9. Estudio económico.....	86

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca dar solución a una problemática que existía en el Escuadrón de mantenimiento 2221 acantonado en la Base Aérea Simón Bolívar, base operativa del Helicóptero Dhruv , este Helicóptero sobre vuela los 10,000 pies de altura por lo que es necesario un sistema de oxígeno piloto-copiloto como para los pasajeros, el Escuadrón de mantenimiento no cuenta con un banco de llenado de cilindros de oxígeno por lo que se enfocó esfuerzos para la construcción e implementación de un banco de llenado de cilindros de O₂, con el fin de cumplir el acometido se realizó la documentación para poder realizar la construcción del banco de llenado de cilindros de O₂, se empezó desde el planeamiento de la construcción utilizando el programa autocad, seleccionamos el material a utilizar en la construcción del banco como son: manifold de acero inoxidable, mangueras flexibles de alta presión, planchas de tol, válvula de alivio, indicador de presión, válvulas de aguja de alta presión, tubería pvc, llaves esféricas de agua, entre otros. Una vez que se realizó la construcción del banco de llenado de O₂ se procedió a realizar las pruebas funcionales y operativas que después de haber obtenido resultados positivos finalizamos con la implementación de la señalética.

PALABRAS CLAVES:

- **HELICÓPTERO DHRUV**
- **SISTEMA DE OXÍGENO**
- **BOTELLA DE OXÍGENO**
- **BANCO DE LLENADO DE OXÍGENO**
- **ESCUADRÓN MANTENIMIENTO 2221**

ABSTRACT

The present research seeks to give a solution to a problem that existed in the maintenance squadron 2221 located in the Simon Bolivar Air Base which is the Dhruv helicopter operating base. This helicopter flies over 10,000 feet and that is the reason why it needs a pilot, co-pilot and also passengers oxygen system. This maintenance squadron does not have a bench of oxygen cylinder filling so this job focused efforts for the construction and implementation of O2 cylinder filling bench it started from the planning of the construction using the autocad program then, selected the material to be used in the construction of the bench stainless steel manifold like: high pressure flexible hoses, tol plates, relief valve, pressure gauge, needle valves of high pressure, pvc, cocks water pipe, among others. Once the construction of the O2 filling bench was built, it was time to perform the functional and operational tests and after having positive results we finished with the implementation of the signage.

WORDS CLAVE:

- **DHRUV HELICOPTER**
- **OXYGEN SYSTEM**
- **OXYGEN BOTTLE**
- **OXYGEN BENCH**
- **SQUADRON 2221 MAINTENANCE**

Legalized by: Lic. Diego Granja

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes

La Unidad de Gestión Tecnológica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE (UFA-UGT) con sede en la ciudad de Latacunga, aprobada mediante una resolución RPC-SO-24-No.248-2013, adoptada en la Vigésima Cuarta Sesión Ordinaria del Pleno Consejo de Educación Superior, desarrollada el 26 de junio del 2013, oferta carreras en el área tecnológica como son Electrónica, Ciencias de la Seguridad Aérea y Terrestre, Logística y Transporte, Mecánica Aeronáutica y Telemática.

El 21 de marzo del 2009 llegan los primeros 5 helicópteros al Ala de Combate No 22, adquirió a la empresa Hindustan Aeronautic Limited (HAL). El helicóptero DHRUV es un multirol con capacidad de carga de 5 toneladas con configuración militar y civil, está destinado al rescate en combate, recuperación de tripulaciones, vigilancia aérea, transporte logístico, etc. Las dos últimas aeronaves llegaron en julio del 2011, con lo cual se completó la flota de aeronaves. Este nuevo helicóptero se convierte así en la punta de lanza del rescate de combate y apoyo durante desastres naturales en nuestro territorio, haciendo que nuestro lema se mantenga en mente y los corazones de todo el Ecuador "PARA QUE OTROS PUEDAN VIVIR".

Actualmente en el Ala de Combate No 22 las botellas de oxígeno del helicóptero Dhruv son llenadas directamente del tanque re abastecedor a la botella de oxígeno mediante una manguera flexible y un solo medidor de presión que cuenta la botella de oxígeno, por lo que es necesario la construcción e implementación de un banco de llenado de los cilindros de oxígeno de los helicópteros Dhruv ubicados en el Ala de Combate No 22, con el fin de reducir el tiempo de llenado de las botellas de oxígeno y

seguridad en el proceso de carga del gaseoso mediante un sistema de manifold el cual distribuirá el oxígeno a dichos tanques con su respectivo medidor de alta presión, que estará en un lugar visible para el operador, ubicado en la parte frontal del diseño con el fin de que sea controlable con mayor facilidad así cumpliendo con las normas de seguridad y operación del técnico.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad en el Ala de Combate No 22 los tanques de almacenamiento se encuentran dentro del hangar, por ende una fuga en los tanques de alta presión puede causar un incidente o accidente debido al actual procedimiento de trabajo con los elementos derivados del petróleo como aceite, grasa dentro del hangar, lamentando pérdidas humanas y recursos materiales si se diera el caso.

Como también puede presentarse una emergencia en el cuál se solicita del llenado con mayor cantidad (superior) a la de un tanque, este se retardaría más del tiempo debido por que el sistema utilizado solo permite servir un solo tanque a la vez.

1.2.1 Problemáticas externas

1.2.1.1 Tanques de Oxígeno en el Hangar

La ubicación de los tanques de almacenamiento como de llenados es una problemática actual debido a la falta de una instalación apropiada, y con debida ubicación se podría evitar daños y perjuicios a la institución específicamente a los helicópteros Dhruv.

1.2.2 Problemáticas internas

1.2.2.1 Regulación en los medidores de presión

El técnico calificado de esta especialidad oxígeno y presurización a cargo del llenado de oxígeno, debe tener muy en cuenta el indicador de presión, ya que al no tener dicho instrumento (medidor de presión) en el momento de suministrar cierta cantidad de oxígeno a altas presiones de los tanques de almacenamientos a los de llenado, se producirá una sobrepresión, que puede causar un accidente en el lugar de operación.

1.2.2.2 Aumento de presión en los tanques de llenado.

Conforme se le va suministrando oxígeno a los tanques de llenado, la presión va ir aumentando al igual que la temperatura. Por ende las moléculas de oxígeno se disipan en el interior del tanque de llenado, comenzaran a interactuar entre ellas más rápidamente (creando un aumento temperatura al cilindro), llegando al límite de la resistencia del tanque causando una dilatación del material constituido del cilindro.

De mantenerse sin un banco de llenado de oxígeno se corre el riesgo de que pueda provocarse un accidente al personal técnico que realiza este trabajo de llenado de oxígeno.

1.3 Justificación e importancia

La seguridad aérea tiene como objetivo conocer las causas de cada incidente aéreo para modificar los procedimientos operativos y el entrenamiento de forma que se evite su repetición. Las investigaciones de seguridad en vuelo son complejas y analizan numerosos factores pero no buscan culpables sino simplemente las causas del incidente considerando los factores humanos y las cuestiones técnicas. Los principales recursos de

los investigadores son los testimonios e informes de las tripulaciones, en la investigación de las cajas negras o los restos de un incidente.

Es por eso que es necesario la construcción e implementación de un banco de llenado de cilindros de oxígeno para los helicópteros Dhruv ubicados en el Ala de Combate No 22 para no tener el riesgo de que ocurra un accidente con el personal que realiza este trabajo de llenado de las botellas de oxígeno, largo ciclo de vida a los mecanismos del cilindro de oxígeno, ayudando a eliminar las fugas a la atmósfera, se tendrá mayor confiabilidad en el trabajo de llenado de oxígeno, además que se logrará minimizar costos referente a mecanismos de las botellas de oxígeno.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar un banco de llenado de cilindros de oxígeno para los helicópteros Dhruv, para mejorar con la eficiencia de confiabilidad en el trabajo de llenado de los cilindros de O₂, y se logrará preservar la vida útil de los mecanismos del regulador del cilindro de oxígeno.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar y clasificar la información obtenida.
- Realizar Planos de construcción y adquirir materiales.
- Construcción del Banco de llenado de cilindros de O₂ y realizar pruebas.
- Elaborar manuales tales como: mantenimiento, operación, recepción de las botellas de O₂.

1.5 Alcance

El presente proyecto está dirigido a la seguridad del personal técnico de oxígeno y presurización del Ala de Combate No 22 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, donde se realizará la construcción e implementación de un banco de llenado de cilindros de oxígeno para las botellas de los Helicópteros Dhruv.

El banco de llenado de oxígeno se realizó con el propósito de reducir el tiempo de llenado de los cilindros de oxígeno (gox) del helicóptero Dhruv mediante un sistema de manifold el cual distribuirá el oxígeno a dichos tanques con su respectivo medidor de alta presión.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Helicóptero Dhruv

El helicóptero de avance ligero calificado como "DHRUV" es un helicóptero polivalente bimotor de 5.5 toneladas, propulsado por dos motores de Turbo meca TM 333-2B2. La cabina tiene capacidad para dos pilotos con asientos lado a lado. El fuselaje medio proporciona espacio para 14 pasajeros y contiene dos puertas corredizas, tres tanques de combustible principales y dos tanques de combustible de suministro que se encuentran en la estructura inferior.

La potencia de ambos motores es alimentada para la caja principal de transmisión (MGB) y transmitida al rotor principal. La MGB está montada encima (ARIS) para aislar vibraciones de rotor desde el fuselaje. La potencia de la caja principal es transmitida al rotor de cola a través de ejes con la caja auxiliar de engranaje (AGB).



Figura 1. Helicóptero Dhruv Ala de Combate No 22

2.2 Generalidades del helicóptero de avance ligero (ALH) DHRUV

TABLA 1.
Características del Helicóptero Dhruv

Tripulación:	1 ó 2 pilotos
Capacidad:	pasajeros
Longitud:	15,87 m
Altura:	4,05 m
Área circular:	137 m ²
Peso máximo al despegue:	5.500 kg
Planta motriz:	2x turboeje Shakti.
Potencia:	895 kW (1 200 HP; 1 217 CV) cada uno.

2.3 Problema de falta de oxígeno en vuelo

Las aeronaves al sobre volar los 10,000 pies de altura no hay la suficiente presión parcial y oxígeno para permitir al cuerpo humano funcionar apropiadamente. Si se vuela a esa altura sin oxígeno suplementario por varias horas se produce dolor de cabeza y fatiga.

A 15,000 pies, la presión parcial de oxígeno desciende hasta 1.74 psi. Vuelos a esa altura durante más de 30 minutos producen somnolencia y reducción en la capacidad de juicio y coordinación.

A 35,000 pies, donde la presión parcial de oxígeno es de solo 0.76 psi, solo se disponen de 15 a 30 segundos antes de perder el conocimiento.

2.3.1 Cerebro

No es ningún secreto que esta parte del cuerpo depende del oxígeno para funcionar. Las células cerebrales mueren sin oxígeno. Una saturación de oxígeno baja causa problemas mentales como confusión y pérdida de memoria a largo plazo. Si estos males son acompañados por otros signos de saturación baja de oxígeno, como sensación de hormigueo en los dedos y tos crónica.

De acuerdo con especialistas de Hospitales de los Angeles, el cambio en la presión del aire, las turbulencias, alteraciones en el ritmo cardíaco y el estrés físico o psicológico pueden producir lo siguiente:

2.3.2 Problemas pulmonares

Si padece una enfermedad pulmonar y decide viajar en avión, podría experimentar falta de oxígeno durante el vuelo (hipoxia), lo que quizás podría empeorar los síntomas de su enfermedad. Los médicos no pueden predecir cómo se sentirá cada paciente durante el vuelo, por lo que se han diseñado métodos para simular este entorno en quirófano. Los pacientes de enfermedades pulmonares deben acudir a su médico para saber si pueden viajar en avión.

2.3.3 Hipoxia e hiperventilación

Se define como hipoxia, la reducción o la baja en la concentración de oxígeno en los tejidos del cuerpo. Para describirla se han utilizado erróneamente algunos términos como “anoxia” que etimológicamente significa carencia absoluta de oxígeno, lo cual es incompatible en un organismo vivo, e “hipoxemia” que se refiere a una reducción de oxígeno en la sangre circulante lo cual consiguientemente conduce a una hipoxia como queda definida. El conocimiento de la hipoxia es de vital importancia para el

personal de vuelo, dado que por el carácter insidioso y “traicionero” de sus síntomas, como veremos más adelante, se le considera como la emergencia médica más grave durante un vuelo.

2.3.3.1 Tipos de hipoxia

Dependiendo de los mecanismos causales, existen los siguientes tipos de hipoxia:

2.3.3.1.1 Hipoxia hipoxica

Es la reducción de oxígeno en los tejidos del cuerpo resultante de respirar un aire con una presión parcial de oxígeno reducida, como sucede con la exposición a la altitud. Cualquier otro mecanismo que provoque una reducción de la presión alveolar de oxígeno, (neumonía, bronquitis severa, etc.) dará lugar a una hipoxia de éste tipo.

2.3.3.1.2 Hipoxia anémica

La reducción en la cantidad de glóbulos rojos o de hemoglobina en la sangre se define como anemia. En esta condición patológica la sangre tiene reducida su capacidad para transportar el oxígeno a los tejidos del cuerpo, dando lugar a una hipoxia de este tipo cuya intensidad será proporcional a la gravedad de la anemia.

