

**CARACTERIZACIÓN TIMPANOMÉTRICA DE UNA POBLACIÓN EXPUESTA A
CAMBIOS DE ALTURA VINCULADA A LA COMPAÑÍA AEREA DE GUAYMARAL**



AUTORES

LEIDY KATERIN GAMBOA

JANETH MERCEDES GUZMAN NAVARRO

HECTOR WILLIAN SANCHEZ SEMA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESPECIALIZACIÓN DE AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C

MAYO 2021

**CARACTERIZACIÓN TIMPANOMÉTRICA DE UNA POBLACIÓN EXPUESTA A
CAMBIOS DE ALTURA VINCULADA A LA COMPAÑÍA AEREA DE GUAYMARAL**



AUTORES

LEIDY KATERIN GAMBOA

JANETH MERCEDES GUZMAN NAVARRO

HECTOR WILLIAN SANCHEZ SEMA

DOCENTE ASESOR

ALIX YINETH FORERO ACOSTA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESPECIALIZACIÓN DE AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C

MAYO 2021

Dedicatoria: Primero agradecer a Dios por permitirme salir adelante, a mi familia por el amor que nos une día a día, por el ejemplo de superación, humildad y nobleza. A ti, mi gran amor Fernando Rafael Cuellar Jacobs que desde el cielo me has dado la fortaleza necesaria para continuar este camino sin ti, aun cuando sé que vives y vivirás en mi alma y mi corazón por siempre.

Agradecimientos: Al Servicio de Medicina de Aviación Y Fisiología del Vuelo al Cr Rafael Vázquez, Jefe Deisy Rodríguez, It Naranjito por permitir llevar a cabo este proyecto, por el apoyo incondicional y la confianza.

JANETH GUZMAN

Mayo 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION 14

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... 18

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 18

1.2 OBJETIVOS 21

 1.2.1 Objetivo general 21

 1.2.2 Objetivos específicos 21

1.3 JUSTIFICACIÓN 22

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA 28

2.1 MARCO DE ANTECEDENTES 28

2.2 MARCO TEÓRICO..... 34

2.3 MARCO CONCEPTUAL..... 41

CAPITULO 3 MARCO METODOLÓGICO..... 55

3.1 TIPO DE ESTUDIO 55

3.2 POBLACION Y MUESTRA..... 55

 3.2.1 Población: 56

 3.2.2 Muestra: 56

 3.2.3 Variables Cuantitativas..... 57

3.3 PROCEDIMIENTOS..... 61

 3.3.1 Colectivo e individual 61

3.3.1.1 Fase 1 Colectivo.....	62
3.3.1.2 Fase 2 Individual Antes de función de vuelo.....	62
3.3.1.3 Fase 3 Individual Posterior a función de vuelo en un periodo no mayor a 2 horas.....	72
3.3.1.4 Fase 4.....	73
3.4 TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION	72
3.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN:	75
CAPITULO 4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	82
4.1 Procedimiento:	82
4.1.1.Fase I:	82
4.1.1.Fase II	82
4.1.3 Fase III:	83
4.1.4 Fase IV:.....	83
4.1.5 Fase V:.....	83
CAPITULO 5 ANALISIS DE RESULTADOS	84
5.1 Interpretación de datos de población y muestra.....	84
5.2 Interpretación de datos de distribución del género y edad	85
5.3 Interpretación de datos de distribución de edad.....	87
5.4 Interpretación de datos de la variable volumen físico del canal	90
5.4.1 Volumen físico del canal oído derecho e izquierdo antes de vuelo	90

5.4.2	Volumen físico del canal oído derecho e izquierdo después de vuelo	94
5.4.3	Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable volumen físico del canal.....	98
5.5	Interpretación de datos de la variable compliancia.....	100
5.5.1	Compliancia del oído derecho e izquierdo antes de vuelo	100
5.5.2	Compliancia del oído derecho e izquierdo después de vuelo.	104
5.5.3	Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable compliancia.	108
5.6	Interpretación de datos de la presión	110
5.6.1	Presión del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.....	110
5.6.2	Presión del oído derecho e izquierdo después de vuelo	114
5.6.3	Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable presión.	118
5.7	Interpretación de datos de la variable Gradiente	120
5.7.1	Gradiente del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.	120
5.7.2	Gradiente del oído derecho e izquierdo después de vuelo.	124
5.7.3	Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable Gradiente.....	128
5.8.	ANÁLISIS CON ESTADÍSTICA DE REGRESIÓN	130
	DISCUSION	131
	CONCLUSIONES.....	134

ANEXOS	136
Anexo 1 Consentimiento informado	137
Anexo 2 Protocolo de bioseguridad.....	138
Anexo 3 Ficha de Anamnesis Audiológica	140
Anexo 4 Valoración otoscopia	141
Anexo 5 Timpanometría	142
REFERENCIAS.....	144

INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1 Operacionalización de las variables del proyecto caracterización timpanométrica de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.	59
Tabla 2 Asignación de horarios funcionarios.....	62
Tabla 3 Asignación de horarios funcionarios.....	62
Tabla 4 Características del equipo impedanciometro Maico i 34	73
Tabla 5 Datos de género de la población evaluada	85
Tabla 6 Datos Estadísticos descriptivos edad.....	87
Tabla 7 Distribución de frecuencias de la edad.....	88
Tabla 8 Resultados comparativos de la variable continua Volumen Físico del Canal oído derecho e izquierdo antes de vuelo.....	90
Tabla 9 Distribución de frecuencias variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.	91
Tabla 10 Distribución de frecuencias variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.....	91
Tabla 11 Resultados comparativos de la variable continua Volumen Físico del Canal oído derecho e izquierdo después de vuelo	94
Tabla 12 Distribución de Frecuencias Variable Continua Volumen físico del Canal Oído derecho después de Vuelo.....	95
Tabla 13 Distribución de Frecuencias Variable Continua Volumen físico del Canal Oído izquierdo después de Vuelo.	95

Tabla 14 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable volumen físico del canal antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.	99
Tabla 15 Resultados comparativos de la variable continua Compliancia del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.....	100
Tabla 16 Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo.....	101
Tabla 17 Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo.	101
Tabla 18 Resultados comparativos de la variable continua Compliancia del oído derecho e izquierdo después de vuelo.	104
Tabla 19 Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído derecho después de vuelo.	105
Tabla 20 Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído izquierdo después de vuelo.	105
Tabla 21 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Compliancia antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.	109
Tabla 22 Resultados comparativos de la variable continua Presión del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.....	110
Tabla 23 Distribución de frecuencias variable continua presión oído derecho antes de vuelo.....	111
Tabla 24 Distribución de frecuencias variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo.....	111
Tabla 25 Resultados comparativos de la variable continua Presión del oído derecho e izquierdo después de vuelo.....	114

Tabla 26 Distribución de frecuencias variable continua presión oído derecho después de vuelo.....	115
Tabla 27 Distribución de frecuencias variable continua presión oído izquierdo después de vuelo.....	115
Tabla 28 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Presión antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.	119
Tabla 29 Resultados comparativos de la variable continua Gradiente del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.....	120
Tabla 30 Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído derecho antes de vuelo.....	121
Tabla 31 Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído izquierdo antes de vuelo.....	121
Tabla 32 Resultados comparativos de la variable continua Gradiente del oído derecho e izquierdo después de vuelo.....	124
Tabla 33 Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído derecho después de vuelo.	125
Tabla 34 Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído izquierdo después de vuelo.	125
Tabla 35 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Gradiente antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.	129
Tabla 36 Estadística de modelo de regresión comparación variables volumen físico del canal compliancia, presión y gradiente.....	130
GRAFICOS	
Gráfico 1 Tamaño de la población y muestra.....	84

Gráfico 2 Frecuencia Absoluta género de la población.	86
Gráfico 3 Frecuencia relativa género hombres/mujeres.	86
Gráfico 4 Frecuencias absolutas de la edad de la población.	89
Gráfico 5 Frecuencias relativas edad de la población.	89
Gráfico 6 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.	92
Gráfico 7 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.	92
Gráfico 8 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.	93
Gráfico 9 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.	93
Gráfico 10 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído derecho después de vuelo.	96
Gráfico 11 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo después de vuelo.	96
Gráfico 12 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído derecho después de vuelo.	97
Gráfico 13 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo después de vuelo.	97
Gráfico 14 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo.	102
Gráfico 15 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo.	102

Gráfico 16 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo..... 103

Gráfico 17 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo..... 103

Gráfico 18 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho después de vuelo..... 106

Gráfico 19 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho izquierdo de vuelo..... 106

Gráfico 20 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído derecho después de vuelo..... 107

Gráfico 21 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído izquierdo después de vuelo..... 107

Gráfico 22 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho antes de vuelo. 112

Gráfico 23 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo..... 112

Gráfico 24 Frecuencia relativa Variable continua presión oído derecho antes de vuelo. 113

Gráfico 25 Frecuencia relativa Variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo. 113

Gráfico 26 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho después de vuelo..... 116

Gráfico 27 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho después de vuelo..... 116

Gráfico 28 Frecuencia relativa Variable continua presión oído derecho después de vuelo..... 117

Gráfico 29 Frecuencia relativa Variable continua presión oído izquierdo después de vuelo..... 117

Gráfico 30 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído derecho antes de vuelo..... 122

Gráfico 31 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído izquierdo antes de vuelo..... 122

Gráfico 32 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído derecho antes de vuelo..... 123

Gráfico 33 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído izquierdo antes de vuelo..... 123

Gráfico 34 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído derecho después de vuelo..... 126

Gráfico 35 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído izquierdo después de vuelo..... 126

Gráfico 36 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído derecho después de vuelo..... 127

Gráfico 37 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído izquierdo después de vuelo..... 127

INTRODUCCION

Los cambios de presión atmosférica pueden alterar la funcionalidad en el oído medio, estos se generan entre el conducto auditivo externo (presión atmosférica) y la presión de aire contenida en la caja timpánica. A nivel del suelo, el aire del oído medio se mantiene en equilibrio con el aire exterior y el tímpano se mantiene estable; durante el ascenso, la presión atmosférica va disminuyendo progresivamente, la presión del aire dentro del oído aumenta creándose una presión diferencial que “empuja” el tímpano hacia afuera provocando una sensación de llenura o de sordera parcial, (Amezcuca, 1999). Lo anterior permite equilibrar la presión y el tímpano queda en su posición normal. Durante el descenso, sucede lo contrario, es decir, debido a que la presión atmosférica va aumentando el tímpano se retrae hacia adentro por la presión diferencial para lograr el equilibrio de presiones en el oído, el aire tiene que entrar de la rinofaringe hacia el oído medio a través de la trompa de Eustaquio, el equilibrio de presiones en el oído medio durante el descenso no es automático sino que requiere la realización de este tipo de movimientos para permitir el paso del aire hacia el oído medio. (Begoña et al, sf).

Alteraciones anatómicas o funcionales que no constituyen un problema a una presión atmosférica habitual, pueden originar complicaciones al someter al organismo a medios o cambios hiperbáricos y así mismo causar lesión en el sistema auditivo (Fernández y Ruiz 2007). Los pilotos, tripulantes de vuelo y demás funcionarios de este medio, están expuestos continuamente a intensos ruidos, así como también a continuos cambios y constantes cambios de altitud y vibraciones, que pueden ser factores desencadenantes para la correcta funcionalidad del oído medio.

La legislación en cuanto a pilotos y tripulantes estipula las revisiones que se deben realizar, así como las contraindicaciones para la concesión de certificados de aptitud. Aun así, no se establecen pruebas audiológicas básicas complementarias que den cuenta de una relación entre los parámetros establecidos y la valoración solicitada. El solicitante de evolución medica interdisciplinaria y para la licencia de cualquier clase, será objeto de una prueba de audiometría de tono puro con motivo de la evaluación inicial y a continuación,

como mínimo cada vez que renueve su certificado médico para licencia de vuelo (Resolución 00707 1 abril de 2015). Los funcionarios del servicio aéreo que cumplen funciones de vuelo se encuentran en constantes variaciones y cambios de presión, vibraciones y exposición al ruido, factores de riesgo presentes en la aviación. Es así, como se ha encontrado sintomatología asociada que puede afectar la función del oído medio.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) acordó, en el Convenio de Chicago en 1944; estandarizar las prácticas en las mejoraría la navegación aérea. Se establecieron las regulaciones que estandarizan las licencias del personal y las reglas del aire que guían los requisitos médicos para los pilotos y las tripulaciones aéreas en la actualidad (Dhaliwal 2020). Después de la evaluación de los datos disponibles y los riesgos potenciales en diferentes momentos durante un vuelo, la OACI estableció que el de riesgo de incapacidad para esta población se debe a problemas gastrointestinales, dolores de oído, desmayos, dolor de cabeza, y el vértigo. Por otra parte, establece que los límites audiométricos pueden eximirse a los niveles de la Administración Federal de Aviación (FAA) según el tipo y la gravedad de la pérdida auditiva y la capacidad de escuchar tonos de advertencia y transmisiones de radio en la cabina.

Como expresa Matthews y Stretanski (2021), el examen físico de vuelo de la FAA, es un examen físico de "aptitud de vuelo" realizado por un examinador médico de aviación (AME) capacitado, designado y certificado por la FAA. Estos médicos están capacitados con énfasis en examinar y evaluar las entidades médicas que pueden causar una incapacitación repentina en vuelo. Han sido pocas las investigaciones en el campo de las alteraciones causadas en el oído medio y no hay una base de evidencia significativa para complementar los requisitos mínimos básicos audiológicos. Este estudio define los requisitos de audición para las tres clases licencia, son simplemente una "prueba del habla conversacional" de espaldas al candidato y una audiometría de las frecuencias 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz. Se verifica esta información en el Reglamento Aeronáutico Civil, en el cual no se realizan pruebas que contribuyan al estado de funcionalidad del oído medio como la inmitancia acústica.