2.3.3.1.2.1 Hipoxia por anemia fisiológica

La hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre puede reducir su capacidad para transportar el oxígeno a los tejidos del cuerpo, cuando se combina con otros gases por los cuales presente una mayor afinidad, como sucede con el monóxido de carbono (CO), que es un producto de la combustión incompleta de la materia orgánica, como el tabaco, en los

fumadores y los combustibles (gasolinas) de los automotores. En éstas condiciones las moléculas de la Hb combinadas con el CO, forman un compuesto químico, la carboxihemoglobina (HbCO), que “ocupa” a dichas moléculas, las cuales, por esa razón, no pueden transportar el oxígeno, provocando el déficit consiguiente de éste gas en los tejidos del cuerpo. Existen otras sustancias, como ciertos medicamentos (sulfadrogas, salicilatos, etc.) que en algunos individuos sensibles a éstos medicamentos, provocan alteraciones en la estructura química de la Hb, reduciendo la capacidad de éste pigmento para combinarse y transportar el oxígeno a los tejidos. En algunos países, a estos dos últimos tipos de hipoxia se les clasifica en un solo tipo, denominado hipoxia hipémica.

2.3.3.1.3 Hipoxia estática

Las fuerzas de la aceleración durante un vuelo provocan, entre otros efectos, el desplazamiento de la sangre circulante hacia diversos segmentos del cuerpo, provocando que otros reciban poca o ninguna irrigación sanguínea, se llama isquemia; esto reduce consiguientemente el aporte de oxígeno a estas áreas del cuerpo, originando éste tipo de hipoxia. Lo mismo sucede cuando se aplica una ligadura o un torniquete alrededor de una parte del cuerpo, impidiendo o reduciendo el paso de la sangre hacia otra parte, dando lugar a la deficiencia del aporte de oxígeno.

2.3.3.1.4 Hipoxia histotóxica

El envenenamiento del sistema citocromo respiratorio por sustancias químicas como el cianuro, el plomo y otros metales pesados, y por el alcohol etílico, principal ingrediente de toda bebida alcohólica, provoca la incapacidad de las células intoxicadas para aprovechar el oxígeno circulante en la sangre, dando lugar a éste tipo de hipoxia. La “cruda” resultante de la ingestión de alcohol el día anterior, afecta el aprovechamiento del oxígeno, provocando hipoxia de éste tipo. El conocimiento, por parte del personal de

vuelo, de la hipoxia y sus diversos tipos, radica en el hecho de que en un mismo individuo pueden presentarse simultáneamente uno o más tipos de ésta grave emergencia, agravando sus síntomas, y provocando que éstos se presenten a una menor altitud durante un vuelo.

2.3.4 Etapas de la hipoxia

Los síntomas de la hipoxia varían de un individuo a otro, y en una misma persona bajo diferentes condiciones; existen diversos factores que predisponen a la hipoxia, entre las cuales se citan las siguientes: Un deterioro de la condición física, principalmente de tipo cardiorrespiratoria, la fatiga física, el hábito de fumar, la ingestión de bebidas alcohólicas, la aclimatación a la altitud. Otros factores que igualmente influyen son: La altitud de vuelo y el tiempo de exposición a la altitud. Los síntomas de la hipoxia se suelen agrupar en fases o etapas, las cuales se manifiestan, como promedio y con variaciones naturales, en las altitudes y tiempos de exposición que se mencionan:

2.3.4.1 Etapa indiferente

Se presenta desde el nivel del mar hasta una altitud promedio de 10,000 pies, con un tiempo de exposición de 2 horas. Se denomina así porque generalmente, en un individuo sano, no se presenta ninguna alteración ostensible de hipoxia. La única manifestación presente es una disminución del ojo para adaptarse a la oscuridad con la consiguiente reducción de la visión nocturna. Ello es debido a que la retina es la parte del sistema nervioso más sensible a la carencia del oxígeno. Por ésta razón los pilotos, sobre todo en la aviación militar, que deben mantener su visión al exterior durante vuelos nocturnos, requieren respirar oxígeno suplementario desde el momento del despegue.

2.3.4.2 Etapa compensatoria

Se presenta de los 12,000 pies a los 15,000 pies de altitud, con un tiempo de exposición promedio de 30 minutos: Se llama así porque a estas altitudes de vuelo, unos centros nerviosos llamados quimio-receptores localizados en el cuello en la pared de las arterias carótidas, y en el cayado de la arteria aorta, detectan la deficiencia de oxígeno ya existente en los tejidos, y envían estímulos nerviosos al corazón aumentando la frecuencia de sus (latidos / taquicardia) para aumentar el gasto cardíaco, es decir, la cantidad de sangre expulsada por el corazón por minuto, y al centro respiratorio para aumentar también la frecuencia respiratoria (hiperventilación compensatoria) para un mayor aporte de oxígeno hacia el alveolo pulmonar. Pese a estos mecanismos compensatorios, en esta etapa ya se manifiestan algunos síntomas debidos a la deficiencia de oxígeno, como son: fatiga, dolor de cabeza, mareo, somnolencia y apatía.

2.3.4.3 Etapa sintomática

Se presenta a altitudes entre los 15,000 pies y los 18,000 pies, con periodos de exposición hasta de 15 minutos. En ésta etapa en donde se manifiestan todos los síntomas y signos por los que la hipoxia se considera la emergencia médica más grave en vuelo, y que son: visión borrosa por disminución de la agudeza visual, reducción del campo visual (visión de túnel) incoordinación motora progresivamente creciente, que se inicia con una torpeza o dificultad para realizar movimientos finos con las manos, seguida de temblor de las mismas que se convierte en movimientos de tipo convulsivo; hay una alteración de la memoria, del juicio y del razonamiento de lo cual la persona afectada no se percató, dado que aunque se le dicten instrucciones correctivas para remediar su carencia grave de oxígeno, es incapaz de llevarlas a cabo. Hay cambios de la conducta y de la personalidad manifestados por un estado de euforia o falso bienestar, o estados depresivos o agresividad, simulando un estado de intoxicación

alcohólica. Las uñas y los labios se tornan de color violáceo (cianosis) atribuibles a la baja concentración de oxihemoglobina.

2.3.4.4 Etapa crítica

Se presenta a altitudes por encima de los 20,000 pies con periodos de exposición hasta de 5 minutos. En ésta etapa se agravan los síntomas y signos de la etapa anterior, y si la deficiencia de oxígeno no se logra corregir, se presentan crisis convulsivas generalizadas y pérdida del conocimiento, pudiendo llegar hasta la muerte por paro respiratorio.

2.3.5 Medidas preventivas

Las medidas de prevención contra la hipoxia son: crear en el personal de vuelo una conciencia de que la hipoxia existe, de que no hay persona inmune a la deficiencia del oxígeno, a través de los cursos de entrenamiento fisiológico que se deben impartir a dicho personal. Sesiones de entrenamiento fisiológico en cámara de altitud al personal de vuelo, en las que se demuestren en forma práctica, los efectos de la hipoxia por exposición a la altitud, y se les familiarice con el empleo de los sistemas de oxígeno a bordo de las aeronaves. Insistírle al personal de vuelo que debe utilizar el oxígeno suplementario de acuerdo con lo que le señale el altímetro, por encima de los 10,000 pies y no cuando aparezcan los síntomas de la hipoxia, pues en esta última condición será demasiado tarde para remediarla.

2.3.6 Tiempo útil de conciencia (TUC)

El tiempo útil de conciencia se define como el lapso en que una persona es capaz de realizar actos perfectamente consciente y normal, a partir del momento en que le falta un aporte adecuado de oxígeno. El tiempo útil de conciencia se reduce progresivamente con la altitud, aun cuando presenta

variaciones individuales y en una misma persona, igual que el mencionado con relación a la hipoxia. Cabe hacer mención que en el caso de una descompresión de cabina durante un vuelo, el TUC se reduce a la mitad o a la tercera parte, como consecuencia de la descompresión súbita del pulmón y la remoción del volumen de reserva, la consiguiente privación absoluta del oxígeno alveolar, las alteraciones bruscas de la mecánica respiratoria y otros efectos físicos, fisiológicos y psicológicos de la propia descompresión. Es por ello importante para los pilotos, en caso de vuelos por encima de los 35,000 pies de altitud, el llevar sus equipos de oxígeno en posición fácilmente accesible para su uso, dado que el tiempo de que dispondrán para adaptárselo en caso de una descompresión de cabina, se reduce a pocos segundos.

2.3.7 Hiperventilación

El miedo, la ansiedad, la tensión nerviosa, y la propia voluntad, provocan un aumento en la frecuencia respiratoria que trae consigo una exhalación exagerada de bióxido de carbono (CO₂), el cual es el estimulante químico más importante del centro respiratorio. Este desplazamiento del CO₂ da lugar a una alcalosis de la sangre, que desplaza la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda reduciendo con ello el aprovechamiento del oxígeno. A éste fenómeno se le llama hiperventilación y sus síntomas son: sensación de hormigueo en los dedos de manos y pies, con una contractura espástica en extensión de los mismos, temblor progresivamente creciente de las extremidades, palidez de los tegumentos y pérdida del conocimiento con movimientos, en ocasiones, de tipo convulsivo. La ausencia de estímulo químico del centro respiratorio por la expulsión del CO₂ produce un periodo de apnea (falta de respiración) durante el cual el CO₂ se acumula nuevamente en los tejidos, y al estimular nuevamente el centro respiratorio se reanuda la respiración, y se recupera progresivamente el paciente. Aún cuando el proporcionar oxígeno suplementario ayuda algo a la recuperación del paciente hiperventilado, es más útil y más recomendable pedirle que

respire más lentamente, que suspenda momentáneamente su respiración, o que respire dentro de una bolsa (a bordo del avión una bolsa de mareo es excelente para éste fin), eso hará que suban los niveles del CO₂, que se estimule el centro respiratorio y cedan los síntomas.

2.3.8 Edema pulmonar en grandes alturas

Esta enfermedad se da cuando una persona viaja a lugares con altitudes mayores a 8.000 pies (2.400 m). El aire delgado en las grandes alturas tiene menos oxígeno y el cuerpo se priva de oxígeno rápidamente. El aire es más seco y las personas se deshidratan. Los síntomas incluyen dolores de cabeza, retención de líquidos, tos y falta de aliento. Esta enfermedad puede afectar a cualquier persona que viaje a grandes alturas y puede resultar en la muerte si no se trata oportunamente.

Tabla 2.

Problemas de la falta de oxígeno

ALTITUD (PIES)	EFFECTOS
5,000	DETERIODO DE LA VISIÓN
10,000	DISMINUCIÓN DE JUICIO COORDINACIÓN
14,000	FALTA DE CLARIDAD DE PENSAMIENTO
16,000	DESORIENTACIÓN Y AGRESIVIDAD
18,000	POSIBLE PERDIDA DEL CONOCIMIENTO
SOBRE LOS 18,000	PERDIDA DEL CONOCIMIENTO Y POSIBLE MUERTE

Para evitar todas estas enfermedades causadas por falta de oxígeno a altas alturas en un avión se ha creado un sistema de oxígeno que permita mantener sus sistemas del cuerpo humano en normalidad.

2.4 Oxígeno

El problema de la falta de oxígeno en altura se conoce desde antes de la creación de las aeronaves más pesadas que el aire. Por lo mismo, desde esa época se comenzaron a diseñar sistemas rudimentarios que aportaran oxígeno en forma suplementaria, hoy en la actualidad toda aeronave consta con un sistema exclusivo de oxígeno de emergencia de acuerdo al servicio de cada aeronave.

Debido a las actuales alturas de vuelo de la aviación comercial y a la posibilidad de pérdida de presurización, pérdida que permitirá que la altura de cabina pueda alcanzar muy rápido la altura de vuelo, fue necesaria la instalación del sistema de oxígeno.

2.4.1 Las ventajas del oxígeno

Sin ninguna duda, el oxígeno es el elemento más esencial para toda existencia. A través de oxidación normal (la unión química de un elemento con oxígeno, como lo que ocurre durante la digestión, una fogata, o herrumbre), el universo regenera destruyéndose y reconstruyéndose una y otra vez infinitamente. El elemento O₂ (dos átomos de oxígeno unidos en una molécula) es un componente crítico en el aire que se respira. Es el elemento que sostiene. Es lo que se utiliza para la digestión de alimentos y para vencer toxinas y eliminar del cuerpo humano. A veces estas cosas no trabajan muy bien.

- Los contaminantes en el aire que se respira, especialmente en el ambiente interno, reduce el nivel de oxígeno disponible a la persona.
- Las enfermedades en el cuerpo humano pueden dificultar la respiración, y puede en cambio dificultar el uso de utilizar completamente el oxígeno que se respira.

- Un colon compactado lleno de fecal tóxico, atascan las paredes intestinales disminuyendo la salud.

2.4.2 Tipos de fuentes de oxígeno

El oxígeno puede obtenerse en una aeronave de cuatro formas:

- Forma gaseosa
- Forma líquida
- Compuesto químico
- Medios mecánicos (usos en aviones militares)

2.4.2.1 Oxígeno Gaseoso (gox)

Se almacena en cilindros de acero a alta presión, que suele ser entre 1,800 y 3,000 psi. Hubo una época que el oxígeno se almacenaba en contenedores de baja presión, que trabajaban a 450 psi, pero presentaban las desventajas de ocupar una cantidad excesiva de espacio por lo que su uso ha sido eliminado de la aviación hoy en día.

2.4.2.2 Oxígeno Líquido (lox)

Los sistema de oxígeno líquido (LOX) son usados en los aviones militares más modernos gracias a su eficiencia y pequeños requerimientos de espacios, aunque se utilizan muy pocos en aeronaves civiles por el manejo especial que se requiere.

La tasa de expansión del LOX es de 862.1 atmósferas, esto significa que un litro de LOX producirá unos 862 litros de GOX.

2.4.2.3 Características del Iox

Es un líquido azul pálido transparente que se evapora a la presión estándar (14,5 psi) a una temperatura ambiente, su habitad se mantiene de aproximadamente a $-276\text{ }^{\circ}\text{F}$ y se mantiene en forma líquida en contenedores al vacío que no sean reflectadas a la mínima cantidad de calor o radiación, y el aire es vaciado del espacio entre las dos paredes para minimizar la transferencia de calor por conducción y convección.

2.5 Sistema de oxígeno y presurización de un avión

Las aeronaves que vuelan por lo general sobre los 10,000 pies de altura están equipados con un sistema de oxígeno o están presurizadas por un sistema de control ambiental, sacamos el aire de las etapas del compresor por lo cual el aire no ha participado en ninguna combustión ni se ha mezclado con ningún agente perjudicial, además de ello es filtrado por una cámara mezcladora, después pasa a los packs de aire acondicionado que son los encargados de enfriarlo y por último se mezcla con aire caliente con el fin de climatizarlo a la temperatura deseada, que se ha selectado en cabina, tenemos dos tipos de instalaciones, instalaciones fijas y los elementos portátiles.

En estas instalaciones el oxígeno debe provenir de una fuente que bien puede ser el almacenaje en botellas o generadores químicos de O_2 .

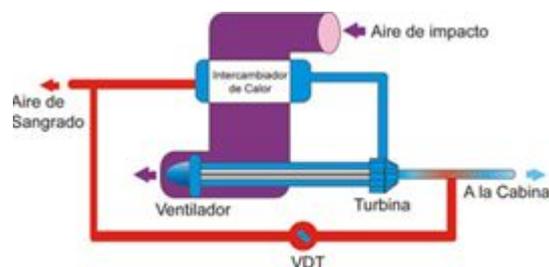


Figura 2. Sistema de presurización de un avión

Fuente: (Manual maintenance, Sabreliner, 1989)

Su funcionamiento se basa en extraer el aire del motor a través de una o más válvulas que hay en el compresor del turboreactor y es conducido al interior del intercambiador de calor. Este flujo de aire extraído del motor es el destinado a introducirse finalmente en la cabina del avión que no es el aire de impacto como podría pensarse. Por su parte, el ventilador de la unidad aspira aire exterior. El aire de impacto es expulsado a la atmósfera tras pasar por el intercambiador de calor y enfriar el aire caliente expulsado por el motor.

El aire caliente que procede del compresor sigue su curso y pasa a la turbina. La rueda de turbina es de un diámetro pequeño y gira a 90,000 r.p.m; la cual está colocada en el circuito para que el aire expulsado del motor experimente al pasar por ella una expansión muy fuerte. Con la expansión de aire ocurren dos cosas: su temperatura disminuye hasta el punto en que se forma normalmente hielo en la salida del conducto si hay suficiente humedad en el aire y en segundo lugar, la expansión produce el movimiento de giro de la rueda y ésta impulsa el ventilador situado en el mismo eje. En el vuelo tenemos una máquina con movimiento autónomo. Se dispone así de una fuente de aire muy frío para la cabina. Es bien entendido que si este flujo de aire se introduce directamente en cabina el frío sería extremo congelando a los pasajeros, por lo que es claro que debe modularse su temperatura de la siguiente manera.

La función moduladora se hace con la válvula de derivación de la turbina de refrigeración VDT. Dicha válvula está situada en un conducto paralelo al intercambiador de calor.

Si la válvula VDT está muy abierta el flujo de aire expulsado por el motor sigue principalmente esta vía, ya que es más fácil para el aire, que introducirse en el camino interno del intercambiador de calor el cual está hecho de tubos estrechos. El trayecto por la VDT elude el paso del aire por

el intercambiador de calor y la turbina de expansión, de manera que es un flujo de aire caliente, más o menos a la temperatura del aire en el compresor del motor. Por el contrario, si la válvula VDT está muy cerrada casi todo el aire es forzado a pasar por el trayecto del intercambiador de calor, es decir, por el trayecto donde el aire se somete a un fuerte enfriamiento.

La temperatura del aire de la cabina se regula por la posición que tiene la válvula VDT. Si la válvula está muy abierta se envía calor a la cabina; si está muy cerrada el aire que sale de la unidad es frío porque ha mezclado poco aire caliente proveniente del conducto de la VDT. Sería este el caso típico de funcionamiento de la unidad en un vuelo crucero a gran altitud, donde el avión experimenta fuertes pérdidas de calor y la cabina necesita calefacción.

En vuelo a baja altitud, normalmente es necesario introducir en la cabina gran cantidad de aire frío, de manera que la VDT tienda a situarse en posiciones más cerradas. El piloto cuenta con un mando para seleccionar la posición de la válvula, pero lo normal es que el sistema funcione en modo automático regulando la temperatura de la cabina a un valor establecido previamente.

2.6 Sistemas generadores de oxígeno a bordo (obogs)

Son equipos que utilizando el aire a presión provisto por las turbinas del avión generan oxígeno para las tripulaciones en forma permanente mientras se encuentren en uso. Este proceso se lleva a cabo mediante la utilización de un tamiz molecular que son poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que se usa como agente adsorbente para gases y líquidos, las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son absorbidas, mientras que las moléculas mayores no, cada tamiz molecular contiene compuestos de aluminio silicatos cristalinos llamados zeolitas, a medida que el aire presurizado pasa a través de la cama del tamiz la mezcla de aire es separado en sus diversos componentes. La porción

enriquecida de oxígeno se separa y es temporalmente almacenada en un recipiente del cual fluye hacia el regulador de respiración y de ahí a la mascarilla. Una de las mayores desventajas de este sistema es la presencia de impurezas ya que las unidades operacionales pueden solo proveer hasta un 95% de oxígeno con presencia de un 5% de argón; sin embargo, recientes desarrollos de laboratorios usando tamices de carbón molecular fueron capaces de producir oxígeno con una pureza de hasta 99%.



Figura 3. Generador de oxígeno a bordo

2.7 Sistema de oxígeno piloto-copiloto y pasajeros del helicóptero Dhruv

El sistema de oxígeno del Helicóptero Dhruv es accionado por el piloto-copiloto y pasajeros cuando el helicóptero sobre vuelos los 10,000 pies también se utiliza este sistema cuando el tripulante se encuentre con nerviosismo y no permita que sus neuronas funcionen correctamente en esos casos no importa la altura en que se encuentren tienen que colocarse la mascarilla y empezar inhalar oxígeno y así permitir un estado normal de conocimiento.

2.7.1 Sistema de oxígeno del piloto y copiloto

El sistema de oxígeno del piloto y copiloto es accionado cuando el helicóptero este sobrevolando los 10,000 pies de altura o en casos de emergencia como puede ser un desperfecto en el helicóptero en estos casos el piloto tiende a perder el control mental y la tranquilidad y se agita rápidamente por lo que sus neuronas necesitan más oxígeno para poder tranquilizarse y tomar buenas decisiones.

El sistema de oxígeno del piloto-copiloto consta de los siguientes componentes:

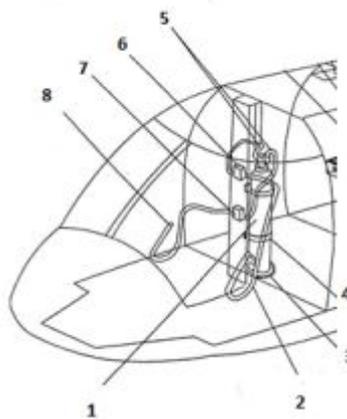


Figura 4. Sistema de oxígeno (piloto-copiloto)

Fuente: (Manual de maintenance Dhruv corporation, 1992)

1. Cilindro de oxígeno – tripulación
2. Extensión de la manguera
3. Base
4. Abrazadera flexible
5. Manguera flexible
6. Regulador del copiloto
7. Regulador del piloto

8. Tubo regulador de la mascarilla

2.7.1.1 Botella de oxígeno del helicóptero Dhruv



Figura 5. Cilindro de oxígeno del helicóptero Dhruv

El cilindro de oxígeno del helicóptero Dhruv está fabricado de una aleación de aluminio, este cilindro está diseñado para almacenar el oxígeno gaseoso a alta presión 2,175 psig, la prueba hidrostática se la realiza cada 5 años, tiene una confiabilidad de 27,500 horas, el peso máximo es de 8,8 kg. Esta botella tiene un disco de ruptura que se abre a una presión de 2,941 psi. El cilindro de oxígeno está ubicado entre el piloto y copiloto en la estación # 3, asegurado por medio de dos abrazaderas y una base.

2.7.1.1.1 Componentes de la botella de oxígeno

2.7.1.1.1.1 Regulador de presión



Figura 6. Regulador de presión

El regulador de presión se encuentra instalada sobre el cuello de la botella, su función es la de regular la presión de la botella que es de 1,850 psig a 51,45 psig que es la presión necesaria para poder respirar, se encuentran instalados en este regulador dos puertos de salida de oxígeno fabricadas de aluminio con cobre y es accionado por medio de un accionamiento ON-OFF.

2.7.1.1.1.2 Manómetro de oxígeno

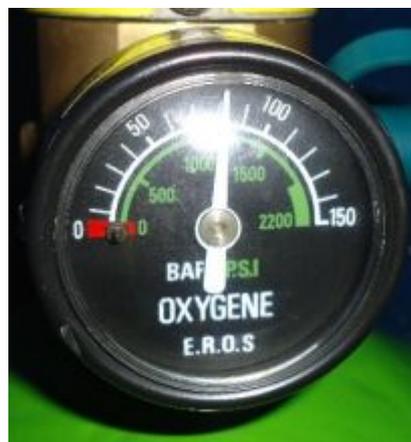


Figura 7. Manómetro de oxígeno

Los manómetros son instrumentos utilizados para medir la presión de fluidos, todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondiente. Este manómetro es fabricado en la empresa EROS, instalada en el reductor de presión, marca una presión de hasta 2,200 psi y de 150 bar, es utilizado en la botella de oxígeno para indicar el contenido de O₂ que se encuentra en el cilindro y por otra parte los indicadores de flujo que señalan al usuario que el oxígeno está fluyendo del regulador hacia la mascarilla.

2.7.1.1.1.3 Extensión de la manguera



Figura 8. Extensión manguera flexible

Está diseñada para soportar bajas presiones, son fabricadas de caucho y silicona, está localizada desde la salida del puerto del regulador del piloto-copiloto hasta la entrada de la manguera de la mascarilla se realiza el mantenimiento en cada vuelo se verifica si existe daños en estas mangueras flexibles.

2.7.1.1.1.4 Base



Figura 9. Base

La base como se observa en la figura sirve para sentar la botella, esta base está sujeta e instalada en la estación # 3.

2.7.1.1.1.5 Abrazadera flexible



Figura 10. Abrazadera flexible

Está diseñada de aluminio, localizada entre el piloto y copiloto en la estación # 3, su función es la ajustar a la botella de oxígeno y mantenerla fija y no permitir que exista movimiento de la botella.

2.7.1.1.1.6 Manguera flexible



Figura 11. Manguera flexible

Estas mangueras flexibles son diseñadas de mallas metálicas trenzadas de silicona y plástico sintético fabricadas para soportar bajas presiones, se las realiza el mantenimiento en la inspección de 500 horas localizando así posibles daños, se encuentran localizadas desde la salida del puerto de oxígeno de la botella hasta la entrada del regulador del piloto-copiloto su función es la de transportar la presión del oxígeno que sale del regulador de la botella (51.45 psi) hasta el regulador piloto-copiloto.

2.7.1.1.1.7 Regulador piloto-copiloto



Figura 12. Regulador piloto-copiloto

Este regulador de presión está fabricado en la compañía EROS, su accionamiento es a partir de más de los 10.000 metros de altura, cuenta con tres posiciones las cuales son: normal (- 10,000 pies), 100 % (mayores a 10,000 pies), emergencia, su suministro de presión es de 3.5 ± 5 bar, su rango de temperatura es de $- 50 + 70$ °C, su mantenimiento se realizará en un banco cada año, se encuentra localizado entre el piloto-copiloto asegurado a la estructura del helicóptero por cuatro tornillos de sujeción. Su función es la de reducir o aumentar la presión la cual necesita el piloto-copiloto dependiendo a la altura que se encuentre el helicóptero.

2.7.1.1.1.8 Tubo regulador de la mascarilla



Figura 13. Tubo regulador de la mascarilla

Este tubo regulador tiene la función de regular con la entrada de la mascarilla de los pilotos para así poder tener el ingreso de oxígeno hacia el cuerpo humano, es fabricado de aluminio.



Figura 14. Mascarilla del piloto – copiloto.

La mascarilla del piloto-copiloto está fabricada de silicona y caucho, la manguera flexible que es parte de la mascarilla de oxígeno es de caucho, tiene dos sujetadores de nylon que se ajustan al casco del piloto-copiloto permitiendo así un cierre hermético con la cara del piloto, estas mascarillas son más pesadas que las de los pasajeros, en el interior de la mascarilla cuenta con una válvula de ajuste hermético que controlan el flujo de los

gases dentro y fuera de la máscara, de manera que re inspiración del gas exhalado se reduce al mínimo y son de fabricación francesas.