Por lo anterior, con la presente investigación se buscara dar cuenta de la importancia de incluir un protocolo de valoración de inmitancia, que permita correlacionar las pruebas y determinar a través de las mismos diagnósticos audiológicos confiables. La inmitancia acústica es un método de valoración objetiva que permite indagar el estado fisiológico del mecanismo auditivo periférico, según la Asociación Española de Audiología, AEDA (2004) la timpanometría, se refiere a un test objetivo que, si se aumenta o disminuye la presión en el conducto auditivo externo (CAE), permite medir en la membrana timpánica los cambios del flujo de energía a través del oído medio. Es así como se observa la necesidad de la aplicación de pruebas complementarias a la evaluación audiológica actual del del programa de Medicina de Aviación, a través de unos protocolos que permitan prevenir, mitigar o caracterizar alteraciones de la funcionalidad el oído medio.

Por consiguiente, este estudio pretende describir las características timpanométricas de una población expuesta a cambios de altura, vinculados a la Compañía Aérea de Guaymaral, 55 funcionarios entre 27 y 45 años seleccionados por conveniencia, y quienes asisten a consulta audiológica para renovar licencia de vuelo.

Este estudio se realizó previo a ejecutar sus funciones y posterior a descenso de vuelo en un rango no mayor a 2 horas, de esta manera poder describir los hallazgos obtenidos en la ejecución de dicha actividad. El análisis de esta investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo estadístico descriptivo, donde se tomará en cuenta la aplicación de una ficha audiológica para poder establecer datos personales, antecedentes clínicos y sintomatología auditiva asociada, otoscopia, verificación del pabellón auricular, conducto auditivo externo y visualización de la membrana timpánica.

Lo anterior se plantea como requisito fundamental e indispensable para dar continuidad a la aplicación de la timpanometría, prueba objetiva para verificar los cambios de presión a los que está sometido el odio medio y analizar las variables objeto de este estudio como son, el volumen físico del canal, complacencia, presión y gradiente. Una vez caracterizados las diferencias que pueda existir en la realización de esta prueba

antes y después de los cambios de altitud, de esta manera poder disminuir riesgos que conlleven a afectar esta población en el desempeño de sus funciones; es así como se da la importancia de promover estudios investigativos en esta actividad económica que aborden no solo las hipoacusias inducidas por el ruido, si no también posibles cambios en la funcionalidad y alteraciones del oído medio.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El ser humano que está en la superficie terrestre no sufre cambios significativos de presión atmosférica, sin embargo, en el caso de pilotos o buzos, que son sometidos a cambios barométricos importantes, en ambas funciones, están expuestos factores desencadenantes por descompresión en el oído medio (Robles 2020). La evolución de los órganos de la audición y el equilibrio se adecuan a funciones en ambiente donde las variaciones de presión son relativamente pequeñas. García et al en 2004, describe que el sistema auditivo es un órgano transformador de presión y es capaz de responder rápidamente a los cambios de la presión atmosférica en el ambiente terrestre, no siendo así durante el buceo o aviación, cuando las variaciones se producen marcadamente y relativamente rápido, lo cual es complicado por la presencia de aire en estas estructuras.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos llegar a concluir que, los cambios de presión atmosférica, producen una burbuja de nitrógeno en el oído medio, y que durante años se han estudiado las consecuencias y las causas de los efectos de la descompresión atmosférica. Sin embargo, la mayoría de los estudios encontrados describen descompresiones en buzos y pocas han sido relacionadas con los mismos cambios, pero en la aviación, todavía algunos puntos que este estudio de investigación se pregunta referente a los mismos y las diferencias que se puedan evidenciar en las timpanometrías antes y después los cambios de altura.

El 20% de la población tiene riesgo de sufrir problemas en los oídos o dolor al volar en avión, y se produce por cambios de presión según afirma la Sociedad Española de Otorrinolaringología (Mateos, 2016). Es una patología debida a la exposición a variaciones de presión entre los gases del oído medio y los gases del medio ambiente que pueden generar alteraciones en dicha población. Moreno et al en 2016, describen las características, así como la función del logopeda, en la patología conocida como barotrauma del piloto, definen esta como una lesión ocasionada en el oído medio producida por cambios bruscos de la presión y este cambio sucede entre el CAE (presión

atmosférica) y la presión de aire contenida en la caja timpánica. Sin embargo, este artículo sugiere un caso hipotético donde explica el traumatismo que sufre un piloto posterior a descenso de vuelo. Pese a esto no se han registrado estudios antes y después de vuelo que analicen los cambios que presenta el oído medio en esta población.

En el medio aeronáutico, se realizan actividades que pueden causar lesiones por las variaciones volumétricas de los gases debido a cambios rápidos de la presión ambiental. La incidencia de bajas laborales por este motivo es mucho más elevada en los pilotos (Rodríguez y Pérez, 2010), manifiestan en su estudio que durante el descenso del vuelo aumenta la presión ambiental, disminuye el volumen aéreo en oído medio con hipopresión y se presenta cierto grado de retracción timpánica. La diferencia fundamental estriba en que la apertura de la trompa para equilibrar presiones es mucho más dificultosa puesto que se produce un colapso de la porción cartilaginosa de la trompa que precisa de un mecanismo activo de apertura de la misma.

De acuerdo con lo anterior, es importante realizar un estudio que permita determinar los cambios timpanométricos de la población y que se puedan evidenciar a través de los valores encontrados en las variables de estudio en cuanto a volumen físico del canal, compliancia, presión y gradiente, sin embargo aún no está establecido como protocolo dentro del servicio, por lo anterior, la ficha audiológica y la sintomatología que se presenta y se manifiesta en la misma deberían de ser corroboradas con una prueba objetiva como la timpanometría.

El Servicio Aéreo de la Policía Nacional de Colombia, cuenta con la unidad de Medicina Aeroespacial, uno de sus objetivos es prevenir la aparición de patologías de carácter profesional y minimizar el impacto de éstas cuándo ya son detectadas (Vásquez, 2013), y el reglamento de la aeronáutica civil mediante Resolución N° 00707 del 01 de Abril de 2015; establece los requisitos médicos para otorgar licencias de vuelo y requisitos auditivos que no incluyen pruebas objetivas como la timpanometría.

Por ende, el personal que cumple funciones de vuelo adscrito a la Compañía Aérea de Guaymaral de la Policía Nacional, se encuentra sometido a constantes variaciones y cambios de presión, vibraciones y exposición al ruido, factores que inciden en el desempeño laboral, lo que podría llegar a convertirse en daño en el sistema auditivo. Es así, como se ha encontrado sintomatología asociada que puede afectar la función del oído medio. El funcionario puede referir sintomatología variada como sensación de oído lleno, punzadas, acúfenos pulsátiles, autofonía, descenso auditivo, vértigo, otorragia entre otros (Torres-Muros 2002.)

Como consecuencia de lo anterior, es importante la aplicación de pruebas complementarias a la evaluación audiológica actual del programa de Medicina de Aviación, mediante la aplicación protocolos que den respuesta a posibles alteraciones del sistema auditivo periférico.

Es así como surge la necesidad de realizar la caracterización de timpanometría en una población de la Compañía Aérea de Guaymaral, con el fin identificar posibles cambios antes y después de fase de vuelo por medio de timpanometrías en cuanto volumen físico del canal, compliancia, presión y gradiente, que orienten diagnósticos adecuados, y posibles sugerencias según las necesidades audiológicas de cada funcionario.

Por consiguiente, el presente proyecto se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son las características de las timpanometrías de una población expuesta a cambios de altura, vinculados a la Compañía Aérea de Guaymaral?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar las timpanometrías de una población expuesta a cambios de altura vinculadas a la Compañía Aérea de Guaymaral.

1.2.2 Objetivos específicos

1.2.2.1. Medir el volumen físico del canal de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.

1.2.2.2. Evaluar la compliancia acústica de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.

1.2.2.3. Identificar la Presión de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.

1.2.2.4. Analizar el gradiente timpanométrico de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las alteraciones de funcionalidad del oído medio son potenciales derivados de la exposición a la altitud durante el vuelo, y el desplazamiento a bordo de una aeronave pueden generar cambios en las características acústicas y funcionales del sistema auditivo, dentro de las actividades o labores que constituyen un factor de riesgo para la salud auditiva se encuentran aquellas relacionadas con actividades a cambios de presión, su incidencia y sus medidas de prevención, así como las pruebas complementarias audiológicas permitirán establecer diagnósticos confiables dentro de los parámetros establecidos y la reglamentación del servicio de medicina de aviación y fisiología del vuelo.

Las actividades que se ejecutan con niveles equivalentes a 1650-2640 metros de altura pueden generar alteraciones en el oído medio, estas variaciones de presión pueden producir la obstrucción de la Trompa de Eustaquio. Es un hecho demostrado que estos cambios de presión y las alteraciones se producen con mayor frecuencia durante las fases de descenso, lo anterior se da como consecuencia de la disposición anatómica de la trompa de Eustaquio, que mediante un mecanismo de comportamiento valvular permite con mayor facilidad la permeabilización para el paso de aire cuando este intenta escapar desde el interior del organismo hacia el exterior. (Gorotiza et al 2000).

Toklu et al en 2005 refiere que los cambios de presión atmosférica es la principal lesión en el buceo profesional y deportivo 30% y 10% respectivamente y también afecta a personal de aviación, donde se estima que a 5% de los adultos tiene dificultad para regular la presión durante los cambios rápidos en la presión ambiental y para mantener iguales las presiones a ambos lados de la membrana timpánica.

Es importante señalar que de los pocos estudios realizados sobre cambios de presión en pilotos, da como resultado, que la frecuencia en mediciones de oído medio en esta población es considerablemente baja, esto, se debe a la falta de investigaciones previas en el tema. Padilla et al en 2002, plantea en su estudio epidemiológico que la velocidad de instalación de una alteración en el oído medio es relativamente rápida a partir del inicio

de la vida laboral en un plazo no mayor de cinco años. La proporción de trabajadores indicativos de deterioro generalizado en menos de 15 años de haber iniciado su actividad productiva, se debe poca capacitación en el trabajo, las condiciones observadas en trabajadores sujetos a ascensos aéreos, los cambios a la presión atmosférica son mucho más lentos comparados con quienes realizan inmersiones en agua. El grado de afección e inflamación traumática aguda o crónica que presenta el oído medio está relacionado con los cambios de presión.

La valoración anatómica y funcional permite descartar candidatos con distintas alteraciones que contraindican la práctica de estas actividades. Sin embargo, se debe explorar mediante la timpanometría y la relación entre la audiometría y la logaudiometría con el fin de evitar o minimizar la posibilidad de aparición de complicaciones audiológicas de los funcionarios, ya sea para ser aspirante a cursos de aviación o en la renovación de las licencias. La importancia de la Audiología y de la necesidad surge al realizar estudios donde se evidencie verificar posibles diferencias timpanométricos en cambios de altura y como estos mismos pueden afectar la funcionalidad del oído medio.

EL RAC 67 de 2020 Notifica “El propósito del examen audiológico es comprobar un desempeño normal del postulante respecto a percibir en forma adecuada los sonidos del entorno aeronáutico”, esto se da de acuerdo a la clase de licencia a obtener por el funcionarios , en el caso de la Compañía Aérea de Guaymaral se tiene en cuenta las tres clases de licencias, sin embargo; el protocolo se basa en una prueba tamiz sin tener en cuenta las variaciones del mismo de acuerdo a la renovación de licencia que va a obtener el funcionario. En consecuencia, de lo anterior, es importante incluir en los protocolos las indicaciones adecuadas para cada prueba audiológica que se establecen en la unidad y así mismo, independientemente de los resultados de la misma, incluir la timpanometría como prueba objetiva.

Es por ello que este estudio pretende analizar las variaciones de una prueba objetiva básica y de gran complemento para el diagnóstico como la timpanometría, describir los resultados de la misma antes y después de fase vuelo y analizar las posibles variaciones

que subyacen de la misma, para dar respuesta a las necesidades de los funcionarios que se evidencian en la ficha audiológica. La legislación en cuanto a pilotos y tripulantes de aeronaves estipula perfectamente las revisiones que se deben realizar, así como las contraindicaciones para la concesión de certificados de aptitud.

En la actualidad, las investigaciones en esta población, se basan en los cambios del umbral auditivo y la relación con la hipoacusia inducida por el ruido. En 2012 Cepeda y Arrieta realizaron un estudio el cual se identificó el comportamiento de las audiometrías de la población de pilotos de las fuerzas militares de Colombia en los años 2009, 2010 y 2011, manifiestan que la alteración de las frecuencias, comparando las medias en los distintos años tomando cada año por separado, hay un leve incremento en las frecuencias desde 3000 Hz hasta los 8000 Hz, la frecuencia que siempre mostró un aumento durante los 3 años es la frecuencia de 6000 Hz y que la exposición en los pilotos afecta las frecuencias altas en las audiometrías.

La pérdida auditiva inducida por ruido es la causa más común de pérdida auditiva neurosensorial en la aviación militar. Estudios publicados comparan las tasas de SNHL entre pilotos militares de alas fijas y giratorias. Incidencia de la pérdida auditiva neurosensorial entre los aviadores militares de EE. UU. Entre 1997 y 2011 (Orsello et al 2013). El objetivo del estudio fue determinar si existe una diferencia en la tasa media anual de incidencia de SNHL entre los aviadores de alas fijas y giratorias en el Ejército, la Armada, la Fuerza Aérea y la Infantería de Marina de los EE. UU. Se analizaron un total de 467.064 personas. Existía un efecto principal para el tipo de aeronave, de modo que la tasa media anual de SNHL era mayor para los aviadores fijos que para los aviadores de alas giratoria. Puede justificarse un examen de los programas de conservación de la audición.

Vásquez (2013) analiza los factores relacionados con la hipoacusia en el personal del Servicio Aéreo ala rotatoria, analiza que el personal presenta una prevalencia de hipoacusia del 22%, superior a la de la población general del área y tiene como relevancia la relación significativa entre la hipoacusia y el personal aeronáutico en tierra, constituido

por trabajadores de talleres de ala rotatoria, comparado con la no relación de casos de hipoacusia en personal de vuelo. El estudio realizado Marulanda y Tovar (2017), indican en la audiometría tonal, que 16 (84,2%) de los participantes presentó audición normal bilateral, pero en la aplicación de las otoemisiones acústicas todos presentaron algún tipo de alteración, con mayor incidencia para el oído derecho y en las frecuencias de 6000 y 8000 Hz de manera bilateral.