2.8 Sistema de oxígeno de pasajeros

El sistema de oxígeno de pasajeros será accionado cuando el helicóptero sobre vuele los 10,000 pies de altura. El sistema de oxígeno de pasajeros consta de una botella portátil de oxígeno el cual tiene un regulador, este regulador permite que la presión de la botella portátil sea reducida de 1,850 psig a 51.45 psig tiene directamente dos salidas de flujo continuo. El pasajero deberá colocar la manguera flexible de la mascarilla hacia uno de los puertos de flujo continuo de la botella portátil, esta botella tiene una carga máxima de 1850 psi, luego se acciona la botella portátil de oxígeno y por último se coloca la mascarilla hacia el rostro y se respira normalmente para así obtener oxígeno.

2.8.1 Botella de oxígeno portátil



Figura 15. Botella portátil de oxígeno

Tiene una capacidad de 1850 psi que son reducidos por medio de un regulador a 51,45 psi para que pueda respirar los pasajeros, estas botellas al igual que la de los pilotos son de la empresa Eros, su ubicación es en los extremos del helicóptero están localizados en un compartimiento pequeño que es exclusivo para almacenar la botella de oxígeno portátil y la mascarilla

de los pasajeros. Un manómetro al igual que la botella de los pilotos, dos puertos de salidas de oxígeno, una válvula de recarga para su llenado ubicada en el cuello de la botella.

2.8.2 Mascarilla de oxígeno de pasajeros



Figura 16. Mascarilla de oxígeno de pasajeros

Estas mascarillas son de fabricación de silicona, cuenta con una bolsa de respiración de plástico ubicada en la mascarilla de respiración como se observa en la figura para almacenar un suministro de oxígeno para permitir la respiración profunda y sin residuos, cuenta con una manguera flexible de plástico. Las mascarillas son utilizadas cuando el helicóptero sobre vuela los 10,000 pies de altura y por algún problema respiratorio, se la ajusta hacia la cara por medio de una banda elástica, se estira la funda plástica y se conecta al puerto de la botella portátil y se continúa respirando normalmente.

2.9 Almacenamiento y manipulación



Figura 17. Almacenamiento de equipo de oxígeno

Muchos casos de falla de reguladores de oxígeno en servicio han sido reportados. Un análisis detallado se ha llevado a cabo en las unidades fallidas y la causa principal de la mayoría de fallas se ha identificado por el ingreso de polvo dando lugar a un mal funcionamiento de los componentes internos.

El ingreso de polvo puede suceder durante el uso operacional en entornos polvorientos. El polvo también puede entrar en las partes sensibles de los reguladores durante el almacenamiento y manejo antes de la instalación en el helicóptero por cualquier razón.

Como el sistema de oxígeno es un equipo respiratorio de protección y seguridad crítica para la tripulación, se tendrá mayor cuidado durante la manipulación de los componentes del sistema.

Las siguientes recomendaciones de almacenamiento y manipulación se emiten para garantizar que no haya polvo que se introduzca inadvertidamente en los componentes del sistema durante el almacenamiento y manipulación.

Todos los componentes del sistema de oxígeno se almacenaran y manipularan en su estado original y en un ambiente cerrado libre de polvo hasta que estén instalados en el helicóptero.

Todos los componentes del sistema de oxígeno deberán ser manipulados e instalados en un ambiente libre de grasa y polvo. Cualquiera de las mangueras del sistema de oxígeno instaladas en el helicóptero, si se desconecta en un extremo por cualquier razón deberá ser inmediatamente sellada con un tapón adecuado para evitar el ingreso del polvo.

Cualquiera de las mangueras del sistema de oxígeno retiradas de su instalación en el helicóptero deberá ser sellada en ambos extremos con tapas de plásticos extraíbles y almacenadas en cubiertas de polietileno selladas hasta que se requiera para su re utilización en el helicóptero. Asegurar que todas las tapas y cobertores usados estén libres de polvo.

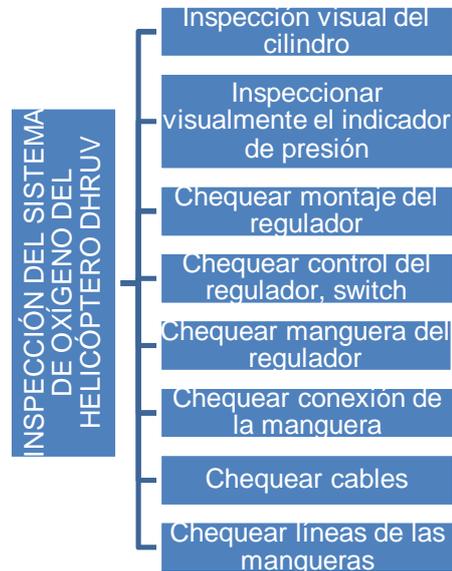
Los puertos de entrada y salida del regulador de oxígeno serán cubiertos con adecuadas tapas de plástico, el interruptor aire-mezcla en el regulador colocado en la posición 100% de oxígeno, y el regulador cubierto en un adecuado cobertor polietileno antes del almacenamiento o manipulación cuando se retire del helicóptero por cualquier razón. Garantizar que todos los tapones y cobertores usados estén libre de polvo y grasa.

Los puertos de entrada y salida del cilindro de oxígeno deberán ser adecuadamente tapados durante el almacenamiento y manipulación. Garantizar que los tapones estén libre de polvo y grasa.

Cuando el cilindro de oxígeno o regulador de oxígeno se remueva-reemplace, antes de conectar el regulador asegúrese por cualquier razón purgar la manguera para que no queden atrapados polvo y no ingresen en el regulador.

Tabla 3.

Inspección del sistema de oxígeno del helicóptero Dhruv



2.10 Bancos



Figura18: Banco de comprobación limpieza de inyectores

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase, o biblioteca) en forma aislada. Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad.

2.11 Banco de llenado de oxígeno



Figura 18. Banco de llenado de oxígeno

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

Este banco de llenado está diseñado para el llenado de cilindros y/o para el suministro de gas a una red central utilizando un regulador de presión. Manuales, semi-automáticos o automáticos, los bancos consisten de dos componentes principales:

- El manifold que integra las llaves de paso, calibradores de presión y reguladores
- Un banco en línea que permite la conexión a las mangueras que van a los cilindros.

Los bancos a su vez pueden ser sencillos, dobles, en ángulo (Tipo L), en forma de U, cruzados o alternados y su diseño está directamente

relacionado con el espacio disponible por el usuario. La distancia estándar entre los cilindros es de 10 pulgadas en el centro.

2.12 Cilindros de oxígeno

Los cilindros de alta presión para gases comprimidos son envases de acero de calidad especial, fabricados sin uniones soldadas y tratados térmicamente para optimizar sus propiedades de resistencia y elasticidad.

Estos cilindros son llenados a alta presión, comprimiendo el gas en el reducido espacio interior del cilindro. La fuerza ejercida por el gas sobre las paredes del recipiente al tratar de conservar su volumen en condiciones naturales, genera el efecto llamado "presión".

2.12.1 Tipos de cilindros

Según la calidad del acero, los cilindros pueden ser tipo 3A de acero al manganeso, de pared gruesa, o 3AA, generalmente de acero cromo - molibdeno, de pared delgada. Los cilindros 3AA representan una ventaja para los usuarios ya que son más livianos y resistentes. Los cilindros utilizados pueden ser de distintos tamaños, y por lo tanto de diferentes capacidades. El espesor de pared varía entre 5 y 8 mm, salvo en la base y en el hombro, en que el espesor aumenta para hacer seguro el manejo y permitir el estampado con letras de golpe, de los datos y valores indicados por las normas.

2.12.2 Identificación de los cilindros

Todos los cilindros deben llevar una serie de signos estampados a golpes en el hombro que identifican lo siguiente:

- Presión del Cilindro

- Material del Cilindro
- Fabricado bajo una Norma Técnica Específica
- Código y numeración del cilindro
- Última prueba hidrostática
- Logo de la fábrica o empresa que realiza la prueba hidrostática
- Inicial de quién realizó la Prueba Hidrostática
- Mes de fabricación cuando se realizó la Prueba Hidrostática

2.12.2.1 Presión del cilindro



Figura 19. Presión del cilindro

2.12.2.2 Material del cilindro



Figura 20. Material del cilindro

- ▶ 3AA Acero cromo molibdeno
- ▶ 3A Acero molibdeno

2.12.2.3 Fabricado bajo una Norma Técnica Específica



Figura 21. Norma Técnica Específica

2.12.2.4 Código y numeración del cilindro



Figura 22. Código y numeración del Cilindro

2.12.2.5 Última prueba hidrostática



Figura 23. Última prueba Hidrostática

La prueba hidrostática de un cilindro se realiza cada cinco años.

2.12.2.6 Logo de la fábrica o empresa que realiza la Prueba Hidrostática



Figura 24. Logo de la fábrica que realiza la Prueba Hidrostática

2.12.2.7 Inicial de quién realizó la Prueba Hidrostática



Figura 25. Inicial de quién realizó la prueba hidrostática

2.12.2.8 Mes de fabricación cuando se realizó la Prueba Hidrostática



Figura 26. Mes cuando se realizó la prueba hidrostática

2.12.3 Inspección y prueba de cilindros

Los cilindros que deben contener gas comprimido a alta presión, necesitan un control periódico de su estado, para seguridad de los usuarios. Cuando un cilindro llega a sus plantas de llenado, es sometido a diversos controles.

2.12.3.1 Inspección visual

Se revisan externa e internamente las paredes del cilindro para apreciar la existencia de algún deterioro como cortes, hendiduras, abolladuras, exceso de corrosión y señales de arco eléctrico. En el caso de verificar algún deterioro, este es analizado para determinar su importancia, pero en algunos casos, como la señal de arco eléctrico, este es rechazado e inutilizado definitivamente. También se revisa el estado de la válvula, especialmente su hilo, y la fecha de la última prueba hidrostática.

2.12.3.2 Prueba de olor

Antes de llenar un cilindro, se comprueba el olor de su contenido anterior para detectar posible contaminación.

2.12.3.3 Prueba de sonido

Sirve para verificar si el cilindro tiene alguna falla (grieta, oxidación interna, líquido, etc.). También indica si está vacío (sonido de campana) o cargado.

2.12.3.4 Prueba hidrostática

La vida útil de un cilindro es de muchos años, dependiendo del trato que haya recibido, por ello es necesario controlar periódicamente la resistencia del material del cilindro. Cada envase debe someterse a una prueba hidrostática cada 5 años, la cual consiste en probar el cilindro a una presión hidráulica equivalente a $5/3$ de su presión de servicio.

2.13 Almacenamiento y manejo de cilindros

Siempre debe recordarse que los cilindros están cargados con un gas a alta presión, por lo que deben tratarse con cuidado, evitando daños mecánicos (golpes, caídas) o físicos (calentamiento excesivo, arcos eléctricos). Un cilindro cuya válvula se rompiera, podría convertirse en un proyectil impulsado por la fuerza propulsora del gas, que sale a alta presión por un orificio de pequeño diámetro.

Si el cilindro se calienta en forma excesiva, el aumento de presión puede hacer saltar el dispositivo de seguridad de la válvula dejando escapar el contenido.

Por tanto:

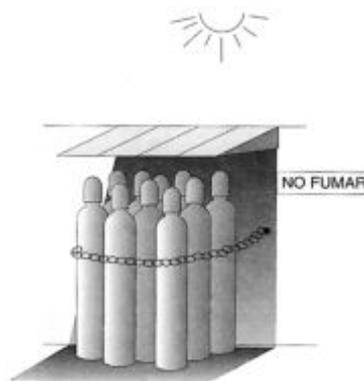


Figura 27. Ubicación correcta de cilindros de oxígeno

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

- Almacenar los cilindros en áreas destinadas sólo para ello.
- Al almacenarse en el interior, deben estar en un lugar seco, bien ventilado, adecuadamente señalizado.
- Marcar los cilindros vacíos, manteniéndolos aparte de los llenos, sin mezclar cilindros de distintos gases (ni llenos ni vacíos).

- No colocar cilindros en corredores o áreas de trabajo en que puedan ser golpeados por máquinas en trabajo u objetos que caigan sobre ellos.
- Cuando el cilindro no está en uso, debe tener el gorro puesto, protegiendo la válvula. No debe haber ropas u objetos similares sobre los cilindros, dificultando la visión o manejo de las válvulas.
- No trate de llenar un cilindro o de trasvasijar gases de un cilindro a otro.
- En el caso de cilindros de oxígeno, no permitir el contacto del cilindro con grasas, aceites u otros combustibles orgánicos.
- Nunca usar un cilindro si el gas que contiene no está claramente identificado en él. No depender sólo del color del cilindro para identificar su contenido. Devuelva un cilindro no identificado al distribuidor.
- Si se almacenan en el exterior, es necesario protegerlos del ambiente y del sol.
- Los cilindros siempre deben estar en posición vertical, encadenados a una pared o baranda.

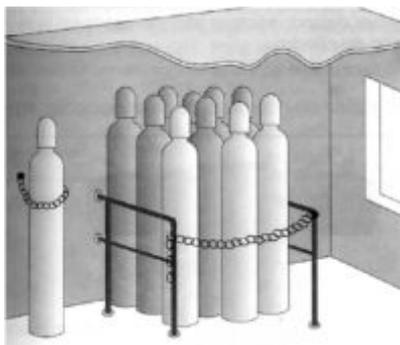


Figura 28. Ubicación de los cilindros a una pared o baranda

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

- Nunca hacer arco eléctrico en el cilindro.

- Evite almacenar cilindros cerca de cualquier fuente de ignición o material a alta temperatura. En general un cilindro nunca debe calentarse a más de 50°C.
- Siempre devuelva sus cilindros usados con una presión mínima de 2 bares (29 psi), y con la válvula cerrada, para evitar la contaminación del envase.
- Nunca dejar caer un cilindro, aunque parezca estar vacío, ni golpear cilindros entre sí. Nunca levantar un cilindro tomándolo por la tapa o válvula. Nunca arrastrar un cilindro ni hacerlo rodar. Use el transporte adecuado.

2.14 Válvulas y reguladores

Cada cilindro tiene una válvula especial, que permite llenarlo, transportarlo sin pérdidas y vaciar su contenido en forma segura. A la válvula debe adaptarse un regulador, el que permite bajar la elevada presión interna del cilindro a la presión de trabajo recomendada. Tanto válvulas como reguladores son de diversos tipos, según el gas a que estén destinados y las características de éste. También varían las conexiones, con lo que se evita el intercambio accidental entre equipos para gases no compatibles entre sí.

2.14.1 Válvulas

Las válvulas utilizadas en los cilindros están diseñadas para trabajo pesado y alta presión. Son fabricadas en bronce con asientos generalmente de teflón. El hilo de conexión se hace diferente para cada gas, para evitar errores. Cada válvula posee un sello de seguridad, que salta a una presión o temperatura excesiva, dejando escapar gas, y evitando así la explosión del cilindro.

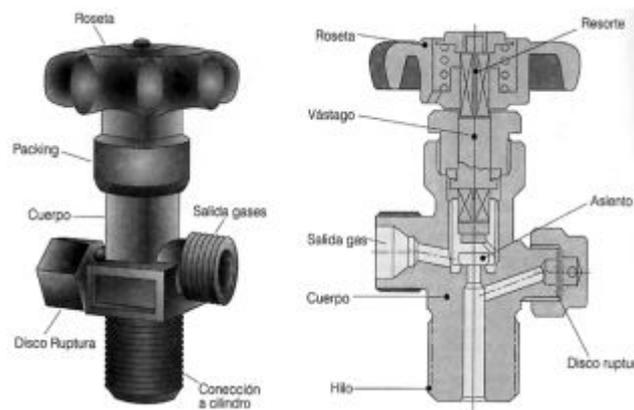


Figura 29. Regulador de oxígeno

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

2.14.1.1 Uso correcto de las válvulas

Las rosetas o manillas de las válvulas están diseñadas para operación manual. Nunca se debe usar llaves de tuercas, martillar, palanquear o acuñar una válvula trabada o congelada. Si la válvula no se abre con la mano, devuelva el cilindro al distribuidor.

- Nunca abrir la válvula si no está correctamente conectado el regulador.
- No usar la válvula como punto de apoyo para mover el cilindro.
- Evitar cualquier golpe o presión externa sobre ella.
- Nunca lubricar las válvulas, especialmente en caso de oxígeno, en que es especialmente peligroso.
- Si un cilindro tiene fuga de gas, marcar y alejar inmediatamente de toda fuente de ignición y llamar al distribuidor.
- Al abrir la válvula, nadie debe estar frente a la salida de gas.
- Usar siempre las conexiones adecuadas entre válvulas y regulador, según las normas especificadas. No tratar de adaptar conexiones.

2.14.2 Reguladores

Un regulador de presión, es un dispositivo mecánico que permite disminuir la elevada presión del gas en el cilindro, hasta la presión de trabajo escogida y mantenerla constante.

Cada regulador está diseñado para un rango de presiones determinado y para un tipo de gas específico. Es importante hacer la selección del equipo adecuado para cada aplicación.

2.14.2.1 Estructura de un regulador

Básicamente, el regulador consta de un diafragma que recibe la presión del gas por un lado y la acción de un resorte ajustable por el otro. El movimiento del diafragma controla la apertura o cierre del orificio que entrega el gas. La llave de control del diafragma se usa para mantener una presión de entrega escogida constante, a un valor que esté dentro del rango de diseño del regulador.

Una vez regulada la presión, el diafragma actúa automáticamente, abriendo o cerrando el orificio de salida para mantener la presión de servicio constante. Opcionalmente se puede agregar al regulador un dispositivo de control de flujo (flujómetro), que permite calibrar y leer el flujo de gas requerido.

2.14.2.2 Tipos de regulador

Existen dos tipos fundamentalmente:

2.14.2.2.1 Regulador de una etapa

Este tipo de regulador reduce la presión del cilindro a la presión de trabajo en un solo paso. Cuando la presión de la fuente varía presenta una pequeña variación en la presión de salida.

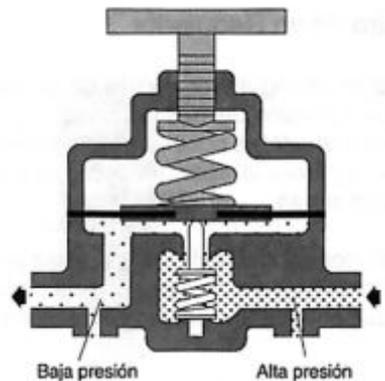


Figura 30. Regulador de una etapa

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

Funcionamiento:

- Cuando la mariposa esté suelta, la válvula de paso de la cámara de alta presión está cerrada por la acción del resorte que actúa sobre la válvula.
- Al apretar la mariposa, el diafragma levanta la válvula, permitiendo el paso de gas. Cuando la presión ejercida por el resorte no es suficiente para empujar el diafragma, se cierra la válvula y el flujo de gas se detiene.
- Al salir gas de la cámara de baja presión, el resorte es capaz nuevamente de desplazar el diafragma abriendo la válvula de paso. Así entonces, el diafragma oscila abriendo y cerrando la válvula de paso, hasta una presión que es igual a la que ejerce el resorte sobre el diafragma y que se regula con el giro de la mariposa.

2.14.2.2.2 Regulador de dos etapas

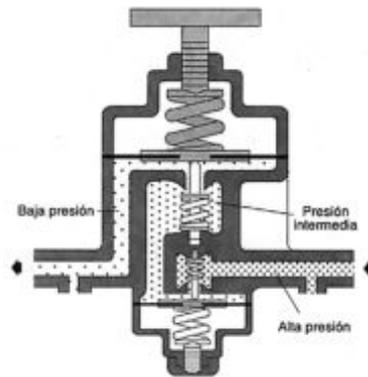


Figura 31. Regulador de dos etapas

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

Está diseñado para obtener una regulación de la presión de salida constante. La regulación se realiza en dos pasos:

- En el primero se baja desde la presión alta de la fuente (cilindro) hasta una presión intermedia.
- En el segundo se baja desde la presión intermedia hasta la presión de trabajo. Así, la segunda etapa recibe siempre la presión intermedia constante aunque la presión de la fuente esté variando en forma continua. Con esto se obtiene una presión de trabajo precisa y constante a la salida del regulador.

2.15 Manejo de reguladores de presión

Cuando se conecta el regulador a la válvula del cilindro, los hilos deben unirse fácilmente. Si el regulador no conecta bien, de ninguna manera debe ser forzado. La unión dificultosa puede indicar que el hilo y por lo tanto el regulador no es el correcto. Siempre debe comprobarse que el regulador sea el indicado, por el tipo de gas y su capacidad de presión y flujo.

Procedimiento

- 1.- Conectar el regulador a la válvula del cilindro.
- 2.- Girar la mariposa del regulador en el sentido contrario de los punteros del reloj hasta que no ejerza presión y gire libremente.
- 3.- Abrir la válvula del cilindro lentamente, hasta que el manómetro de alta registre la presión de entrada.
- 4.- Girar la mariposa del regulador en el sentido de los punteros del reloj hasta alcanzar la presión de trabajo deseada, que será indicada en el segundo manómetro.

2.15.1 Dispositivos de seguridad

Los reguladores contemplan dispositivos de seguridad para casos de presión excesiva. Los manómetros además, tienen un frente sólido y una caja de seguridad trasera. En caso de presión excesiva, la caja de seguridad (de metal liviano) saltará, dejando escapar gas y reduciendo la presión.

2.16 Manómetro de oxígeno



Figura 32. Manómetro de oxígeno

Un manómetro es un aparato que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Conociendo la presión del líquido o gas, se puede establecer el contenido en litros, kilogramos, etc.

Esencialmente se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

Un manómetro de acetileno mide la presión del acetileno (Y, por lo tanto, la cantidad de acetileno que hay en un tanque), un manómetro de oxígeno mide la cantidad de oxígeno que hay en un tanque (o más bien, mide la presión que ese oxígeno ejerce contra las paredes del tanque. A mayor presión, mayor contenido.

2.17 Válvulas de aguja



Figura 33. Válvula de aguja para oxígeno

Las válvulas de aguja juegan un papel importante en la regulación de la cantidad de una sustancia liberada por el flujo, la presión y la dirección. Estas válvulas también tienen la capacidad de cortar el flujo por completo, se parecen a las válvulas de globo en la función y en el diseño, excepto que las de aguja tienen una punta en vez de un disco en el extremo del vástago.

La válvula de aguja está diseñada específicamente para controlar el flujo de líquido o de gas para que pueda disminuir gradualmente y por último apagarse por completo. Las válvulas de aguja son adecuadas para el control del motor de arranque, dado que tienen una superficie de asentamiento más pequeña que las válvulas de globo. Ayudan a proteger medidores frágiles que de otro modo podrían resultar dañados por la liberación de grandes cantidades de una sustancia presurizada.

Las cuatro categorías de vástago de válvula de aguja son finas, gruesas, humedecida y no humedecida. Las roscas finas son delgadas en apariencia y muy juntas entre ellas. El control es preciso y cada vuelta causa que el vástago se mueva en cantidades mínimas. Una rosca gruesa es mucho más ancha que la fina y hay más espacio entre ellas, para permitir un flujo máximo y un apagado con poca precisión. Los vástagos humedecidos son definidos como roscas expuestas al líquido que pasa a través del sistema. Las roscas no humedecidas no se exponen al líquido que pasa a través del sistema y permanecen secas.

2.18 Normas de seguridad en el manejo de gases

Cuando los gases son manejados por personas entrenadas e informadas de sus riesgos potenciales, son tan seguros como cualquier producto químico sólido o líquido, en cualquiera de sus procesos de fabricación, envasado, transporte y utilización. Muchos años de experiencia mundial en manejo de gases, han originado prácticas de seguridad y equipos especiales, que, si son bien empleados, otorgan completa seguridad. En la industria de gases, el nivel de accidentes es bajo, y cuando ocurren por lo general se deben a un descuido en el uso de los equipos. Por ello, quien envasa, transporta o utiliza gases, debe informarse bien sobre estas prácticas y prevenir siempre las posibles situaciones de riesgo. En este capítulo se recuerda los posibles riesgos de los gases y las precauciones que deben observarse, sin embargo estas indicaciones son

complementarias. El manipulador, transportista o usuario de gases debe previamente:

- Conocer las características y posibles riesgos del gas (o gases) que maneja.
- Conocer las características y forma correcta del manejo y almacenamiento de envases y equipos para gases comprimidos o criogénicos.

2.19 Factores de riesgo en manejo de gases

2.19.1 Identificación de los gases

Los distintos gases tienen diferentes propiedades, las que motivan que los envases, equipos, normas de transporte y uso sean también diferentes. El primer factor de seguridad es conocer con qué gas se trabaja, evitando errores de identificación.

- Nunca usar cilindros no identificados adecuadamente (color, marcas, etiquetas), ni equipos que no sean diseñados específicamente para el gas correspondiente (válvulas, cilindros, reguladores, etc.).
- No dejar que los cilindros se contaminen. Para ello se debe mantener un saldo de presión en los cilindros vacíos y la válvula cerrada.
- En caso de mezclar dos gases, debe conocerse su compatibilidad, o, si la mezcla es accidental, recordar que la mezcla de dos gases puede ser peligrosa, controlando de inmediato el escape u otra causa de mezcla.
- Nunca intentar realizar mezclas de gases sin el equipo adecuado o sin saber las propiedades de la mezcla, que pueden ser muy diferentes a las de los gases componentes.
- Si un cilindro pierde su etiqueta, debe ser devuelto al distribuidor, indicando lo sucedido o marcando el cilindro como no identificado.

- Para cada gas, conocer y aplicar precauciones específicas en cuanto a forma de uso, presión de trabajo, temperatura ambiental, almacenamiento y transporte.
- Nunca debe confundirse cilindros vacíos con otros llenos, conectar un cilindro vacío a un sistema presurizado puede causar graves daños.

2.19.2 Toxicidad

Debe revisarse para cada gas sus efectos fisiológicos, sobre todo en casos de existir personas que trabajen en ambientes en que la concentración de un gas sea habitualmente alta o en ambientes cerrados y mal ventilados.

Todos los gases especialmente si son más pesados que el aire, pueden causar asfixia al desplazar el aire atmosférico, o reducir el porcentaje de oxígeno a un nivel muy bajo. Esto, especialmente en ambientes cerrados o poco ventilados.