Un estudio en 2017 realizado por Quintero y Marín , titulado “Impacto de los trastornos auditivos en la población militar Revisión sistemática de literatura, en el periodo 2007 a 2017”, en la cual reporta que mayoría de la literatura está dirigida a realizar investigaciones para abordar el riesgo de exposición al ruido que conduce a trastornos auditivos. En las cuales no se evidencia el uso de timpanometrías como prueba adicional a la audiometría, por ende una de sus conclusiones recomienda que necesita investigación adicional para extender este estudio, tales como la estandarización de observaciones específicas sobre el ruido de impacto, el seguimiento periódico de audición personal militar, y la educación para la concientización sobre el uso de protección y medidas de protección auditiva y determinar el impacto en la vida diaria y económica.

El estudio de las “Condiciones de salud auditiva en la población de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI), Cali – Colombia, para los años 2017 – 2019.” realizado por Sierra 2019, plantea que dentro del sistema de vigilancia epidemiológica de la EMAVI, se les realiza anualmente a los trabajadores la Audiometría Tamiz, esto con el fin de realizar prevención de la salud auditiva, evitando así incidencia de pérdidas auditivas por exposición a ruido; los resultados obtenidos permiten identificar la presencia de fatiga auditiva, evidenciada en los diferentes grados de hipoacusia encontrados y al analizar sus características particulares y relación con algunas variables, pueden considerarse un indicio importante de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido (HNIR).

Toro M, en 2019 en su investigación titulada “Análisis del estado auditivo del personal militar del ejército valorado en el dispensario médico de Tolemaida en 2017” se encarga

de prestar servicios de valoración y apoyo a programas de promoción y prevención de la salud auditiva al personal militar, del Fuerte Militar de Tolemaida, da a conocer que la referencia más reciente de condición de salud auditiva actual del personal militar del ejército de Colombia se encuentra consignada en el protocolo sistema de vigilancia epidemiológica para la conservación auditiva versión inicial del 2014, concluye que del 100% de las juntas medico laborales realizadas al personal del ejército por retiro, el 30% presenta patología auditiva, de las cuales se designan como hipoacusia inducida por ruido (HIR).

Es así como partiendo de lo anterior no se encuentran estudios significativos relacionados con la caracterización de timpanometrías en personal expuesto a cambios de altura antes y después de fase de vuelo en funcionarios de la compañía aérea de Guaymaral.

El proyecto dará cuenta sobre la relevancia de implementar la evaluación diagnóstica clínica necesaria para aportar conocimientos sobre la naturaleza de las posibles alteraciones que se encuentren, hacer uso del método científico y poder estructurar esos elementos para proporcionar un diagnóstico confiable, por ende, se deben tener los conocimientos y sustentos holísticos necesarios que permitan prestar un servicio de calidad humana, responsable y con ética profesional y poder adicionar esta prueba dentro los protocolos de la obtención las licencias del personal adscrito al Servicio aéreo de la Policía Nacional.

Teniendo en cuenta la importancia de su aplicación como prueba objetiva para determinar posibles cambios timpanométricos, surge la necesidad de abordar dicho tema dado que permite tener un concepto más amplio de las diferencias que pueda existir en la realización de este examen antes y después de los cambios de presión, analizando la sintomatología presentada en la anamnesis de los funcionarios, debido a lo anterior, es importante efectuarla como complemento audiológico, obtener un diagnóstico efectivo y detectar posibles cambios en las variables a estudiar en esta investigación, que puedan afectar la compliancia y la presión en función al oído medio y poder generar las

recomendaciones de alerta frente a las alteraciones de los valores encontrados en este estudio.

Para efectos de este proyecto, la implementación de protocolos del aérea de medicina de aviación y fisiología del vuelo del área de aviación de la Policía Nacional posibilita ofrecer un servicio apoyo diagnóstico, con bases suficientes para promover la investigación, ampliando campos de campo de acción que permitan reducir alteraciones auditivas de los funcionarios, poder dar y o apoyar al sistema de vigilancia en salud y seguridad en el trabajo del régimen especial de la Policía Nacional, donde se permita indagar y dar a conocer la importancia de nuestra profesión, teniendo en cuenta las bases científicas, promoviendo nuestro quehacer profesional en el régimen de la salud.

Como se mencionó anteriormente, Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, en su calidad de autoridad aeronáutica de la República de Colombia, le corresponde dictar los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), se plantea en esta investigación y otras a futuro sustentar la importancia de complementar los exámenes audiométricos básicos necesarios para determinar el estado de salud auditiva de los aspirantes a ejercer funciones de vuelo, entre ellos la impedanciometria, de esta manera poder ajustar y estructurar las normas para el otorgamiento del certificado médico aeronáutico, conforme con el Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP), así poder contribuir a nivel nacional con la construcción de párrafos que contribuyan a los requisitos auditivos determinados por la entidad.

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO DE ANTECEDENTES

La población humana, habita en regiones donde la presión atmosférica es más o menos constante. Cualquier cambio de presión brusca o paulatina provocará alteraciones en el organismo. El ser humano no está adaptado a medios hipobáricos- hiperbáricos y presenta consecuencias al exponerse a modificaciones bruscas de la presión atmosférica. (Fernández, 2007).

Afirma Gómez y Gómez en 2007, que los accidentes ocurridos en las ascensiones a más de 25.000 pies de altitud en globos durante las décadas de 1860 y 1870 o en el montañismo fueron debidas a hipoxia y alcalosis metabólica, pero no a enfermedad descompresiva, por la lentitud de la ascensión. En cambio, durante las rápidas ascensiones en aviones de combate podían formarse burbujas de nitrógeno debido a los cambios de presión. En 1940 Fulton et al, se encargó de realizar pruebas relacionadas con los síntomas de descompresión a gran altitud. En octubre de 1941 empezó a trabajar en una cámara que era capaz de producir una presión de aire determinada, y en colaboración de universidad de Yale, planteo y llegó a la conclusión, que los cambios de presión atmosférica producían burbujas de nitrógeno en el oído medio.

Stucker y WB Echols publican, en 1971, una revisión sobre las afecciones del sistema auditivo y sugieren que estas alteraciones son frecuentes y postulan que, durante los cambios de presión, el oído se ve afectado y puede estar relacionado con una burbuja de nitrógeno presente en el oído medio como consecuencia de una inadecuada descompresión. Las alteraciones pueden relacionarse con el descenso, el ascenso o con condiciones especiales relacionadas con la profundidad o mezcla de gas que se esté utilizando. El 50 % de las alteraciones del sistema auditivo se dan por los cambios de presión al que pueda estar sometido.

En el estudio “barotraumas del oído” García et al en 2004, realizan una síntesis de algunos hallazgos obtenidos décadas atrás, en 1942 CW Shilling e IA Everley, describen

que la frecuencia de la pérdida neurosensorial de la audición en los buzos es similar a los no buzos expuestos a ruidos excesivos. Ellos opinaban que esto estaba originado por el ruido excesivo o por las secuelas de frecuentes barotitis medias. En 1968, FB Simmon sugiere que el daño del oído puede ocurrir en el buzo en condiciones secundarias a ruptura de la membrana, Kennedy en el año 1974, hace una revisión sobre las afecciones del sistema vestibular en buzos y en 1977 Farmer, hace una revisión de las alteraciones sufridas por el oído durante el buceo y considera que el daño no es infrecuente y que depende de la fase del buceo en que esta ocurre.

Teniendo en cuenta a Hamilton et al en 2004, en el artículo llamado “barotrauma”, expresa que las actividades que pueden ocasionar lesiones en el oído medio son el buceo, el paracaidismo, la aviación, esto es debido a los efectos causados por los cambios de presión brusco o suficientemente rápido que se pueden generar en los espacios corporales que contienen gas, lo que puede incluir el oído externo, el oído medio e, indirectamente, el oído interno.

Una cohorte de 67 hombres que completaron un curso básico para buzos que trabajan respondieron un cuestionario y se sometieron a examen clínico, las lesiones permanentes de los órganos auditivos pueden ocurrir durante el buceo debido a una enfermedad por descompresión. Esto puede provocar síntomas relevantes a largo plazo, incluidos mareos y desequilibrio (Goplen 2010).

Existen diferentes estudios internacionales referentes al entorno a pilotos y buzos, en el artículo realizado por Mirza y Richarson en 2006, llamado “Barotrauma ótico por viajes aéreos” demuestra que a través de ensayos realizados y el uso de medicamentos descongestionantes redujeron la otalgia en adultos con dolor de oído recurrente durante los viajes aéreos, mientras que otro encontró que la pseudoefedrina oral no disminuyó el dolor de oído durante el vuelo. El tercer ensayo mostró que el aerosol nasal, administrado 30 minutos antes del descenso, no produjo una reducción significativa de los síntomas de barotrauma en adultos con dolor de oído durante los viajes aéreos. En lo que analiza que se deben tener en cuenta las causas, prevención y tratamiento de sintomatología

asociada en relación a cambios atmosféricos que pueden alterar la presión del oído medio.

El estudio realizado por Rosenkvist et al (2008) quien encuestó a 948 pilotos, durante 6 meses sobre signos y síntomas de infecciones de vías aéreas superiores y barotrauma para obtener la incidencia de la relación vuelo-resfriado común-barotrauma. Llega a la conclusión que aproximadamente dos tercios de los pilotos (57,2%) informaron que no estaban en forma, mientras que el 42,8% continuó con sus tareas de vuelo a pesar de los signos y síntomas. De este último grupo, el 37,6% de los pilotos informaron haber experimentado uno o más episodios de barotrauma ótico, principalmente durante el descenso, mientras 19,5% informó uno o más incidentes de barotrauma durante su carrera como piloto.

También se encuentra como referente un estudio elaborado por Boel y Klokke (2017), este estudio se llevó a cabo durante un año en el centro Aero médico Danés con 463 encuestados a un cuestionario sobre URI y barotrauma, quienes se compararon con 940 encuestados que respondieron el mismo cuestionario 10 años atrás, antes en el mismo entorno. La proporción de pilotos que experimentan uno o más barotraumatismos ha aumentado del 37,4 al 55,5% para la barotitis media y del 19,5 al 27,9% para la barosinusitis. Con base en estos resultados, el estudio sugiere que se aumente la conciencia sobre el riesgo de volar con infecciones respiratorias simples.

También se encuentra como referente, un estudio realizado en Chile "Estudio descriptivo de las características auditivas en personas que practican surf" Arriagada y Masquiaran en 2017, donde incluyen a timpanometría como prueba objetiva, llegan a la conclusión que el hallazgo más significativo se da en relación al estado del conducto auditivo externo mediante una evaluación otoscopia, se observaba la presencia de tumoraciones benignas de tipo exostosis, los resultados de la evaluación impedanciometría fueron normal en sus curvas y función tubárica. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no hay procesos de descompresión del oído por cambios de presión dado que el surf no se presentan inmersiones.

Por otra parte en la misma universidad el estudio “Relación entre el estado auditivo, años de práctica y tiempo de inmersión en buceadores de la ciudad de Talcahuano” en 2016 De la Barra, analiza un estudio timpanométrico arrojó curvas normales en 11 sujetos en ambos oídos y reflejos auditivos normales en la totalidad de los buzos, sin embargo, llama la atención el alto número de sujetos con disfunción de trompa auditiva cuya principal función durante la actividad del buceo es de equiparar presiones. Esta disfunción puede dar paso a una reducción de su permeabilidad volviendo ineficaces las maniobras voluntarias para desbloquearlo, originando lesiones barotraumáticas que por consiguiente pueden resultar en la perforación de las membranas del oído.

En la base aérea Luis F Pinto de la Fuerza Aérea Colombiana se realizó una investigación llamada “Posibles efectos del ruido, los cambios de presión atmosférica y la aceleración sobre el sistema auditivo vestibular del personal de vuelo”, (Páez, 2000). Esta investigación tomo como muestra 31 oficiales pilotos de la base aérea y los resultados del estudio indica que se debe mejorar los procedimientos que se realizan para obtener la licencia médica de vuelo, la importancia de mantener y conservar una buena audición ocupacional. En el 100% de los casos cambiaron los resultados post vuelo, aunque los sujetos evaluados conservan sus niveles dentro de parámetros de normalidad.

Se han realizado investigaciones utilizando la timpanometría como prueba objetiva para determinar el estado del oído medio. Bejarano et al (2010) y su estudio “caracterización de disfunción tubárica en pacientes con rinitis” arroja como resultados, que el pabellón auricular, el conducto auditivo externo y la membrana timpánica se encuentran normales en los 20 pacientes objeto de estudio, la inmitancia acústica da como resultado timpanogramas tipo A, sin embargo, en las pruebas de función tubárica 18 pacientes presentan alteración en la funcionalidad de la trompa de Eustaquio. Este estudio da a conocer que los pacientes con rinitis presentan alteración de la función tubárica.

Leal, Martin et al (2010), investigaron sobre la caracterización del timpanograma multifrecuencia en población adulta con audición normal, donde el análisis obtenido en la población, se observó que a altas frecuencias como 800 Hz y 1000 Hz, el oído por estar controlado por masa, es más susceptible a crear diferenciaciones específicas en el timpanograma, que pueden indicar alteraciones de oído medio no detectadas por timpanogramas de bajas frecuencias.

La tesis Evaluación de los cambios en oído medio con timpanometría en pacientes de Uci. González (2011), describe los cambios en la función del oído medio, afirma que mediante la prueba, los pacientes intubados de UCI presentan alteraciones en la función del oído medio con presencia de secreciones en el mismo y en forma de disfunción tubárica. Estas alteraciones, detectables mediante timpanometría, no suelen reconocerse clínicamente debido a que los tratamientos con antimicrobianos de amplio espectro pueden enmascararlas y a que la manifestación de síntomas en pacientes inconscientes es difícil.

En la Universidad del Valle, González et al en 2014, en su investigación rangos de normalidad de la prueba de timpanometría para jóvenes entre 17 y 25 años, da como resultado valores mínimos y máximos de los parámetros del timpanograma que son importantes, pues muestran parámetros diferenciales y que con una muestra más amplia sería posible comparar los valores internacionales con los valores locales, lo que permite dar cuenta y llegar a validar las variaciones de los mismos de acuerdo a cada población.

Según Marulanda en 2017, al realizar el estudio audiológico de la población en riesgo del Batallón de Mantenimiento de Aviones N° 1 División de Aviación Ejército Nacional el objetivo es emitir un diagnóstico clínico que dé cuenta, tanto del estado y funcionalidad del sistema auditivo, aplicando pruebas audiológicas, como la audiometría Tonal y Otoemisiones Acústicas. No obstante, para ello, un criterio de exclusión es no presentar alteraciones del oído medio y timpanogramas diferentes a tipo A. En este estudio se determinó que respecto a los antecedentes otológicos se identificaron con mayor aparición la otitis, sensación de oído tapado, acufenos / tinnitus, otalgia y sensación de

plenitud aural, en la audiometría tonal, el 84,2% de los participantes presento audición normal bilateral pero en la aplicación de OEAPD todos presentaron algún tipo de alteración.

Teniendo en cuenta a Caputo y Correa (2018), planteo un estudio descriptivo en pacientes atendidos en el Centro de Medicina Aeroespacial en los últimos 10 años, tomando como base de datos los registros estadísticos, donde halló que se atendían un promedio anual de 1629 pacientes, entre ellos se encontró una hipoacusia inducida por ruido de un 5 %. En estos resultados se observa una disminución en la hipoacusia inducida por ruido, aunque está apareciendo a una edad más temprana y se encuentran otras patologías relacionadas con el vuelo como el disbarismo y se resalta la efectividad de los programas de conservación auditiva observados en la conciencia de la población en el uso de protectores auditivos. Por lo anterior esta investigación se enfoca en analizar el estado auditivo por hipoacusias inducidas por el ruido, sin incluir los cambios que puedan presentarse en las presiones en el oído.

2.2 MARCO TEÓRICO

La Aviación Policial es indiscutiblemente uno de los procesos operativos y logísticos más importantes de la Policía Nacional de Colombia, con base a lo anterior, la Policía Nacional y principalmente el Área de Aviación, por el rol que ocupa con la comunidad y el buen impacto que ha ocasionado en ella, requiere de aportes de entes particulares para incrementar la seguridad en tierra y aire (Losada 2015). Dentro de las funciones actuales se encuentra las misiones como son de aspersión aérea, la interdicción en lo concerniente a destrucción de laboratorios, el apoyo a los operativos adelantados en contra de bandas criminales y narcoterroristas en diferentes territorios del país, y además como apoyo logístico para el transporte de personal de la institución, funciones que requieren de horas de vuelo donde del personal se ve inmerso a cambios de altura durante horas considerables y vibraciones ejercidas por la máquina que pueden llegar a afectar la impedancia del oído medio.

Por consiguiente, se puede decir que los proyectos que tiene el servicio de medicina aeroespacial y fisiología del vuelo de la Aviación Policial aportan a las mejoras del servicio que beneficiaran al personal, con la colaboración del equipo multidisciplinario y la capacitación continua en pro del óptimo bienestar del personal. “La medicina aeroespacial es una especialidad médica que surge como requerimiento del desarrollo de la industria aeronáutica y espacial, con el fin de generar las condiciones óptimas para el desempeño humano en estos ambientes especiales” (Fuerza área Colombia 2019). Se rige bajo los reglamentos de las incorporaciones institucionales a los aspirantes y renovaciones de licencias de vuelo a diferentes grupos de la institución vinculados a la compañía que estandariza los protocolos y normas y especialidades el servicio.

En la compañía aérea de Guaymaral, existen diferentes actividades que realizan los funcionarios, una de ellas y la más ejecutada son las funciones de vuelo diarias, preentrenamientos en fase de inicio de vuelo, reentrenamiento, verificación de máquinas entre otras, en el personal se encuentran pilotos, copilotos, artilleros, técnicos de líneas de aviación, el aumento de las actividades por ende ha incrementado estas funciones y

se ha analizado algunos síntomas post vuelo que no se verifican a través de pruebas objetivas posterior a cambios de presión.

La altitud se convirtió en un problema comúnmente observado asociado con vuelos de aviones y globos a gran altitud en la década de 1930. En la aviación actual, la tecnología permite que los aviones civiles (comerciales y privados) vuelen más alto y más rápido que nunca. Aunque las aeronaves modernas son más seguras y confiables, los ocupantes aún están sujetos al estrés de los vuelos a gran altitud y los problemas únicos que acompañan a estas alturas elevadas. Un siglo y medio después de que se describiera el primer caso de alteración por presión en el oído medio ha mejorado y se ha acumulado conocimientos; sin embargo, este problema está lejos de resolverse (Brown y Melchor 95). Los cambios de presión representan un riesgo para los profesionales en el área de la aviación.

Se llevó a cabo una encuesta, retomada por la Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Aerolíneas (IFALPA) en 1967, para investigar la etiología de la incapacitación durante el vuelo. James 2001 indica que el 29% de los 4.345 encuestados habían sido incapacitados al menos una vez, los síntomas gastrointestinales representaron la mayoría (58%) de los incidentes; otras causas principales dolor de oído, el 50,5% pensaban que la incapacitación afectaba la seguridad del vuelo. Gallagher et al en 2012, manifiestan que los tripulantes de avión que presenten con alergias estacionales deben continuar su medicamento para la alergia regular y deben mantenerse hidratados para evitar la irritación de las fosas nasales y de la faringe, lo que mejora el funcionamiento del oído medio.

Teniendo en cuenta a Zhong-yuan et al 2003, analizan que una altitud de 5000 metros, la presión atmosférica es de 0,54 atmosferas absolutas (ATA), y a 50 metros bajo el agua la presión será de 5,54 ATA, la diferencia de presión es 10,26 veces. Pero, la diferencia de presión por sumergirse solo 50 metros al nivel del mar, es de 6 veces. El cambio dentro del oído medio resulta cuando se altera la ley de Boyle- Mariotte, que nos indica que “el volumen que ocupa la masa de un gas es inversamente proporcional a la presión

a que está sometido”. Sin embargo, estos datos sugieren prácticas como el buceo, y se relacionan en menor proporción con actividades de vuelo (Orsello, 2013).

Las actividades que pueden ocasionar cambios en el oído medio son el buceo, el paracaidismo, la aviación, el uso de explosivos o su exposición, la cámara hiperbárica y todas aquellas circunstancias en las que aparezca un cambio relativamente brusco o suficientemente rápido de la presión ambiental (Hamilton y Farrell 2004). En efecto, cambios causados o inducidos por presión, esto puede incluir el oído medio, donde el autor manifiesta que para el manejo de estos problemas incluye la prevención, el uso de técnicas de compensación de presión, fármacos vasoconstrictores, cirugía.

En el manual de fisiología de vuelo (Cunliffe, 2004) menciona que durante el ascenso en vuelo, el aire en el interior del oído medio se expande, donde el exceso de volumen gaseoso debe salir hacia la faringe para equilibrar la presión trastimpánica, por el contrario, durante el descenso, al recomprimirse el aire en el interior del oído medio, disminuye el volumen cayendo la presión dentro de él, lo que induce que el tímpano protruya hacia el interior con la consiguiente inflamación de éste para equilibrar la presión transtimpánica. Lo que se necesita es, que el aire pase desde la faringe al oído medio a través de la trompa, y así poder equilibrar las presiones. Es decir, que el oído medio debe equilibrar las presiones para no alterar cambio en la funcionalidad y estabilidad del oído medio, los cambios de presión y las diferencias se puedan presentar en las timpanometrías se relacionan con mayor frecuencia durante el descenso, cuando la presión ambiental aumenta.

El ser humano, se encuentra en lugares donde la donde presión atmosférica es más o menos constante, cualquier cambio en ella, puede causar alteraciones en el organismo. Es así como, el sistema auditivo está adaptado a los cambios de presión a los que se somete durante las actividades aeronáuticas e, incluso, las subacuáticas. Citando a Fernández 2007, describe que pequeñas alteraciones anatómicas o funcionales que no constituyen un problema a una presión atmosférica habitual, pueden originar complicaciones al someter al organismo a cambios de presión.

Klingmann et al en 2007, realizan una investigación sobre accidentes de buceo reportaron en su estudio que el 8% presentan trastornos del oído externo, 46% con trastornos del oído medio, 18% con trastornos del oído interno, 8% con enfermedad por descompresión y 9 buceadores 3% con diversos síntomas. Sólo el 18% presentaron trastornos agudos concluyen que el trastorno más común fue alteración de oído medio.

Herranz en 2008, en la investigación “el umbral auditivo en buceadores no expuestos al ruido” analizo las repercusiones de esta actividad en su audición. Evaluó a de 233 buzos profesionales, trabajando en un ambiente sin ruido, concluye que el 82% presentó síntomas de enfermedad por descompresión Solo el 19,7% presentaba un umbral auditivo medio por debajo de 20 dB mientras que el 73,5% presentaba una hipoacusia leve.

En el artículo publicado por este mismo autor denominado “Alteraciones fisiológicas durante el transporte aéreo de paciente”, define que las de burbujas de nitrógeno en el organismo se dan como consecuencia de la disminución de la presión atmosférica. Casi nunca se presenta por debajo de los 18000 pies y sí por encima de 25000 pies. En aeronaves la presión es de 5500 a 8000 pies, suficiente para que se presente cambios en la presión atmosférica y la presión del oído medio en personas con factores condicionantes. Se puede dar durante o después del vuelo; en el cual la expansión y compresión de los gases atrapados es ocasionado por la disminución y aumento de la presión atmosférica cuando se asciende o se desciende respectivamente. (Herranz et al 2008).

Algunos estudios realizados en el medio aeronáutico han demostrado las actividades que pueden ocasionar cambios se presión en el oído medio son el buceo, en todas sus facetas, el paracaidismo, la aviación. Su etiología procede por no respetar la ley de Boyle-el volumen que ocupa la masa de un gas es inversamente proporcional a la presión a que está sometido (Bargués 2008). Este estudio indica que cuando nuestro organismo se sumerge en un medio acuático y va descendiendo o ascendiendo y soporta considerables cambios de presión. Si es en un medio aéreo en un medio aéreo también

sucede lo mismo, pero los cambios suceden a 5600 metros; todas formas, hemos tenido ocasión de observar roturas timpánicas en un simple vuelo comercial.

Con el fin de evaluar la prevalencia de cambios en el oído medio por cambios de presión Landolfi et al en 2009, investiga en el estudio denominado “barotrauma ótico durante el entrenamiento en cámara hipobárica” se estudiaron a 335 pilotos militares sanos quienes fueron entrenados en altura, los participantes se sometieron a examen clínico y timpanometría antes de entrar en la cámara. Sólo 226 sujetos normales fueron expuestos a la altura. Se diagnosticó alteraciones relacionadas a dolor de oído y hallazgos clínicos de cambios relacionados con la prueba. Se puede evidenciar que es posible encontrar cambios timpanométricos en personas que son sometidas a cambios presión.

Otro estudio el mismo autor Landolfi en 2010 observó en la investigación de título “la prevalencia del dolor de oído retardado después de la exposición a la altitud” e investiga la efectividad del uso preventivo de un balón nasal, se estudiaron a 88 pilotos de aviones militares sanos. Un grupo de 44 sujetos recibió el balón nasal, se solicitó a un grupo de control de 44 sujetos que realizara la maniobra de Valsalva solo durante el mismo período. El día después de la exposición a la altitud, el 53,4% de los sujetos informó dolor de oído. En el grupo tratado, el 61,4% de los sujetos estaban libres de síntomas. El timpanograma fue anormal en ocho sujetos sintomáticos y en seis asintomáticos. Lo que sugiere después de este estudio que posterior a la cámara de altitud puede haber prevalencia en los cambios de timpanogramas cuando no se utiliza balón nasal posterior a un cambio de presión.

Por otra parte, Rodriguez 2010 precisa que cuando el avión se eleva la presión de aire contenido en el conducto auditivo externo disminuye, esta situación, en la que la presión de aire contenida en el CAE es inferior con respecto a la presión de aire contenida en la caja timpánica, se resuelve con la apertura de la Trompa de Eustaquio. Cuando el avión baja se produce el fenómeno inverso, al realizar el movimiento de descenso, la presión atmosférica aumenta. Lo que quiere decir que parte del aire contenido en la caja

timpánica sale hacia la nasofaringe, de tal manera que se equilibran las presiones endo y exotimpánicas. Esto significa que hay mayor presión de aire contenido en el conducto auditivo externo. Por lo anterior, la presión de aire contenida en el CAE será superior con respecto a la presión de aire contenida en la caja timpánica, de nuevo, para equilibrar ambas presiones es necesaria la actuación de la Trompa de Eustaquio.

En la Aerospace Medical Association 2011 afirma que los cambios repentinos en la presión atmosférica, como los experimentan los aviadores, exigen que la capacidad de equilibrio de las trompas esté en óptimas condiciones de funcionamiento. La falta de equilibrio ante los cambios rápidos en la presión atmosférica puede conducir a la aparición repentina de un barotrauma que produce dolor de oído severo debido a la incapacidad de equilibrar las presiones en el oído medio.

La observación otoscópica de la membrana timpánica (TM) móvil causada por las maniobras de Toynbee, Frenzel, Valsalva y/o otoscopia neumática son evidencia de una TE funcional/patente. Del mismo modo, un timpanograma normal, da cuenta de la transmisión normal de energía a través del espacio del oído medio. El factor limitante para todas estas herramientas, es que ninguno de ellos evalúa la función de la TE durante los cambios dinámicos en la presión. (Aerospace Medical Association 2011)

Morganni, F et al en 2012, revelan en su estudio “reductores de barotraumatismo auricular” en tripulaciones aéreas expuestas a gran altitud simulada, concluye que las enfermedades del oído, la nariz y la garganta son factores de riesgo de alteración de la presión en el oído medio en las tripulaciones aéreas, 314 tripulaciones se sometieron a entrenamiento en cámara hipobárica. Los resultados arrojan que hubo 7 hombres que tenían presiones negativas y 28 hombres que tenían dolor de oído retardado.