Por ser los gases incoloros, y muchas veces inodoros, los escapes no son apreciables a simple vista, y los síntomas de asfixia pueden ser detectados demasiado tarde. Por ello, deben tomarse todas las precauciones posibles, manejando gases en áreas abiertas o interiores bien ventilados, eliminando todas las posibles causas de escape y controlando regularmente el estado de las válvulas, conexiones, tuberías, etc.

Al abrir la válvula nunca ponerse frente al flujo de gas, ni interponer las manos, especialmente cuando no se conocen cabalmente las características del gas en uso.

En el caso de gases de uso médico, es indispensable que quien los administre conozca bien los efectos de cada gas y los porcentajes correctos de mezclas de aire y otros gases.

BIEN

Gas almacenado en ambiente ventilado, en que se renueva constantemente el aire, sin peligro de acumulación de gas.



MAL

Gas almacenado en ambiente sin ventilación. Cualquier escape permite acumulación de gas, que desplaza el aire, con peligro de asfixia.



Figura 34. Lugar de almacenamiento de tanques de oxígeno

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

2.20 Detección de fugas

Todo sistema diseñado para uso con gases presurizados debe ser verificado en cuanto a su estanqueidad, antes de ser usado. Este control puede ser hecho con Nitrógeno para purgar además del sistema la humedad

del aire. Esta verificación permite prevenir la posibilidad de escape de gases que pueden ser tóxicos o inflamables.

Nunca debe buscarse escapes con una llama, acercada a las uniones o salidas. El método más sencillo es el de aplicar agua jabonosa o un líquido tensio-activo especial: la formación de burbujas indicará fuga de gases. Se puede utilizar también procedimientos químicos (papeles reactivos muy sensibles), o físicos (detectores de ionización).

NO

Nunca utilizar llama
para verificar escape de gas.



SI

Utilizar líquido tensio-activo.
Las burbujas indican
escape de gas.



Figura 35. Verificación escape de gas

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

2.21 Cilindro de alta presión

La mayoría de los gases de uso industrial o médico están comprimidos a alta presión en cilindros de acero.

Un aumento excesivo de presión o la rotura de la válvula es peligroso, ya que el cilindro puede convertirse en un proyectil al dejar escapar el gas a alta velocidad. También puede existir peligro de asfixia por desplazamiento del

aire. Tratar siempre los cilindros y su válvula con mucho cuidado, evitando caídas, golpes o choques. Un cilindro que tenga señales de golpe o su válvula trabada, debe ser devuelto al distribuidor señalándose el defecto. Cada cilindro, lleno o vacío, debe siempre tener puesta su tapa protectora, cubriendo la válvula especialmente durante su manipulación o traslado. Evitar que el cilindro se caliente (el aumento de temperatura aumenta proporcionalmente la presión). Un cilindro no se debe exponer a temperaturas superiores a 50°C. Al utilizar el gas, usar siempre el regulador apropiado para reducir la presión, no abrir la válvula con demasiada rapidez: el gas comprimido saldrá a gran velocidad, volviéndose a comprimir a enorme presión en el regulador, lo que aumenta su temperatura pudiendo llegar a la inflamación en el caso de gases oxidantes. Si las conexiones no están bien ajustadas, no son las adecuadas o tienen hilos dañados, puede producirse escape de gas con el consiguiente peligro. Los cilindros tienen dispositivos de seguridad para casos en que se produzca una subida excesiva de presión; no se deben modificar ni manipular. En el caso de detectarse escape de gas de un cilindro por falla en la válvula, aislarlo al aire libre, lejos de fuentes de ignición, si se desea regular el flujo de gas, debe usarse un flujómetro. Usar el regulador de presión es impreciso y riesgoso. Nunca deberá usarse la válvula del cilindro para este fin. A medida que se ocupa el gas de un cilindro, la presión desciende. El cilindro debe considerarse vacío cuando la presión de servicio sea de 2 bar (29 psi), ya que bajo ese valor, puede presentarse succión hacia el interior penetrando aire, humedad u otra forma de contaminación, formándose mezclas que pueden ser explosivas si el gas es inflamable. Abrir la válvula solamente con la mano. Si está trabada, no usar llave u otro medio de forzarla. Lleve el cilindro a su distribuidora. Abrir lentamente, con la salida hacia el lado contrario al operador, verificando antes que el regulador esté bien conectado.



Figura 36. Salida de gas de un tanque de oxígeno

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

2.22 Estado de conservación de los cilindros

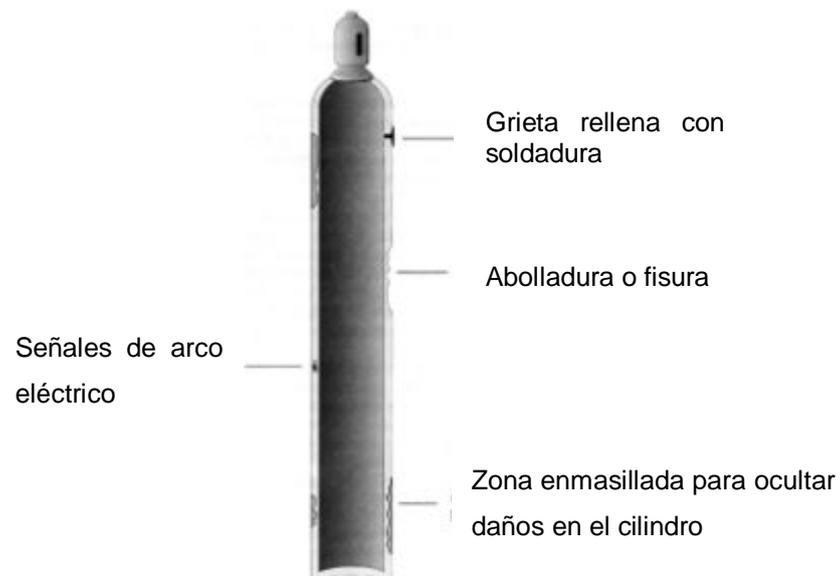


Figura 37. Cilindros con fallas

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

Los cilindros para Gases no pueden ser soldados, desabollados, enmasillados, y en general reparados, porque cualquier cambio en la forma y espesor de sus paredes los debilitan y los hacen muy peligrosos. Los cilindros con fallas deben darse de baja de acuerdo a las normas establecidas. Los cilindros para gas de alta presión deben someterse a inspección y prueba cada 5 años. La inspección debe ser externa e interna y consta de los siguientes puntos:

- Pesaje
- Medición espesor pared con ultra-sonido
- Control de fisuras o fallas
- Prueba hidrostática
- Secado

Los cilindros de acetileno deben someterse a inspección y mantención periódica por lo menos cada 10 años. La inspección debe ser externa e interna de acuerdo a las normas establecidas y debe hacerse cada vez que haya razón para creer que el cilindro o su masa porosa han sufrido cambios que pudieren alterar sus funciones de seguridad.

2.23 Inflamabilidad

Ciertos gases pueden reaccionar muy activamente o bien violentamente, liberando gran cantidad de calor y produciendo una llama, al contacto con oxígeno (ya sea puro o como parte del aire). Ellos son los gases combustibles o inflamables. El oxígeno es un gas comburente, tal como el óxido nitroso, aunque éste en grado mucho menor. La inflamabilidad de un gas combustible depende en primer lugar de la concentración en que participa en la mezcla con el comburente, y en segundo lugar de la temperatura de auto ignición de ésta. Límites de inflamabilidad Son los valores mínimos y máximos de concentración en volumen de un gas en aire, o en oxígeno, entre los que puede producirse una inflamación en presencia de una llama u otra fuente de ignición. Si el gas considerado tiene una concentración mayor o menor a dichos límites, no se inflamará. Estos límites están medidos a 1 atm de presión y a 20°C, y se amplían si aumenta la temperatura o presión, aumentando el riesgo de ignición. Si en el trabajo que se realiza con los gases existe una posibilidad de mezcla inflamable, consulte a la distribuidora cuáles son los límites de trabajo seguro. Los límites de inflamabilidad son expresados en porcentaje. Por ejemplo, los límites de inflamabilidad de la mezcla de Hidrógeno en Aire, a 20°C y 1 atm

son 4% y 74,5%. Esto significa que el Hidrógeno puede inflamarse en cualquier concentración entre las citadas, y no a concentraciones menores a un 4% o mayores que un 74,5%. Por ello, debe evitarse que la concentración de Hidrógeno en áreas de trabajo, sobrepase un 4% en la mezcla con aire ambiental.

2.24 Efectos de los gases inertes

La adición de un gas inerte, que no reacciona con el oxígeno ni con un gas inflamable, modifica los límites de inflamabilidad de éste último. Este efecto de los gases inertes es de gran importancia en la industria, pues permite el manejo de los gases inflamables en forma segura, manteniéndolos separados del oxígeno del aire.

2.25 Temperatura mínima de auto-inflamación

La mezcla de un gas inflamable con aire, al ser calentada gradualmente, llega a una temperatura en que se inicia una reacción química, muy lenta. Al seguir aumentando la temperatura, la rapidez de esta reacción aumenta progresivamente y al llegar a cierto nivel la mezcla entra en combustión violenta, con llama, de todo el volumen gaseoso calentado. Se dice que la mezcla ha sufrido una auto-inflamación distinguiéndola de la inflamación causada por la presencia de una fuente de ignición, como ser una llama o chispa. Las diferentes mezclas de gas combustible con aire, se auto-inflan a diferentes temperaturas según su concentración. Cuando se trabaja con tales mezclas debe conocerse la menor temperatura de auto-inflamación propia de esa mezcla, para fijar los límites de seguridad.

2.26 Precauciones en el Manejo de Gases

2.26.1 Inflamables

Los cilindros que contienen gases inflamables deben ser tratados con especial cuidado, en cuanto a su almacenamiento, transporte y utilización. Las principales reglas de seguridad comunes a todos estos gases son:

Almacenar los cilindros con cuidado, siempre en posición vertical, en ambientes frescos y bien ventilados, en el exterior fuera del alcance del sol, y lejos de cualquier fuente de ignición o circuito eléctrico. El cilindro nunca debe calentarse a más de 50°C

Nunca almacenar gases combustibles junto con gases comburentes, como oxígeno u óxido nítrico. Los cilindros de gases combustibles, especialmente hidrógeno, deben ser usados sólo por personal de gran experiencia y debidamente calificado. Manejar los cilindros con especial cuidado, evitando que se golpeen, se calienten o reciban electricidad. Recordar que los cilindros «vacíos» aún contienen gas. Siempre deben tener su válvula cerrada, con el gorro puesto. Usar para cada gas las válvulas, reguladores y conexiones especiales para ese gas. Nunca usar empaquetaduras de goma, cuero ni de ningún material orgánico. No engrasar o aceitar ningún envase, equipo o accesorio para uso con gases combustibles o comburentes. Preocuparse de mantener las salidas y conexiones de válvula y regulador siempre limpias, sin polvo ni partículas extrañas. Un cilindro con la válvula abierta y poca presión puede contaminarse, formándose mezclas explosivas. Por ello no usar el cilindro cuando la presión es igual o menor a 25 psi. Cuando el cilindro no está en uso, debe permanecer con la válvula cerrada. Las válvulas y reguladores deben ser abiertos con lentitud, para evitar altas presiones de salida, que pueden incluso incendiar el regulador. Si el Hidrógeno sale muy rápido,

arderá en contacto con el aire, por lo que en este caso nunca debe abrirse la válvula sin que esté conectado el regulador.



Figura 38. Flujo inverso de gas combustible

Fuente: (Manual de indura corporation, 2006)

El oxígeno, aunque no es un gas combustible, debe ser tratado como tal por su fuerte acción comburente, especialmente en las cercanías de gases inflamables. Si un cilindro tiene escape, márkelo y aíslalo, en el exterior, lejos de toda fuente de ignición. Avise al distribuidor. En el caso de hidrógeno tenga especial cuidado, pues arde a alta temperatura sin que se vea su llama. Use válvulas anti-retroceso en la salida del regulador y en la conexión de los sopletes, con el objeto de prevenir el flujo inverso de los gases, en el caso de aplicación de mezclas con gases combustibles. Ejemplo: (Acetileno con Oxígeno).

CAPÍTULO III

3.1 DESARROLLO DEL TEMA

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO PARA LOS HELICÓPTEROS DHRUV UBICADOS EN EL ALA DE COMBATE No 22.

3.2 Preliminares

Para la construcción del banco de llenado de cilindros de oxígeno utilizado en el llenado de los cilindros de oxígeno del helicóptero Dhruv mediante un sistema de manifold, el cuál distribuirá el O₂ a los cilindros del helicóptero Dhruv, para el uso del personal técnico de la especialidad de oxígeno y presurización en el Ala de Combate No 22 Escuadrón de Mantenimiento 2221 acantonado en la ciudad de Guayaquil. El banco se realizó para contribuir al mejoramiento de confiabilidad del personal técnico construyendo e implementado este equipo que es de gran necesidad.

Se determinó que la mejor manera de dar mayor confiabilidad al personal técnico de esta especialidad es la construcción e implementación de un banco de llenado de cilindros de oxígeno con un sistema de manifold de accionamiento manual. Para lo cual se recopiló información de los manuales existentes sobre el tema, así como páginas web, la construcción se lo realizó tomando en consideración todas las normas de seguridad y normas requeridas.

La construcción del banco de llenado de O₂ mediante un sistema de manifold permitirá el llenado de O₂ de los cilindros del helicóptero Dhruv sin ninguna interrupción de llenado, debido a que es de accionamiento manual y no necesita de electricidad.