Un barotrauma es una lesión causada por el aumento de la presión del aire, como durante los vuelos en avión o el buceo. Si la presión del aire procedente del exterior sobre el canal auditivo y la presión del aire en el oído medio cambian con rapidez o no están equilibradas, el tímpano puede resultar lesionado (Miyamoto et al 2020) . Cuando la

presión exterior del aire cambia durante el ascenso o el descenso de un avión o en una inmersión en aguas profundas, el aire debe moverse a través de la trompa de Eustaquio para igualar la presión en el oído medio.

Las aeronaves comerciales alcanzan una altitud de 8000-10000 metros, van presurizadas a altitudes equivalentes a los 3000 metros, de forma que el vuelo para el pasajero sea confortable y exento de riesgos. La mayoría de la gente soporta bien altitudes de hasta 2500 metros, donde la presión es equivalente a la que se presurizan las cabinas de los aviones. Sin embargo, ya a los 1500 metros se puede notar cambios con el ejercicio que, de noche, puede empeorar. A partir de los 2500 metros, los síntomas de la enfermedad de altitud son más frecuentes (Bernaola Alonso et al 2012).

Uno de los objetivos del estudio hemorragia de la membrana timpánica sin perforación, incluyó a cinco pacientes con hemorragia de la membrana timpánica agosto de 2014 y agosto de 2017, Kim et al demostraron un sangrado menor detrás de la MT intacta, que esta se presentó por un traumatismo craneoencefálico cerrado en dos pacientes, un barotrauma descendente durante el buceo en dos pacientes y una epistaxis espontánea en un paciente. La otalgia y la plenitud del oído fueron los síntomas más comunes, pero el PTA mostró una pérdida auditiva conductiva mínima o nula en todos los pacientes.

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que la presión exterior disminuye o aumenta, forma respectiva en el tiempo de ascenso o descenso de altura en vuelo, la presión en la caja timpánica será superior a la ambiental en el ascenso y menor en el descenso. En las dos situaciones, la nivelación de presiones se consigue con la apertura y el cierre de la trompa, que resultará más fácil en el ascenso. En el descenso, el oído medio tendrá una hipopresión relativa con el medio ambiente que, a medida que desciende, aumentará la presión; en esta situación, la presión ambiental alcanza las paredes de la trompa en la rinofaringe, obstruyendola cuando no se alcanza la isopresión en ambos lados de la membrana timpánica, en las cavidades del oído medio puede provocar algún cambio.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

La audición, es una facultad muy importante y necesaria para el desarrollo del ser humano como individuo, constituye uno de los pilares fundamentales para el establecimiento de la comunicación oral. Esto se debe a que la capacidad auditiva, facilita la adquisición de un lenguaje convencional, por medio del cual se hace partícipe de la interacción con el medio y sus pares a través de la comunicación. Así mismo le permite al ser humano relacionarse con su entorno y cumple un papel importante en el ejercicio de las diferentes profesiones. Las tareas de vuelo y la funcionalidad de este sistema es un factor importante en la realización de actividades especializadas en el área de la aviación.

EL SISTEMA AUDITIVO

El sistema auditivo está constituido por el aparato auditivo periférico y las vías auditivas centrales. Aunque anatómicamente el sistema auditivo comparte regiones con el sistema vestibular, cada uno tiene características morfológicas y funcionales distintas que hacen posible la detección y percepción de los estímulos específicos relativos a la audición y al equilibrio respectivamente. La audición se define como la percepción de ondas sonoras que producen estímulos que son recibidos, transportado y transformados mediante energía mecánica, hidráulica y finalmente potenciales bioeléctricos que se transmiten a través de la vía auditiva a la corteza cerebral, recorrido en el cual se realizan múltiples interacciones nerviosas que permiten desintegrar la señal para analizar sus componentes y permitir que el individuo tome conciencia del estímulo sonoro. (Angulo, citado por Toro 2010).

El oído externo tiene una constitución anatómica formada piel, tejido celular subcutáneo, y un esqueleto de cartílago. El pabellón auricular, a la manera de una pantalla receptora, capta las ondas sonoras, enviándolas a través del conducto auditivo externo hacia la membrana timpánica. La oreja del humano es prácticamente inmóvil y se orienta hacia el sonido mediante movimientos de la cabeza (Sánchez sf). El pabellón auricular contribuye a la localización de la procedencia del sonido. Tiene por función

captar los sonidos y dirigirlos al CAE. Al ser bilaterales, permiten la audición binaural y direccional, en efecto, cuando las ondas sonoras alcanzan la cabeza lateralmente son captadas antes por un pabellón auricular; esta diferencia en el tiempo de recepción de las ondas aporta la denominada información direccional de la audición. También contribuye a este fenómeno la orientación, ello aporta información acerca de la situación de la fuente sonora y aumenta la intensidad del sonido de 10 a 15 dBs en las frecuencias entre 1.700 y 7.000 Hz. (Alegría, 2009 cap 1).

El CAE se extiende desde la cavidad de la concha hasta la membrana timpánica, la pared de este conducto, es fibrocartilaginosa y ósea en sus dos tercios mediales, la longitud del CAE es de 25 mm por término medio, tiene forma de S, cubierto por un revestimiento cutáneo que se refleja en el fondo del conducto sobre la membrana timpánica. En la mitad lateral está provisto de pelos muy delgados y por debajo de este revestimiento cutáneo, están las glándulas secretoras de cera y sebáceas, Por otro lado, la secreción de las glándulas sudoríparas modificadas, es decir, el cerumen, cumplen una función protectora, desde el punto de vista auditivo, el conducto a parte de su función pasiva de transmisión del sonido tiene un efecto resonante, de las frecuencias comprendidas entre 2.000 y 5.000 Hz. (Betancourt, 2014).

El oído medio está formado por un conjunto de cavidades aéreas en el espesor del hueso temporal, con excepción del segmento faríngeo de la trompa de Eustaquio. Todo el sistema está cubierto por un epitelio mucoso, o respiratorio, es un espacio aéreo que se encuentra situado en la región petrosa del hueso temporal. Está constituido básicamente por tres elementos interconectados entre sí: las cavidades mastoideas y la caja del oído medio y la trompa de Eustaquio (Escajadillo, 2014).

Las cavidades mastoideas constituyen un sistema de espacios neumáticos que comunica en su región anterosuperior con la caja del oído medio, la cantidad de neumatización, estas celdas se encuentran recubiertas por un epitelio respiratorio; por ello, y dada su comunicación con el oído medio, participan de los fenómenos inflamatorios de la caja del oído medio (Alegría cap 1).

El sistema tímpano-oscicular que constituye el eje vertebral del sistema de transmisión del sonido. Está formado por la membrana timpánica, los huesos martillo, yunque y estribo. La membrana timpánica separa el CAE del oído medio y tiene una característica translucidez y coloración gris perla, su constitución anatómica está formada por tres capas epitelio cutáneo, capa intermedia, que es fibroelástica y la última respiratorio, el tímpano normal tiene una inclinación respecto al CAE de 30-40° con el plano horizontal presenta dos partes claramente diferenciadas en su topografía, puede ser dividido en relación a la apófisis corta del martillo que se extiende hacia fuera formando una prominencia timpánica desde este lugar se forman los pliegues anterior y posterior. (Loizaga et al cap 2).

Por arriba de los pliegues, que dividen a la membrana en dos partes desiguales, se localiza la pars flácida o membrana de Sharpnell y por debajo de ella la pars tensa que vibra y transmite el sonido. Esta membrana presenta una inclinación doble, su parte superior y posterior están más cerca del conducto auditivo externo mientras que la inferior y anterior son más profundas. Lo que provoca que al ser iluminado se produzca el triángulo luminoso que representa normalidad timpánica (Ferrer 2002).

La cadena osicular se extiende desde la membrana timpánica hasta la ventana oval, y transmite al líquido laberíntico las vibraciones ocasionadas por las ondas sonoras sobre la membrana timpánica. Los huesecillos se hallan unidos entre sí por articulaciones, y están suspendidos a las paredes de la caja timpánica por medio de ligamentos y su acción es la de incrementar la tensión de la membrana timpánica. (Gomez 2006).

El martillo se encuentra relacionado con el tímpano, está constituido por un mango incluido en la capa fibrosa del tímpano y una cabeza que se sitúa en el ático; ambas partes están unidas por el denominado cuello. En la unión entre el cuello y el mango existe una pequeña apófisis, denominada apófisis corta, que produce un relieve en el tímpano, visible en la exploración otoscopia. músculo del martillo tiene una función tensora de la membrana. El yunque está compuesto por un cuerpo que se articula con la

cabeza del martillo tiene dos apófisis horizontal y vertical, desciende en dirección a la cabeza del estribo, mediante la articulación incudoestapedial. El estribo formado por una cabeza de pequeño tamaño de la que surgen dos ramas, denominadas cruras, que terminan en la platina. Ésta, obtura la ventana oval al cual es posible que se lleven a cabo los movimientos del estribo y, por tanto, de la cadena osicular sobre la perilinfa. (Beltran 2007 cap 2)

La Trompa de Eustaquio es una estructura anatómica que une la pared anterior del oído medio con la pared lateral de la rinofaringe, la porción timpánica de la trompa es ósea y rígida, orientada hacia abajo y adelante por debajo del istmo, es membranosa y cartilaginosa Este conducto que conecta la pared anterior de la caja del tímpano con la pared lateral de la rinofaringe. Su eje mayor se dirige oblicuamente desde la caja del tímpano hacia abajo, está formada por dos porciones bien diferenciadas: la porción ósea, más lateral, se trata de un tubo óseo tallado en la parte anterior del hueso temporal. La porción fibrocartilaginosa, medial, que posee una luz virtual, La apertura permite el paso de aire desde la rinofaringe hacia la caja timpánica para equilibrar el gradiente de presiones. Mide aproximadamente de 31 a 38 mm, 12 la porción ósea y 25 la cartilaginosa. Se dirige hacia delante y hacia dentro, con una inclinación de 30-40° en el adulto (González 2011).

El oído medio se encarga de la transformación de ondas acústicas en vibraciones mecánicas a través la membrana timpánica y la cadena de huesecillos, las ondas acústicas que provienen la hacen vibrar estas vibraciones son muy complejas y dependen de la frecuencia e intensidad del sonido recibido, lo que le permite captar ondas de baja intensidad. (Betancourt, 2014). Actúa como un transformador o acoplador de impedancias, su función es elevar la presión sonora, de tal manera que se transmita sin pérdida considerable desde el aire hasta los líquidos intralaberínticos.

La transformación de ondas acústicas en vibraciones mecánicas, se da a partir de ondas que provienen del CAE, en estado de reposo, la MT se encuentra a tensión que le permite captar ondas de baja intensidad luego de la vibración de la membrana timpánica

empiezan actuar la cadena de huesecillos, el mango del martillo mango está incluido en el espesor de la MT, el yunque está situado medialmente, el movimiento de esta articulación se encuentra muy limitado por la fijación del martillo a la MT. Se puede decir que la MT forma una unidad funcional, en conjunto con el martillo y el yunque. El estribo se extienden dos ramas o cruras, que terminan en los extremos de la platina que cierra la ventana oval uniéndose a su periferia la inclinación de las cruras no es simétrica, sino que la posterior es generalmente más arqueada. Esto explica en parte su comportamiento biomecánico (Rivera 2003).

La adaptación de las impedancias entre el medio aéreo y el medio líquido del oído interno se da a través de la densidad del medio que se propaga por el desplazamiento de las moléculas del medio en que difunde. La resistencia acústica que se opone un medio, se llama, la impedancia, y está dada por su densidad y su elasticidad. El sistema de transmisión del oído posee su propia impedancia y la onda sonora tiene que superar una resistencia que guarda relación con tres factores como son masa, rigidez y roce o fricción, tanto del sistema timpanoosicular como de la propia cavidad timpánica. (Escajadillo 2014 cap 2).

Los factores que modifican el valor de la impedancia del oído medio son las de tipo estático, que están las cavidades del oído medio, tímpano, cadena: de tipo dinámico, que se dan por la actividad muscular endotimpanica, músculos del martillo y el estribo, y los cambios de aireación de la caja. Cuando un sonido llega al tímpano, parte de la energía acústica se absorbe, de tal modo que vibra el sistema de conducción timpanoosicular y parte de la energía de la onda sonora se refleja en función de la impedancia del medio. Cuando el sonido al pasar de un medio aéreo a otro líquido pierde gran cantidad de su intensidad debido a la reflexión al pasar la energía sonora de un medio aéreo a un medio líquido es necesario que existan sistemas de emparejamiento o compensación de las distintas impedancias, (Sánchez 2009).

El sistema de emparejamiento de impedancias se inicia, por lo tanto, en la MT, ya que sus características físicas permiten un incremento de presión sobre la ventana oval, De

esta manera se iguala, en parte, la menor impedancia del medio aéreo de la caja timpánica con la mayor del medio líquido del oído interno. Otro sistema que contribuye a adaptar las impedancias en el OM es el constituido por los músculos intratimpánicos. Así dependiendo de la intensidad y frecuencia del sonido, la contracción/relajación muscular aumenta/disminuye, respectivamente, la resistencia o impedancia del sistema frente al paso del sonido y así se modifica lo que finalmente alcanza y estimula a la ventana oval. (Betancourt 2014).

Otra función del oído medio es de proteger el oído interno ante sonidos de alta intensidad dado que, por encima de los 2.400 Hz, la membrana timpánica pierde rigidez y cuanto más alta sea la frecuencia, vibra menos, al disminuir la eficacia en la transmisión del sonido, constituye un sistema protector ante grandes intensidades, a altas frecuencias. En segundo lugar, los movimientos de los huesecillos son un sistema de protección al oído interno, ya que de la platina del estribo sobre la ventana oval dependen de la intensidad de los sonidos. los sonidos de intensidad mayor menor a 120 dBs, cuando el sonido es de intensidad superior, se produce un cambio de eje que tiene a proyectar el estribo hacia atrás, con tendencia a separarlo de la membrana oval. (Caro sf).

Por último, mantiene el equilibrio de presiones aéreas entre ambos lados de la membrana timpánica, Las celdillas y el antro mastoideo están tapizadas con mucosa, que es la prolongación de la que tapiza la caja timpánica. La función de las celdillas mastoideas es controlar presiones del oído medio, permitiendo una buena conducción de las ondas sonoras hacia el oído interno. Su alteración rompe el equilibrio de las presiones, alterando la audición. El grado de neumatización está condicionado por el poder biológico de la mucosa del oído medio y antro, además de su formación ósea. Una buena neumatización significa una mucosa biológicamente eficaz. Por su parte, el volumen aéreo del OM posee una importancia esencial en cuanto al mantenimiento de las presiones intratimpánicas y por ende de la fisiología del oído medio. (Gómez 2004)

En la trompa de Eustaquio hay un intercambio de gases en el oído medio saliendo oxígeno y penetrando CO₂. La absorción del aire ocurre principalmente a través de los vasos de la mucosa, la trompa de Eustaquio la función de equilibrio en el oído medio depende de la distensibilidad o compliancia de la membrana timpánica quien desplazándose medialmente hacia el promontorio o lateralmente hacia el CAE compensa cambios de presión dentro de la caja timpánica. Ya que toda la actividad del OM se realiza en un medio aéreo, depende de que exista un equilibrio de presiones a ambos lados de la MT. Así pues, la misión esencial de la trompa de Eustaquio es equilibrar dichas presiones. (Betancourt 2014).

El oído interno: Es la parte anatómica y funcionalmente más importante del oído; está constituida por dos sectores: uno situado en el parte anterior encargado de la audición llamada porción coclear está compuesto por una serie de cavidades excavadas en el espesor del hueso temporal, el laberinto óseo, que, a su vez, contiene una estructura interna delimitada por membranas denominada laberinto membranoso y que aloja dos receptores sensoriales, el receptor del equilibrio y el receptor auditivo. Por un lado, el receptor del equilibrio, formado por el vestíbulo y los canales semicirculares, se encuentra en la parte más posterior del laberinto, mientras que el receptor auditivo se sitúa en el laberinto anterior, la transducción, o transformación de la energía sonora mecánica en eléctrica, comprensible para el sistema nervioso central, se lleva a cabo en las células ciliadas del órgano de Corti. (García 2004).

LA IMPEDANCIOMETRÍA

Es una de las pruebas más importantes de la evaluación audiológica básica, mide el sistema del oído medio a la energía del sonido y cómo reacciona dinámicamente a los cambios en la presión atmosférica. Esta se realiza por medio de un equipo llamado impedanciometro, que aplica presión en el canal auditivo externo por medio de una sonda, mediante la cual se obtienen datos que reflejan la movilidad del tímpano en relación con las variaciones de presión, con esto obtenemos una variedad de curvas y

parámetros con las cuales podemos conocer si existe alguna condición que afecte el oído medio (González 2011).

Kohen (1985) define el término de impedancia acústica como un fenómeno afín a todos los sistemas vibrantes, cuya expresión más explícita es la resistencia que hacen estos sistemas a la vibración u oscilación aplicada desde el medio externo. La Asociación Americana de Lenguaje, Habla y Audición ASHA (1986) refiere que la medición de la inmitancia acústica clínica es un método que permite la descripción de las propiedades físicas del sonido.

Es un método objetivo de medición de la función del mecanismo auditivo periférico, por tanto, es una técnica audiológica objetiva, en la práctica clínica diaria las pruebas que fundamentalmente se realizan son, timpanometría, estudio del reflejo estapedial, umbral del reflejo estapedial, estudio de la fatiga del reflejo, estudio de la función tubárica. (Aeda 2004). Por medio de la timpanometría se obtiene una representación gráfica del complejo timpano oscilar y del contenido del oído medio y funcionamiento de la trompa de Eustaquio. Debido a que los sonidos deben transmitirse desde un medio de aire de baja impedancia en el canal auditivo a un medio fluido de alta impedancia, es importante comprender si el oído medio está proporcionando una transmisión de sonido eficaz. (Katz 2002).

Los impedanciómetros tiene sus antecedentes en el año 1934 en que Schuster desarrolla un puente mecánico electroacústico que permitiría determinar la impedancia del oído. Más tarde los trabajos de Metz (1946), desarrollan las aplicaciones clínicas de la medida de la impedancia auditiva. La fórmula utilizada en clínica para determinar la impedancia y, por tanto, la compliancia consiste en medir la cantidad de sonido que refleja la membrana timpánica tanto en reposo como sometida a presiones positivas y negativas de variable intensidad. (Solanelas 2003). En 1930 Tröger inició la práctica una probeta insertada en oído externo para la realización de mediciones (Katz, 2002); pero fue hasta la década de los 60 cuando se generalizó el uso clínico de la inmitancia al crearse nuevos

avances tecnológicos, pues en 1960 Terkildsen y Scott-Nielsen realizaron mediciones con equipos electrónicos (Katz, 2002).

Después de la publicación de la norma ANSI (1987), los fabricantes comenzaron a ajustarse a la recomendación de que los instrumentos de inmitancia proporcionan unidades de medida físicas calibradas en lugar de unidades de cumplimiento arbitrarias. todos los instrumentos de inmitancia producidos desde entonces han sido medidores de admitancia calibrados. Es preferible el análisis cuantitativo de timpanogramas, para quienes se necesitan diferentes valores normativos basados en la edad. (Katz 2002).

La exploración es, por medio de una bomba de aire, someter a la membrana timpánica a presiones positivas y negativas que varían entre los +400 mm de agua y los -600 mm de agua. Con esto se pretende valorar qué ocurre con la transmisión del sonido a través del oído cuando la presión de la caja del tímpano es la misma que la del exterior (presión de la bomba en 0), y cuando todo el sistema timpano-oscicular se ve afectado por las presiones positivas o negativas con las que sometemos a la membrana timpánica (Rivera 2003).

Un impedanciómetro consta de cuatro unidades independientes:

Un emisor de sonido que emite un tono de intensidad conocida a frecuencia fija, normalmente a 226 Hz, es el denominado tono sonda o tono prueba. La intensidad empleada para el tono sonda suele ser entre 80-85 dB SPL.

Una bomba de aire que permite variar la presión que actúa sobre la cara externa de la membrana timpánica. Se mide en decaPascales (daPa) o milímetros de agua (mmH₂O). La relación es 1daPa = 1,02 mmH₂O. Puede variar entre los -600 mm y los +400mm de H₂O. Su función es la base de la timpanometría.

Un sistema captador y medidor de sonido reflejado por el tímpano y que por tanto no ha atravesado el oído medio. El sonido reflejado es captado por un micrófono que detecta

la presión de sonido creado en el conducto auditivo externo y que depende del que se refleje en el tímpano. Este nivel sonoro resulta de filtrar la onda residual reflejada en el tímpano con respecto al tono sonda. El sonido captado y después de traducido se valora por un voltímetro para calcular la distensibilidad.

Un audiómetro incorporado al impedanciómetro sirve para desencadenar al reflejo del músculo del estribo, cuya acción será captada por el impedanciómetro. (Rodríguez y Rodríguez 2003).

LA TIMPANOMETRIA

La timpanometría es una herramienta diagnóstica sencilla, pero de mucha utilidad, y provee un medio objetivo y confiable para la valoración de la función de la cadena osicular, la trompa de eustaquio, la membrana timpánica y la interrelación entre ellas. (Rivera 2003). Es la medición de la inmitancia acústica (admitancia e impedancia) en el conducto auditivo externo como función de la presión de aire en su interior. Un timpanograma es la expresión gráfica de los datos obtenidos por timpanometría en la cual permite valorar la integridad del sistema de transmisión del oído medio, estimar la presión del oído medio, estimar el volumen del conducto auditivo o el medio, valorar la función de la trompa de Eustaquio (González 2004).

Esta prueba permite medir la admitancia acústica del oído medio en función de la presión del aire en un canal auditivo sellado con presiones mayores y menores en comparación con la presión ambiental, se realiza con fines diagnósticos dado que existen condiciones pueden afectar la presión dentro del oído medio. Cuando la presión varía en un rango de presión positiva a negativa en comparación con la presión atmosférica, el efecto sobre la función del oído medio se puede observar gráficamente. Por medio del timpanograma se registran cambios de flujo de energía en el oído medio. El objetivo es observar el movimiento de la membrana timpánica de +200 a -400 mm H₂O, para hallar la máxima compliancia o admitancia que la máxima impedancia exhibida ante presiones, (Leal et al 2010).

El timpanograma mide parámetros básicos como son pico de presión, compliancia, volumen físico del canal y gradiente, dadas estas mediciones se obtiene la forma del mismo a través de una gráfica situada en un eje de coordenadas. En las abscisas se sitúan las cifras de presiones (mm de agua o daPa), mientras que en las ordenadas se sitúan los niveles de compliancia medidos en cc o ml. Para hallar los valores de normalidad en la prueba se debe tener instrumentos y que los puedan medir, la timpanometría, que es una prueba que permite analizar mediante datos cuantitativos la funcionalidad del sistema de inmitancia acústica; considerada una prueba objetiva, puesto que los resultados de ésta no dependen ni de las respuestas del evaluado ni de las apreciaciones del evaluador, sino de los resultados obtenidos por el equipo De Sebastián G. 1999 nombrado por (Gonzalez et al 2014)

La Asociación Española de Audiología AEDA (2004) indican que el rango promedio normal en compliancia es de 0.3 hasta 1.6 cm³, con una media de 0.7 cm³ y centrado el pico del timpanograma en 0 daPa; como presión normal se propuso de -50 a +50 daPa en población adulta según la variedad de literatura que se revisó para ese estudio.

VOLUMEN FÍSICO DEL CANAL

Es la admitancia medida en la punta de la sonda podría atribuirse únicamente al aire atrapado en el propio canal auditivo. Esta medida se denomina "volumen equivalente del canal auditivo" porque en condiciones de referencia estándar que utilizan un tono de sonda de 226 Hz, el volumen de aire atrapado en una cavidad de paredes duras es igual al volumen acústico de esa misma cavidad. Volumen del canal auditivo (ECV): medido en cm³, indica el volumen desde la punta del aparato hasta la membrana timpánica a una presión de +200 daPa. Los valores de volumen físico son para el adulto: 0.4 cc a 1.5 cc Un estudio de Margolis y Heller (1987) informaron de un aumento medio del volumen del canal auditivo de 0,63 en niños a 1,46 en adultos. El rango normal para se relaciona positivamente con la edad debido al aumento del volumen del canal auditivo. El volumen equivalente del canal auditivo es mayor en los hombres que en las mujeres (Katz 2002).

COMPLIANCIA

La Compliancia o la admitancia se puede considerar como la altura absoluta del timpanograma en su pico. Se mide comparando el SPL cuando la presión de aire está a 0 daPa, o en el aire presión correspondiente al pico, cuando la presión del aire se eleva a 200 daPa positivos, estas medidas se dan en volúmenes equivalentes de aire en centímetros cúbicos (cc). El SPL de la señal en una pequeña cavidad es estática es la característica que se mide con mayor frecuencia del timpanograma de 226 Hz y se denomina comúnmente "cumplimiento" (Stach 1998). Es decir si el SPL del tono de la sonda aumenta cuando la presión del aire se eleva a +200 daPa fluye menos energía por el oído medio es equivalente al volumen de aire en el canal auditivo externo, si el SPL disminuye a 0 daPa como fluye más energía en el oído medio, el volumen medido es más grande porque incluye el volumen equivalente del oído medio. La inmitancia estática, entonces, es la diferencia entre la medición de volumen en las dos diferentes presiones de aire. En adultos con función normal del oído medio, la diferencia varía de 0,3 a 1,6 cc.

PRESIÓN

El pico de presión ofrece información sobre la presión en el oído medio (positiva, negativa o normal). La Presión (PP): se da en daPa, muestra la presión a la cual se produce equilibrio a ambos lados de la membrana timpánica, es decir la presión a la cual se produce equilibrio, también indica la presión a la cual se obtiene el pico de compliancia. Por ello permite indagar sobre la funcionalidad de la trompa de Eustaquio (Katz 2002). La energía fluye al máximo a través del sistema cuando la presión del aire en el canal auditivo es igual a la presión del aire en la cavidad del oído medio. Se consideran presiones normales de caja en adultos las comprendidas entre +50 y -50 daPa.

EL GRADIENTE

Gradiente (GR) expresado en daPa, es la presión asociada con un 50% de la elasticidad pico, corresponde a la diferencia de presión entre dos puntos (X e Y) de la curva timpanométrica en la cual la compliancia corresponde a la mitad del punto de máxima compliancia. En 1990 la ASHA publicó valores de normalidad los cuales son 50 y 110 daPa para adultos. (Aliaga 2014)

Dentro de la inmitancia acústica se realiza la valoración Z que arroja en condiciones de normalidad una gráfica denominada tipo A, según la clasificación de Jerger, citado por Gallego y Sánchez (1992), caracterizada por tener dentro de su resultado el valor de gradiente, compliancia y el volumen físico del canal dentro de límites normales ya establecidos; así mismo, arroja distintas gráficas para condiciones de anormalidad como las gráficas tipo B, C, As y Ad. (Leal 2010).

Es gran importancia bajo el punto de vista clínico la forma de la curva timpanométrica y existen varias clasificaciones. Entre las clasificaciones más conocidas está la de Jerger (1970), citado Stach 1998, en la que existen tres patrones básicos de curvas timpanométricas y las clasificó en los siguientes tipos, con el objetivo de facilitar la comparación entre resultados. Para efectos de esta investigación se utilizó la clasificación de Jerger dado que es la más utilizada dentro de la comunidad científica que trabaja con al área de audiolología.

1. Tipo A (normal) Pico estrecho situado entre el rango de presiones considerado normal (+50 y -100 daPa o mm de agua) con una compliancia máxima de 0,3 a 1,7 ml. Este tipo de curva indica que el sistema tímpano oscicular funciona bien, pero no proporciona información del estado auditivo del sujeto. Dentro del tipo A se distinguen dos subgrupos con curvas anormales: Tipo As: punto de compliancia máxima en 0 daPa pero con escasa movilidad timpánica. Puede indicar tímpano rígido (timpanoesclerosis, líquido en oído medio, otosclerosis). Tipo Ad: el punto de compliancia máxima se sitúa

en 0 daPa pero con una movilidad timpánica exageradamente alta. Puede indicar tímpano flácido, luxación o fractura de huesecillos...