Este banco fue construido con el propósito de llenar los cilindros del helicóptero Dhruv debido a que el Escuadrón de Mantenimiento 2221 no contaba con un banco de llenado de cilindros de O₂ , por lo que se lo realizaba de forma inadecuada causando malestar y des confiabilidad al personal técnico que realiza esta labor. La construcción del banco fue primeramente realizando los planos de construcción con la ayuda del programa Auto Cad, se seleccionó los materiales a utilizar como son: planchas de tol, platina, medidor de alta presión, válvulas de aguja de alta presión, cañerías flexibles de alta presión, tubería pvc, llaves esféricas de agua, manifold , entre otros.

Una vez seleccionado y adquirido el material se empezó en el corte y doblado del material para comenzar a dar forma a la estructura del banco, terminado la estructura del banco se instaló el sistema de distribución de O₂ mediante cañerías de acero inoxidable y cañerías flexibles, válvulas de aguja, sistema de enfriamiento por agua que ayudará a disipar el calor del cilindro. Una vez terminado el banco se procedió a realizar las pruebas operacionales y funcionales que nos dieron resultados positivos.

Después de haber logrado el objetivo con el banco se procedió a la señalética de todo el banco que es muy importante, para que puedan visualizar el peligro que sucedería si no se aplica las normas de seguridad necesarias para la operación de este banco, para lo cual se realizó manuales de operación, mantenimiento, recepción de cilindros de O₂.

3.3 Estudio de alternativas

Para poder continuar con la construcción del Banco de llenado de cilindros O₂ del helicóptero Dhruv se tuvo dos alternativas principales:

- Banco de llenado de O₂ compacto con funcionamiento eléctrico.
- Banco de llenado de O₂ con funcionamiento manual.

Tabla 4.

Ventajas y desventajas del banco de llenado compacto eléctrico

BANCO COMPACTO ELÉCTRICO	
VENTAJAS	PUNTAJE
Presión controlable	1
Fácil instalación de partes	1
Fácil operación	1
DESVENTAJAS	
Altos costo de partes	0
Costoso mantenimiento	0
Funciona solo con energía eléctrica	0
TOTAL VENTAJAS	3

Tabla 5.

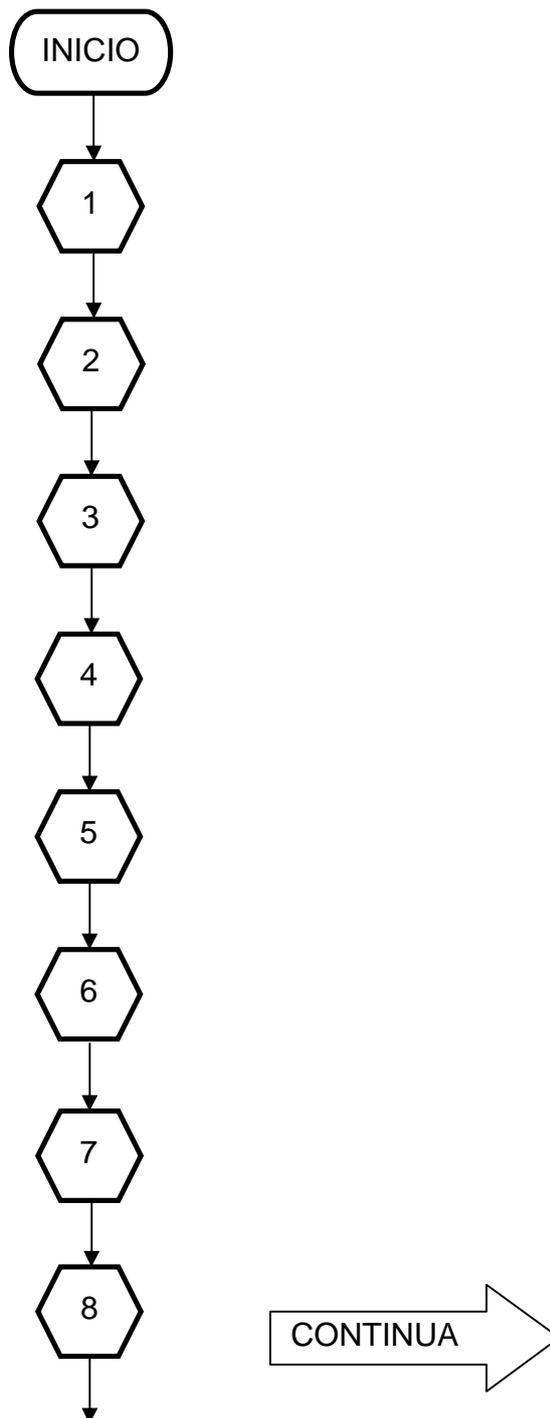
Ventajas y desventajas del Banco de llenado manual

BANCO ACCIONAMIENTO MANUAL	
VENTAJAS	PUNTAJE
Fácil adquisición de partes	1
No necesita energía eléctrica	1
No produce ruido	1
Mejor control de presión	1
Velocidad de presión controlable	1
Mantenimiento de bajo costo	1
DESVENTAJAS	
Llenar 4 o más botellas de O2 al mismo tiempo	0
Menor tiempo de llenado de O2	0
TOTAL VENTAJAS	6

Mediante los resultados obtenidos de las ventajas y desventajas de las tablas, se ha llegado a la conclusión que es más factible la construcción de un banco de llenado de O2 manual. Para ello se describe a continuación los flujogramas que permitan dilucidar la forma efectiva para el trabajo de

construcción. En esta sección se resume todos los procesos de construcción y ensamblaje, explicando cada fase de la construcción y ensamblaje de manera secuencial y lógica.

3.4 Flujograma de construcción del banco de llenado de O2



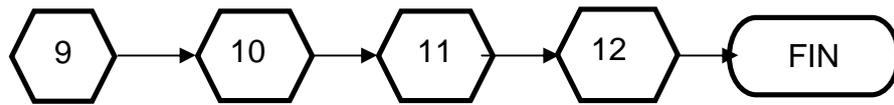


Figura 39. Flujograma de construcción del Banco de O2.

1. Planeamiento del método de construcción.
2. Selección de materiales.
3. Corte, ensamblaje y construcción de la estructura del banco de O2.
4. Pintado del banco de O2.
5. Instalación de las válvulas de aguja e instalación del indicador de presión.
6. Instalación del manifold y válvula de alivio.
7. Instalación de las conexiones del manifold hacia las válvulas de aguja.
8. Instalación de las mangueras flexibles del manifold hacia el tanque re abastecedor.
9. Instalación del sistema de agua e instalación de las mangueras flexibles de las líneas de llenado hacia los cilindros de O2.
10. Instalación de cauchos a la abrazadera del tanque re abastecedor y señalética del banco.
11. Pruebas operacionales y funcionales.
12. Procedimientos de recepción de cilindros de O2, operación, mantenimiento.

3.5 Planeamiento del método de construcción

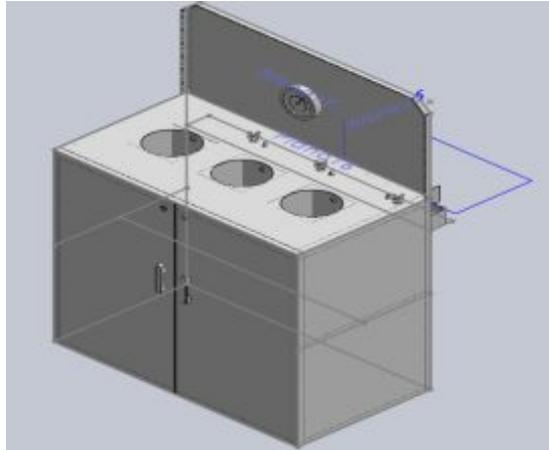


Figura 40. Desarrollo estructural del banco de llenado de O₂

Antes de empezar con la construcción del banco de llenado de O₂ se realizó los planos de construcción con la ayuda del programa Auto cad, donde especificamos todas las medidas de la estructura del banco. Con este plano logramos un mejor entendimiento en la construcción del banco. Ver en el anexo “F” donde se especifica más detalladamente.

3.6 Selección de materiales

3.6.1. Manifold



Figura 41. Manifold

Este material consta de un tubo de acero inoxidable de 50 cm de longitud, 2 plg de diámetro Este material (acero inoxidable) soporta alta presión ya que posee una superficie estable y lisa de un material anticorrosivo que los protege de la corrosión (ataque que sufren los metales en presencia de humedad) y oxidación (ataque que sufren los metales en ausencia de humedad).

3.6.2 Mangueras flexibles de alta presión



Figura 42. Manguera flexible de alta presión

Fabricadas para soportar alta presión (14,000 psi) cuyo material es de revestimiento de acero, se puede clasificar como un acero suave o dulce ya que el porcentaje del carbono es del 0,30 – 0,60 % C, se utilizó la cantidad de 3,5 m. y una cantidad de 3,5 m de cañería rígida de acero inoxidable. La función principal es la soportar la alta presión del tanque re abastecedor y la de distribuir el O₂ hacia los cilindros de O₂ del helicóptero Dhruv.

3.6.3 Plancha de tol



Figura 43. Plancha de tol

Se utilizó 3 planchas de tol de 120 mm a 240 mm para realizar la estructura del banco de llenado de oxígeno.

3.6.4 Válvula de alivio



Figura 44. Válvula de alivio

Las válvulas de alivio de presión o también llamadas válvulas de seguridad están diseñadas para aliviar la presión cuando un fluido supera un límite preestablecido, esta válvula de alivio tiene como función principal la de evitar la explosión del sistema protegido o el fallo de alguna sobrepresión en una cañería, fabricada en bronce de alta presión con un acople a $\frac{1}{4}$ plg.

3.6.5 Indicador de presión



Figura 45. Indicador de presión

Un indicador de presión de marca cxjy, debe estar a calibrado con su respectivo certificación, soporta una presión de hasta 3,500 psi, la función principal de este indicador es la de indicar la presión actual del tanque re

abastecedor de O₂ que no debe ser menor a la del cilindro del helicóptero Dhruv, estará ubicado en la parte frontal del banco de O₂.

3.6.6 Válvula de aguja



Figura 46. Válvula de aguja

Utilizaremos 3 válvulas de aguja de acero inoxidable que soportan presiones mayores a 2,500 psi. Estas válvulas de aguja juegan un papel muy importante en el banco de O₂, cumplen la función de controlar el flujo que ingresa al cilindro de O₂ del helicóptero Dhruv, disminuye gradualmente y cierra por completo el paso de flujo al cilindro.

3.6.7 Tubería PVC



Figura 47. Tubería PVC

Esta tubería cumple la función de transportar el agua a las secciones de llenado de O2, se utilizó 2,5 m x ½ plg de tubería pvc de agua caliente.

3.6.8 Llave esférica de agua



Figura 48. Llave esférica de agua

Esta llave esférica se instaló para abrir y cerrar el paso de agua a las diferentes secciones de llenado de O2, se utilizó 4 llaves esféricas de agua de ½ plg.

Tabla 6.

Varios

04 bisagras torneadas de ½	02 kg electrodos de 6011
02 kg electrodos de 6013	03 discos de corte de 7 plg
01 disco de desbaste 7 plg	03 llaves esféricas tipo palanca
04 rollos de teflón	03 nepllos de ½ C/ tuerca
03 nepllos de ½ x 6	04 codos de ½
04 T de ½	01 reductor de ¾ a ½
01 poliméx x 50 cl	01 acople flexible de ½
02 uniones para manguera	04 metros de manguera de agua de ½

3.7 Corte, ensamblaje y construcción de la estructura del banco

Se realizó los trazos en las planchas de acero con ayuda de un flexómetro y un marcador como se observa en la figura.



Figura 49. Trazos de las planchas

Se realizó los cortes en las planchas de acero con las medidas trazadas anteriormente con ayuda de una cortadora de metal utilizando la seguridad como los guantes.



Figura 50. Cortes con una cortadora de metal

Con las planchas de acero cortadas se realizó los doblados en las puntas para poder realizar la estructura de las puertas del banco de llenado de oxígeno, se realizó con la ayuda de una dobladora de metal.



Figura 51. Planchas de metal dobladas

Luego de tener las planchas y ángulos cortadas se empezó a ensamblar la estructura del banco de llenado con la ayuda de una soldadora utilizando materiales de protección como: casco protector, guantes, overol de trabajo.



Figura 52. Ensamblaje de la estructura

Una vez que se realizó una parte de la estructura, se construyó los tanques de almacenamiento de agua o la sección de las botellas de oxígeno y se ensambló a la estructura anteriormente con la ayuda de una soldadora.



Figura 53. Ensamblaje de la sección de las botellas de oxígeno.

Primero se colocó las bisagras torneadas, y a cada puerta se instaló una chapa pequeña de seguridad, y luego se ensambló a la estructura del banco con la ayuda de una soldadora.



Figura 54. Ensamblaje de las puertas del banco

Se ensambló en la parte posterior del banco lo que ayudó a sostener y mantener estables a los tanques de O₂ con la ayuda de una soldadora.



Figura 55. Ensamblaje de la abrazadera de los tanques de O₂

Se pulió las partes soldadas con la ayuda de una moledora, se esmeriló para que no quede ninguna parte cortante, con las medidas de seguridad como son: guantes, protector de oídos, casco con visor transparente, overol de trabajo.



Figura 56. Pulimiento de las partes soldadas del banco.

Luego se realizó los orificios para instalar las válvulas de aguja y la línea de llenado de oxígeno cabe recalcar que tenemos tres válvulas de aguja y tres líneas de llenado de oxígeno para lo cual se utilizó: flexómetro, un rayador o lápiz, taladro y una lima redonda.



Figura 57. Orificios para válvulas de aguja y línea de llenado

Seguidamente se verificó que las válvulas de aguja y línea de llenado de oxígeno ingresen en el orificio sin ninguna dificultad.



Figura 58. Verificación de las válvulas de aguja en el orificio

Con la ayuda de un taladro se realizó un orificio para instalar el indicador de presión en el centro de la plancha de metal asegurado con una tipo abrazadera y con dos tornillos de sujeción para mantener seguro y estable este indicador.



Figura 59. Orificios para la instalación del indicador de presión

3.8 Pintado del banco de llenado de oxígeno

Una vez terminado la estructura se procedió a pintar con pintura de fondo anticorrosiva para evitar posible corrosión a todo el banco como se observa en la foto, con la ayuda de un compresor, y dos litros de pintura anticorrosiva, un litro de tinñer, usando protección como: guantes, mascarilla, overol de trabajo.



Figura 60. Pintado con pintura de fondo anticorrosivo

Terminado este proceso de pintura de fondo, se empezó a pintar con pintura poliuretano blanco a toda la estructura del banco de llenado de oxígeno, se utilizó dos litros de pintura blanca poliuretano, un litro de tinñer. Se utilizó los mismos implementos de seguridad que lo anterior.



Figura 61. Pintado del banco de llenado de oxígeno

3.9 Instalación de las válvulas de aguja e instalación del indicador de presión

Se procedió a la instalación de las tres válvulas de aguja y su acople de línea de llenado de oxígeno, se utilizó una llave de ajuste y teflón



Figura 62. Instalación de las válvulas de aguja y línea de llenado

Se procedió a instalar el indicador de presión con su respectiva placa de sujeción y un codo que va hacia la parte posterior.



Figura 63. Instalación del indicador de presión.

3.10 Instalación del manifold y válvula de alivio

Se instaló el manifold con sus respectivos acoples en la parte posterior del banco sujetado con dos abrazaderas resistente como se observa en la foto.



Figura 64. Instalación del manifold

Instalación de la válvula de alivio de presión con su respectiva platina de sujeción hacia la estructura del banco, que permitió aliviar la presión existente en todas las cañerías, cabe recalcar que esta válvula es fabricada de bronce y puede soportar altas presiones.



Figura 65. Instalación de la válvula de alivio de presión

Conexión de la válvula de alivio de presión hacia el manifold mediante una cañería flexible de alta presión con sus respectivas juntas.



Figura 66. Conexión de la válvula de alivio al manifold

3.11 Instalación de las conexiones del manifold hacia las válvulas de aguja

Se realizó las conexiones del manifold hacia cada una de la válvulas de aguja, para ello se utilizó cañerías de alta presión, una T de $\frac{1}{4}$ que nos sirvió para distribuir las cañerías hacia las válvula de aguja y una pequeña cañería flexible de alta presión.



Figura 67. Instalación de las conexiones del manifold

3.12 Instalación de las mangueras flexibles del manifold hacia el tanque re abastecedor.

Se instaló las mangueras flexibles desde el manifold las cuales van a estar conectadas hacia los cilindros de O₂, cabe recalcar que todos los acoples, juntas, tuercas, etc que se utilizó para las conexiones de las cañerías son de cobre y de acero inoxidable resistentes a altas presiones



Figura 68. Instalación de las mangueras flexibles del manifold.

3.13 Instalación del sistema de agua e instalación de las mangueras flexibles de las líneas de llenado hacia los cilindros de O₂.

Se instaló el sistema de agua o enfriamiento a cada uno de las secciones de las botellas de oxígeno, cabe recalcar que se utilizó tubo pvc acoples, uniones, llaves esféricas de paso y corte de agua, teflón, codos, para esta instalación se utilizó llaves de tubo, todos estos materiales son de medida de ½ plg.



Figura 69. Instalación del sistema de agua del banco de llenado de O₂

Se procedió a instalar las mangueras flexibles desde la línea de llenado de oxígeno hacia las botellas de oxígeno.



Figura 70. Instalación de las mangueras flexibles de las líneas de llenado

3.14 Instalación de cauchos a la abrazadera del tanque re abastecedor y señalética del banco.

Para evitar que los cilindros de oxígeno produzcan ralladuras en la pintura de la parte que ajusta los cilindros hacia el banco de O₂ se colocó unos cauchos, realizamos los cortes con la ayuda de un estilete.



Figura 71. Instalación de cauchos en abrazadera de los cilindros

Una vez terminado la construcción del banco de llenado de O₂, se empezó a colocar la señalética en todo el banco de O₂ con la finalidad de prevenir algún accidente a futuro.



Figura 72. Instalación de señalética en todo el banco de llenado de O₂.

3.15 Pruebas operacionales y funcionales

Tabla 7.

Pruebas operacionales del banco de O2

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN TIERRA	Busca determinar la estabilidad estructural del equipo.	ESTABILIDAD ACEPTABLE
PRUEBA DE OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE AGUJA	Busca determinar el estado de las válvulas de aguja.	ESTADO ACEPTABLE
PRUEBA DE OPERACIÓN DEL MANIFOLD	Busca determinar el estado del manifold.	ESTADO ACEPTABLE
PRUEBA DE OPERACIÓN DEL MANÓMETRO	Busca determinar el estado del manómetro.	ESTADO ACEPTABLE
PRUEBA DE OPERACIÓN DE LA VALVULAR DE ALIVIO	Busca determinar el estado de la válvula de alivio.	ESTADO ACEPTABLE



Figura 73. Prueba de funcionamiento del banco de llenado de O2

Luego de haber terminado con la construcción del banco de llenado de O2 se procede a realizar las pruebas correspondientes, es decir el llenado de oxígeno a la botella del helicóptero Dhruv, este proceso se realizó con las normas de seguridad establecidas para llenado de oxígeno, donde la prueba de funcionamiento tuvo éxito, se observó que no había ninguna fuga ni contratiempo al utilizar el banco de llenado de oxígeno.

Tabla 8.**Tabla de pruebas funcionales**

PRUEBA DE PREPARACIÓN PARA EL LLENADO DE OXÍGENO	DE	Busca determinar si es fácil preparar el banco de llenado previo a su uso.	PRUEBA EXITOSA
PRUEBA DE MANIPULACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE AGUJA	DE	Busca determinar si las válvulas de aguja se encuentran en buen funcionamiento	PRUEBA EXITOSA
PRUEBA DE FUGAS EN LAS CAÑERÍAS		Busca determinar si existe alguna fuga en las cañerías.	PRUEBA EXITOSA
PRUEBA DE LLENADO DE O ₂		Busca determinar si es posible el llenado de O ₂ a la botella	PRUEBA EXITOSA

3.19 Estudio económico

En la siguiente tabla se detalla los costos operativos de llevar a cabo la investigación que se describe en este documento.

Tabla 9.
Estudio económico

DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNITARIO	V. TOTAL
INDICADOR DE PRESIÓN 0 A 5000 PSI	1	30.00	30.00
VÁLVULAS DE AGUJAS DE ALTA PRESIÓN	3	100.00	300.00
ACOPLES RÁPIDOS	10	12	120.00
PLANCHAS DE TOOL 120 mm a 240mm	3	40	120.00
ÁNGULOS DE 4 MM *7.5MM*3 PLG 6 MTRS.	3	48	144.00
CAÑERIAS DE ALTA PRESIÓN 0 A 10000 PSI	5	60	300.00
VARIOS	EA	EA	150.00
PINTADO			100.00
MANO DE OBRA			200.00
MATERIAL DE OFICINA			100.00
GASTOS PERSONALES			300.00
TOTAL			1864.00

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Al realizar este proyecto de Banco de llenado de oxígeno se alcanzará un gran beneficio institucional además de un aporte valioso para el apoyo de las Operaciones aéreas del Ala de Combate No 22 y aeronaves en tránsito que requieran este servicio.
- La información se clasificó de forma ordenada obtenía de los manuales de mantenimiento del Helicóptero Dhruv, así como también información de la web.
- Este Banco de llenado de O2 es de fácil operación debido a que se lo realiza en forma manual y no necesita de energía eléctrica.
- El Banco de llenado de O2 fue expuesto a pruebas las mismas que arrojaron resultados positivos, con lo consecuente se concluyó que el Banco de llenado de O2 fue construido de forma positiva.

Recomendaciones.

- Es de vital importancia que el personal debe estar capacitado y habilitado para poder dar uso de operación de este Banco de llenado de O2.
- Usar todos los elementos de seguridad.
- Uso de herramientas apropiadas para evitar futuros daños del sistema de llenado de O2.

- Usar el instructivo de operación del banco de llenado de O2.

- Aplicar los procedimientos de mantenimiento del banco de llenado de O2.

- Leer este documento como forma informativa de cómo se realizó el trabajo de construcción del banco de llenado de O2.

Glosario de términos

A

Acuñar.- Imprimir y sellar una pieza de metal por medio de cuño o troquel.

Análisis.- Separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios y elementos.

Asimilar.- Comprender una persona lo que está aprendiendo e incorporar los conocimientos nuevos a los que ya tenía.

Aris.- Anti resonant intermediaty system.

AGB.- Auxiliarygear box.

Apatía.- Dejadedez, falta de interés, vigor o energía.

C

Caja negra.- registrador de vuelo al dispositivo que, principalmente en las aeronaves y coches motores o locomotoras de trenes, registra la actividad de los instrumentos y las conversaciones en la cabina.

Confiabilidad.- Seguro, buen funcionamiento.

Carboxihemoglobina.- Es la hemoglobina resultante de la unión con el monóxido de carbono el cual al combinarse con la sangre ayuda a catalizar la proteína.

Cobertor: Que sirve como protector.

Combustibles orgánicos.- Son combustibles creados a partir de materia orgánica no fosilizada.

D

Descompresión.- Reducción de la presión a que se ha sometido un fluido.

E

Estanqueidad.- Cualidad de lo que es estanco, cerrado e incomunicado.

F

Flujómetro.- Flujómetro es un aparato portátil que permite medir la máxima cantidad de aire exhalado.

Flujograma.- Representa de manera gráfica de un proceso que puede responder a diferentes ámbitos: programación informática, procesos dentro de una industria, psicología de la cognición o el conocimiento, economía, entre otros.

G

Gaseoso.- Que se encuentra en estado de gas.

Gas comburente: Es cualquier gas que en ciertas condiciones de temperatura y presión puede combinarse con un combustible, provocando así una combustión.

Glicerina.- Sustancia incolora, viscosa y de sabor dulce, que se obtiene de grasas y aceites animales y vegetales; se emplea en la industria farmacéutica y cosmética, y para obtener nitroglicerina.

H

Hemoglobina.- Pigmento rojo contenido en los hematíes de la sangre de los vertebrados, cuya función consiste en captar el oxígeno de los alveolos pulmonares y comunicarlo a los tejidos, y en tomar el dióxido de carbono de estos y transportarlo de nuevo a los pulmones para expulsarlo.

I

Intercambiador de calor.- Es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.

M

Manifold.- Es un distribuidor.

Mecanismos.- Se le llama mecanismo a los dispositivos o conjuntos de sólidos resistentes que reciben una energía de entrada y, a través de un sistema de transmisión y transformación de movimientos, realizan un trabajo.

P

Purgar.- Quitar de una cosa lo malo, peligroso o dañino.

Presurizado.- Mantener constante la presión de un espacio cerrado.

Prueba hidrostática.- Es la aplicación de una presión a un equipo o línea de tuberías fuera de operación, con el fin de verificar la hermeticidad de los accesorios bridados y la soldadura, utilizando como elemento principal el agua o en su defecto un fluido no corrosivo. Todo equipo nuevo debe ser sometido a una prueba de presión (hidrostática), en los talleres del fabricante.

R

Recopilar.- Juntar o reunir varias cosas dispersas, en especial obras o textos literarios, bajo un criterio que dé unidad al conjunto.

S

Sobrepresión.- Presión en exceso sobre un valor normal.

Somnolencia.- Estado intermedio entre el sueño y la vigilia en el que todavía no se ha perdido la conciencia.

Sello de seguridad.- Utilizado para proteger y controlar el manejo de cualquier tipo de bien o producto durante el periodo de resguardo o transporte, también sirve para evidenciar plena y claramente cualquier intento de violación o apertura del mismo.

T

Turbulencia.- Movimiento desordenado de un fluido en el cual las moléculas, en vez de seguir trayectorias paralelas, describen trayectorias sinuosas y forman torbellinos.

Turborreactor.- Motor a reacción, utilizado principalmente en la propulsión de aeronaves, que está provisto de una turbina de gas que, al expandirse por medio de toberas, produce un efecto de propulsión.

Trasvasijar.- Pasar un líquido de un recipiente a otro.

V

Variable.- Derivada del término en latín *variabilis*, *variable* es una palabra que representa a aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio.

VDT.- Válvula de derivación de temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dhruv Corporation. (1992).Manual Maintenance. Copyright. INDIA.
- Indura corporation. (2006) Manual de Gases Indura.Copyright. CHIILE
- Dhruv Corporation. (1992).Manual de la Botella de O2 del Helicóptero Dhruv EROS. Copyright. INDIA.
- Manual maintenance, Sabreliner, 1989

ANEXOS