2. Tipo C : En este patrón el tímpano tiene movilidad (normal o baja), pero ésta se encuentra fuera del rango de presiones considerado normal. Se puede detectar, sin embargo, un pico de compliancia. Estas curvas suelen indicar una depresión timpánica, generalmente por disfunción tubárica, o líquido en oído medio si la compliancia es baja. También puede sugerir fase de desarrollo o resolución de una otitis media.

3. Tipo B: En este patrón la curva es aplanada, sin un punto evidente de máxima compliancia timpánica. Este tipo de curvas es importante interpretarlas de forma conjunta con la lectura del volumen del canal auditivo (volúmenes medios en adultos considerados normales: 0,63-1,46 ml). Los procesos que llenan de un contenido la caja del tímpano inmovilizan la membrana timpánica, lo que ocurre principalmente en la otitis media secretoria, se manifiestan en la timpanometría con una curva plana y volumen de canal normal. También daría una curva plana la existencia de cerumen impactado en el conducto auditivo externo, pero tendría un volumen de canal pequeño. En el caso de una perforación timpánica tendríamos una curva tipo B pero con un volumen de canal grande.

CAPITULO 3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE ESTUDIO

Esta investigación está bajo el enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refiere. Su valor es útil para mostrar con precisión los ángulos y dimensiones de los fenómenos, sucesos, comunidad, contexto o situación. De alcance descriptivo, según Hernández, (Fernández y Baptista 2010), estos estudios son aquellos que buscan especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Este proyecto se encuentra dentro de este tipo de estudio, debido a que buscó medir, identificar, evaluar, analizar los cambios timpanométricos de una población expuesta a cambios de altura de la Compañía Aérea De Guaymaral para posteriormente ser sometidos análisis y recolectar los datos sobre pruebas de oído medio a través de paquetes estadísticos descriptivos, diferencia de medias y modelo estadísticos de la regresión.

Se tomaron variables de estudio para la caracterización de la población a la cual se realizó la aplicación de una ficha audiológica, otoscopia y timpanometrías dos horas antes de iniciar fase de vuelo y un máximo de 2 horas después de descenso, esto permitió analizar las posibles diferencias timpanométricas a nivel de las variables a analizar en este estudio como son el volumen físico del canal, la compliancia, la presión y el gradiente, a la cual está expuesto el personal que realiza cambios de altura y de presión debido a las funciones laborales que ejecutan.

3.2 POBLACION Y MUESTRA

Aquí el interés se centra en “qué o quiénes”, es decir, en los participantes, objetos, sucesos o colectividades de estudio (las unidades de muestreo), lo cual depende del planteamiento y los alcances de la investigación. (Hernández, Fernández, et al 2014).

3.2.1 Población:

Se eligió como población de 130 funcionarios de la compañía aérea de Guaymaral en un rango de edad a entre 27 y 45 años, funcionarios de vuelo de ala rotatoria.

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población (Hernández, Fernández, et al 2014).

3.2.2 Muestra:

Conformada por 55 funcionarios adscritos a la Compañía aérea de Guaymaral, que hacen parte de la línea ala rotatoria y a quienes se les realizó la aplicación ficha audiológica con en la cual se obtuvieron datos relevantes asociados a antecedentes y sintomatología auditiva, realización previa de otoscopia como requisito para ejecutar las timpanométricas y poder analizar las variables inmersas en ella. Posterior a descenso de vuelo a los mismos 55 funcionarios en tiempo no mayor de 2 horas se les realizó la otoscopia como medida preventiva de la observación de la membrana timpánica y así da viabilidad para tomar la segunda prueba timpanométrica. Un total de 110 oídos, a quienes se ejecutó pruebas timpanométricas, antes y después vuelo, de esta manera se logró recolectar los datos que permitieron correlacionar las variables de volumen físico del canal, compliancia, presión y gradiente.

La selección de la muestra se dio a través de un muestreo intencional no probabilístico por conveniencia, determinando los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

Edad entre 27 y 45 años

Población Masculina y Femenina

Pruebas audiológicas de máximo 1 año de realizadas

Cumplan Funciones de vuelo

Pre vuelo dos horas antes inicio de fase de vuelo

Post vuelo máximo 2 horas después de cambio de presión altura.

Pilotos o técnicos línea de la rotatoria.

Criterios de exclusión:

Menores de 27 años y mayores a 45 años

Tapón de cerumen o cuerpo extraño.

Perforación de la Membrana timpánica.

Procesos virosis vías respiratorias.

Audiometrías mayor a un año

Pilotos, técnicos de ala fija.

3.2.3 Variables Cuantitativas

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables cuantitativas son aquellas cuyas categorías pueden expresarse numéricamente, permiten elaborar datos estadísticos debido a las operaciones que se pueden realizar sobre las mismas. Así se facilita una descripción más precisa y detallada de la variable. En otras palabras, especifica qué actividades u operaciones deben realizarse para medir una variable e interpretar los datos obtenidos (Hernández- Sampieri et al., 2013). Una definición operacional nos dice que, para recoger datos respecto de una variable, hay que realizar un proceso específico. En este proyecto investigación para analizar las variables cuantitativas, se requirió de la realización de la timpanometría que arroja gráficamente los valores de las variables del estudio como son

el volumen físico del canal, la compliancia, la presión y el gradiente, datos que fueron analizados a través de software estadístico que nos dio la lectura de datos, la transformación de variables, la estadística descriptiva y los gráficos.

Tabla 1 Operacionalización de las variables del proyecto caracterización timpanométrica de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía Aérea de Guaymaral.

VARIABLE	Dimensión	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador			
	Volumen físico del canal	Cuantitativa	Medida obtiene el tamaño de la cavidad situada a la extremidad de la cánula.	La impedancia acústica de la membrana timpánica de los participantes se evalúa a través de la timpanometría.	Antes de vuelo		Después de vuelo	
					OD	OI	OD	OI
					Normal Si 1 No 2			
					Aumentado Si 1 No 2			
					Disminuido Si 1 No 2			
	Complacencia	Cuantitativa	Facilidad para permitir el paso de la energía.	La impedancia acústica de la membrana timpánica de los participantes se evalúa a través de la timpanometría.	Antes de vuelo		Después de vuelo	
					OD	OI	OD	OI
					Normal Si 1 No 2			
					Aumentado Si 1 No 2			
					Disminuido Si 1 No 2			
	Presión	Cuantitativa	Punto máximo de complacencia.	La impedancia acústica de la membrana timpánica de los participantes se evalúa a través de la timpanometría.	Antes de vuelo		Después de vuelo	
					OD	OI	OD	OI
					Normal Si 1 No 2			
					Aumentado Si 1 No 2			
					Disminuido Si 1 No 2			

Timpanometrías y cambios de altura

Gradiente	Cuantitativa	Medida del ancho del timpanograma	La impedancia acústica de la membrana timpánica de los participantes se evalúa a través de la timpanometría.	Antes de vuelo		Después de vuelo	
				OD	OI	OD	OI
				Normal Si 1 No 2			
				Aumentado Si 1 No 2			
				Disminuido Si 1 No 2			

Curva timpanométrica	Cuantitativa	Curvas clasificación Jerger	La impedancia acústica de la membrana timpánica de los participantes se evalúa a través de la timpanometría	Antes de vuelo		Después de vuelo	
				OD	OI	OD	OI
				Tipo A	Tipo A	Tipo A	Tipo A
				Tipo Ad	Tipo Ad	Tipo Ad	Tipo Ad
				Tipo AS	Tipo AS	Tipo AS	Tipo AS
				Tipo B	Tipo B	Tipo B	Tipo B
				Tipo C	Tipo C	Tipo C	Tipo C

3.3 PROCEDIMIENTOS

3.3.1 Colectivo e individual

3.3.1.1 Fase 1 Colectivo

En la primera etapa del proceso y una vez aprobado el proyecto ante el comité de ética, se solicitó al personal en estudio una reunión general con las medidas de bioseguridad establecidas en el protocolo de Bioseguridad seguridad numeral 1,2,3 y distanciamiento 2 metros y uso adecuado de mascarilla de los funcionarios y los profesionales a cargo, con el fin de explicarles en detalle el objetivo y los procedimientos del proyecto aquellos interesados en participar en el mismo, este proyecto de investigación les pidió firmar el consentimiento informado según las consideraciones éticas Resolución N° 008430 de 1993 (4 de octubre de 1993), Código de ética para la investigación humana", que terminó siendo denominado Declaración de Helsinki, Código de Núremberg DE 1997, (Constitución Política de Colombia de 1991), Ley 376 1997. Asignación de citas y horarios para la aplicación de la prueba, considerando fases de vuelo antes de inicio de la misma y máximo 2 horas después de descenso.

3.3.1.2 Fase 2 Individual Antes de función de vuelo

La segunda etapa, según horarios establecidos (tablas 2 y 3), se procedió a la aplicación del protocolo De Bioseguridad, Manejo y Control del Riesgo del Covid 19, resolución 1721 de 2020 del Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1721 del año 2020 del Ministerio De Salud y Protección Social para establecer protocolos de bioseguridad y Lineamientos fonoaudiológicos para la atención del paciente con COVID-19. Decreto Legislativo Número 538 de 2020, Por el cual se adoptan medidas en el sector salud, para contener y mitigar la pandemia de COVID-19 y garantizar la prestación de los servicios de salud, en el marco del Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica.

Tabla 2 Asignación de horarios funcionarios

Procedimiento individual días 1 y 2

HORA	PROCEDIMIENTO Antes de fase de vuelo	INICIO HORA	VUELO	POSTERIOR FASE DE VUELO	PROCEDIMIENTO
5: 00 am 4 funcionarios	Protocolo bioseguridad, Anamnesis, otoscopia, timpanometría	6: 00 am		8:00 am	Otoscopia, segunda timpanometría
7: 00 am 4 funcionarios	Protocolo bioseguridad, anamnesis, otoscopia, timpanometría.	8:00 am		10:00 am	Otoscopia, segunda timpanometría
9: 00 am 4 funcionarios	Protocolo bioseguridad, anamnesis, otoscopia, timpanometría.	10: 00 am		12 am	Otoscopia, segunda timpanometría
11: 00 am 5 funcionarios	Protocolo bioseguridad, anamnesis, otoscopia, timpanometría	12 : 00		2: 00 pm	Otoscopia, segunda timpanometría
1: 00 pm 4 funcionarios	Protocolo bioseguridad, anamnesis, otoscopia, timpanometría	2: 00 pm		4:00 pm	Otoscopia, segunda timpanometría
3:00 pm 4 funcionarios	Protocolo bioseguridad, anamnesis, otoscopia, timpanometría	4:00 pm		6:00 pm	Otoscopia, segunda timpanometría
Total funcionarios	25	25	X	2	50 timpanometrías

Tabla 3 Asignación de horarios funcionarios

PROCEDIMIENTO INDIVIDUAL DIA 3					
HORA	PROCEDIMIENTO Antes de fase de vuelo	INICIO HORA	VUELO	POSTERIOR FASE DE VUELO	PROCEDIMIENTO
9: 00 am 5 funcionarios	Protocolo bioseguridad, Anamnesis, otoscopia, timpanometría	10: 00 am		12 :00 am	Otoscopia, segunda timpanometría

En la tercera etapa se realizó la Historia Clínica que es un documento privado, obligatorio y sometido a reserva, en el cual se registran cronológicamente las condiciones de salud del paciente, los actos médicos y los demás procedimientos ejecutados por el equipo de salud que interviene en su atención según la integralidad, secuencialidad, racionalidad científica y demás artículos que la resolución 1995 de 1999 Ministerio de Salud dispone. Para efectos de este procedimiento se hizo ficha de anamnesis audiológica que proporcionó información necesaria acerca del estado del sistema auditivo y datos importantes para la de evaluación clínica, se indago sobre problemas específicos que pueden provocar alteraciones otológicas, u otros problemas relacionados con la audición (Gómez 2005) y que dé cuenta si es apto o no para la investigación.

La cuarta etapa se procedió a la observación del pabellón auricular oído externo y la membrana timpánica por medio de la Otoscopia, mediante técnica descrita por Jimeno et al 2011, con el fin de determinar si existe algún tipo de exclusión para no poder realizar la impedanciometría. para ello se tuvo en cuenta parámetros de observación del pabellón auricular, permeabilidad del conducto auditivo externo, presencia de tapón de cerumen o cuerpo extraño, la membrana timpánica, el color la posición y la integralidad de la misma (Flores 2015).

PROTOCOLO DE OTOSCOPIA Jimeno et al (2010).

OTOSCOPIA

La otoscopia es un procedimiento que permite visualizar, explorar y evaluar la morfología y el estado del conducto auditivo externo (CAE), la membrana timpánica e indirectamente del oído medio, permitiendo determinar el estado normal o anormal de sus estructuras, descartar o confirmar diferentes patologías propias del oído externo y la presencia de cerumen o cuerpos extraños.

El conducto auditivo externo este revestido por una capa hidrófoba y aérea que se forma por las glándulas ceruminosas y el epitelio escamoso exfoliado;

su acumulación representa un problema muy común y debe ser extraído con alguna de las técnicas existentes para esto.

Nivel de complejidad: Nivel I de atención

Profesionales que realizan el procedimiento: Médico otorrinolaringólogo, fonoaudiólogo especialista en Audiología y/o en Salud Ocupacional.

Indicaciones clínicas: El examen de CAE está indicado en todos los pacientes, como requisito para la realización de los diferentes procedimientos audiológicos solicitados por el paciente o médico tratante: pruebas diagnósticas, tamización, manejo de conservación auditiva, toma de impresión para la realización de los protectores auditivos o moldes para audífonos, mediciones de oído real y pruebas electrofisiológicas.

Resultados esperados: Con la otoscopia se busca visualizar, examinar y describir el estado del CAE y de la membrana timpánica, determinando su condición, y viabilidad de la realización de los procedimientos audiológicos y/o necesidad de remisión.

Tiempo estimado : 2 minutos.

Infraestructura física y especificaciones de los equipos para la otoscopia: Ooscopio de luz halógena, juegos de espejos cónicos de diferentes tamaños, es un número proporcional a la consulta diaria.

Procedimientos clínicos de la otoscopia:

- Se le explica al paciente en que consiste el examen.
- Se establece apoyo manual preventivo en la cabeza del paciente. Para evitar una lesión en caso de giro cefálico.

- Se sujeta el otoscopio, realizando tracción de la porción superior del pabellón auricular hacia arriba y atrás en adultos (en lactantes y niños hacia abajo y atrás por la diferencia en tamaño del CAE y su forma), se introduce el espejo, manipulándolo mientras se mira por el para evitar contacto con las paredes del conducto, y se realiza la inspección visual.
- Se registra los resultados en la historia clínica. (Jimeno, 2010).

A continuación, en la etapa cinco se realiza la prueba de timpanometría esta estudia las variaciones en la compliancia es decir la elasticidad de la membrana timpánica y del oído medio en función de las alteraciones del sistema tímpano-osicular inducidas artificialmente (Narbona, Muller, 2003). El resultado de esta evaluación se registra en un gráfico que representa las presiones de aire y las variaciones en la compliancia en el eje vertical (Leal 2010). Realización de la timpanometría donde el registro de los valores los da automáticamente el equipo y analizado los mismos en valores dados por al AEDA en y la Clasificación de Jerger, citado por Stach (1998) para diferenciar las diferentes curvas obtenidas a partir de estos datos clasificados en Tipo A, B, C, As, Ad según valores y análisis de las mismas antes y después de actividad de vuelo.

PROTOCOLO DE INMITANCIA ACUSTICA Jimeno et al (2010).

TIMPANOMETRIA

Antes de realizar la timpanometría, el audiólogo debe examinar el canal auditivo con una otoscopia para identificar el cerumen, obstrucciones, cuerpos extraños, drenaje, perforación de la membrana timpánica o un canal colapsado. Cualquiera de estas condiciones puede afectar las estimaciones del volumen del canal auditivo y otras mediciones de timpanometría y, por lo tanto, debe documentarse.

Se realiza la prueba de timpanometría esta estudia las variaciones en la compliancia es decir la elasticidad de la membrana timpánica y del oído medio en función de las alteraciones del sistema tímpano-osicular inducidas

artificialmente (Narbona, Muller, 2003). El resultado de esta evaluación se registra en un gráfico que representa las presiones de aire y las variaciones en la compliancia en el eje vertical (Leal 2010).

Nivel de complejidad: Nivel II: de acuerdo con la Resolución 5261 del Ministerio de Salud.

Profesionales que realizan el procedimiento: Fonoaudiólogos y/ o audiólogos.

Indicaciones clínicas:

En individuos de todas las edades, ya que se considera una prueba básica en cualquier evaluación audiológica, para medir objetivamente la función del mecanismo auditivo periférico. Está indicada en:

- Personas expuestas a ambientes laborales con vapores o humedad, aire contaminado por partículas respirables causantes de procesos obstructivos de vías respiratorias altas.
- En individuos expuestos a cambios de presión como personal de vuelo o buzos.
- Personas con enfermedades de vías respiratorias altas.
- Niños en edad pre-escolar y escolar.
- Personas con hipoacusias en estudio.
- Sujetos examinados con audiometría tonal, que reporte algún grado de pérdida auditiva desde mínima, con gap.
- Ante sospecha de alteraciones de función del oído medio.
- Como apoyo a las mediciones de umbrales tonales, cuando el procedimiento se realiza en campo y los niveles de ruido ambiente no permiten obtener umbrales confiables para frecuencia graves.
- Verificación de funcionamiento de tubos de ventilación.
- Personas difíciles de evaluar comportamentalmente como niños, pseudohipoacústicos, pacientes con trastornos asociados, entre otros.

Contraindicaciones :

- Este procedimiento está contraindicado en el postoperatorio inmediato de cirugías de membrana timpánica, conducto auditivo externo o de oído medio.
- Tapón de cerumen a la evaluación.
- Patologías supurativas activas de oído medio a la evaluación.

Resultados esperados:

- Determina si existe o no una adecuada función de oído medio.
- Determina si existe o no una actividad refleja normal.
- Indica si es necesario hacer recomendaciones para pruebas audiológicas adicionales y / o remisión a médico especializado.
- Orienta hacia la posible causa del problema conductivo.
- Detecta perforaciones timpánicas, procesos otológicos inflamatorios, posible difusión de la trompa de Eustaquio (su confirmación requiere pruebas complementarias, que no son objetivo de este protocolo). Ocupaciones seromucosas del oído medio, alteraciones por masa, resistencia o fricción.
- El timpanograma puede mostrar desviación en complacencia, presión y/ o gradiente, cambios en la morfología, sugestivos de alteraciones masa resistencia o fricción.
- En el caso de individuos expuestos a cambios de presión; los timpanogramas tipo B o C son criterios para sugerir control medico e incapacidad provisional, hasta que la condición de la función del oído medio se normalice.
- Determinar el volumen físico del canal normal, disminuido o aumentado.
- Determinar normalidad o alteraciones en la presentación del reflejo estapedial como aumento en la intensidad, no presencial y / o fatiga, aportando importante información diagnostica y la necesidad de valoración audiológica adicional y la correlación de pruebas.

- En presencia de timpanogramas normales y ausencia o fatiga del reflejo estapedial. Se deben solicitar pruebas audiológicas avanzadas de topo diagnósticos.

Tiempo estimado : 15 minutos, en condiciones óptimas.

Infraestructura física y especificaciones de los equipos :

Impedanciometro clínico, manual o automático, olivas de adaptación al conducto auditivo externo, de diferentes tamaños. Se debe calibrar diariamente con la sonda adaptada a una cavidad de metal o plástico duro que proporcione el fabricante. Es necesario además realizar una calibración biológica en un oído conocido que no presente patología. La calibración debe cumplir con las normas, ANSI S3, 39, 1987 (R 2002). La comprobación del funcionamiento general del equipo y la calibración en laboratorio, es necesario realizarla cada 6 meses y debe cumplir lo establecido por la norma ANSI S3,39,1997(R 2002). Se debe realizar limpieza y desinfección del material utilizado siguiendo el protocolo correspondiente.

Procedimiento clínico:

- Consentimiento informado
- Paciente sentado
- Se realiza la otoscopia para descartar la presencia de cerumen, inflamación u otorrea que pueda contraindicar la realización de la prueba; en los casos necesarios, se realiza limpieza del CAE antes de la evaluación.
- Se le describe al paciente brevemente en que consiste la prueba y que va a sentir; se le muestra la sonda con su terminal explicándole que se le va a introducir en el CAE.

- Se le indica al paciente que se mantenga sentado, quieto, que no haga movimientos con la cara o boca y que no haga movimientos deglutorios durante la prueba.
- Se le dice que si presenta dolor o cualquier incidencia nos lo indique.
- Se coloca en el oído la sonda con la terminal de protección del tamaño adecuado al CAE, haciendo tracción leve en el pabellón, hacia abajo y arriba y atrás en los adultos, hacia abajo y a fuera en niños pequeños, por la morfología de su CAE.
- Se dirige la sonda hacia la membrana timpánica, ya que si se va hacia las paredes del CAE puede bloquearse y llevar a errores en los resultados.
- Una vez que la sonda está perfectamente adaptada (comprobando selle) se comienza la prueba.
- confirmándose la estabilidad de la aguja del manómetro conectado a la bomba, para una presión positiva de +200 mm de agua. (Diaz 1997)
- A continuación, se reduce progresivamente la presión hasta llegar a -200 o -400 mm de agua; esta reducción se realiza automáticamente. (Diaz 1997)
- Se registran automáticamente las mediciones de complacencia, gradiente, volumen físico del canal y presión desde una presión de +200 daPa hasta 300 daPa, permiten establecer la curva de timpanometría.
- Se hace impresión se clasifica y se describe el tipo de timpanograma según la clasificación de Jerger.

Potenciales complicaciones:

- El paciente puede manifestar dolor o hipersensibilidad al colocar las olivas en el CAE si presenta al momento de la evaluación algún traumatismo o inflamación en el área.
- Molestias a los cambios de presión.
- Molestias a los tonos del reflejo.
- Mareo con los tonos fuertes.

Acciones a seguir el control y resolución de la situación:

- Suspender la prueba por algunos minutos.
- Sugerir consulta médica.
- Reprogramar cita para terminar la evaluación.
- Explicar que los tonos no son dañinos, que debe tratar de soportarlos.
- Si es demasiado molesto o produce mareos suspender la prueba y realizar remisión.
- Realizar seguimiento a los pacientes que manifiestan estas dificultades.

Reporte : Debe incluir los datos básicos del paciente, nombre y apellido, tipo y número del documento de identificación, edad, fecha de nacimiento, Fecha de evaluación y descripción de los resultados (Jimeno et al 2010).

3.3.1.3 Fase 3 Individual Posterior a función de vuelo en un periodo no mayor a 2 horas.

Como medio preventivo esta fase, en la primera etapa se realizó la observación del pabellón auricular oído externo y la membrana timpánica por medio de la Otoscopia, mediante técnica descrita por Jimeno et al 2011, y determinar o no la existencia de cambios en el conducto auditivo y membrana timpánica después de cambios de presión en un periodo no mayor a 2 horas posterior a descenso de vuelo.

En la segunda etapa se repitió la aplicación de la prueba de timpanometría según protocolo realizado por Jimeno et al 2011 para la obtención de la segunda muestra de medición y así se pudo establecer el comparativo y dar respuesta a la pregunta de investigación en cuanto a valores de Volumen Físico del canal, Complacencia, Presión y gradiente, y obtener las curvas timpanométricas Tipo A, B, C, As, Ad, según la Clasificación de Jerger, citado por Stach (1998).

3.3.1.4 Fase 4

Por último, en la cuarta fase se entregarán los resultados a la población objeto de estudio las directivas de la Compañía Aérea de Guaymaral y un consolidado de las respectivas recomendaciones y sugerencias a nivel colectivo e individual si el caso lo requiere.

3.4 TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION

La recolección de los datos se realizó durante el mes de marzo de 2021 antes y después de función de vuelo de los funcionarios de la compañía de aviación de Guaymaral, en el consultorio de audiología de la unidad de la base de la Escuela de Aviación Policial. Una vez revisadas las historias clínicas para cumplir con el criterio de examen audiológico no mayor a un año para obtener renovar la licencia de vuelo, se selecciona la muestra que se realizó a través de un muestreo intencional no probabilístico por conveniencia para el estudio, de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión de la investigación. Una vez seleccionados se contó con una población de 55 funcionarios, para un total de 110 oídos evaluados.

1. Protocolo de bioseguridad manejo y control Covid 19. Anexo
2. Consentimiento informado. Anexo 2
3. Anamnesis audiológica. Anexo 3
4. Otoscopia. Anexo 4
5. Timpanometria Anexo 5

OTOSCOPIO

El otoscopio es un instrumento con un haz de luz que ayuda a visualizar y examinar la condición del canal auditivo y del tímpano. El examen del oído puede revelar la causa de algunos síntomas tales como dolor o sensación de llenura en el oído o pérdida de la audición. Un otoscopio consta de 3 partes:

El mango, que contiene la batería para la fuente de luz.

La cabeza, que contiene la bombilla y una lente de aumento.

El cono que se inserta en el conducto auditivo.

Otoscopio con sistema óptico patentado con el que se obtiene un campo de visión y un aumento mayor para obtener una imagen grande y clara de la membrana del tímpano.

Capacidad de enfoque: El otoscopio lo que produce una imagen más clara que ayuda al diagnóstico. La longitud focal ajustable puede compensar la visión y la longitud del conducto auditivo del paciente, creando así una imagen clara posible de la membrana timpánica. El otoscopio Welch Allyn incorpora un sistema cerrado y un sello hermético. Lleva un sistema único para poder poner y quitar los espéculos, su mecanismo de fijación en la punta, para que se cuente con una sujeción segura entre espéculos y otoscopio durante el examen.

Espéculos: Están hechos de plástico no tóxico y se presentan en diferentes tamaños para la adecuada observación del Conducto auditivo externo y la membrana timpánica.

El equipo que se utilizó para esta investigación fue un impedanciometro Maico I 34 cuyas características se describen a continuación:

Tabla 4 *Características del equipo impedanciometro Maico i 34*

Timpanometría Maico Diagnostic

La referencia para la prueba de impedancia y reflejo Analizador del oído medio MI 34 H con tono de sonda de 226 Hz Sonda manual ajustable para diagnóstico y screening realiza pruebas rápidas, automáticas , timpanograma en 3 segundos, Prueba de reflejo ipsi – y contralateral con 4 frecuencias Prueba de reflejo decay, Prueba de la función de la trompa de eustaquio para tímpanos intactos y perforados Visualización gráfica del reflejo en tiempo real Impresión rápida y silenciosa de los resultados de la prueba.

Accesorios:

- Calibrador para sonda.
 - Sonda de prueba.
 - Estuche de olivas con 50 piezas para prueba
 - Cable contralateral.
 - Cable de corriente alterna.
 - 1 rollo de papel térmico mod. na-610.
-

Medición de impedancia:

Tipo:

Clase 2 de acuerdo con ANSI S3.39

Impedanciómetro:

Frecuencia de prueba: 226 Hz 1%
Nivel de prueba: 85 dBSPL en 2 cm³
Control AGC

Volumen del Canal Auditivo:

Medida automática
Margen de volumen: 0.1 a 6.0 ml
Rango: de 0,1 hasta 3,0 ml

Compliance

Margen de cumplimiento 0,1 hasta 3,0 ml
Precisión: 5% o 10 daPa

Presión:

+200 a -400 daPa

Gradiente:

Automático

Tiempo de prueba: Menos de 3 segundos típico

Medición del reflejo:

Frecuencias de prueba: 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz 2%
Método de prueba ipsilateral, contralateral
Prueba de nivel ipsilateral: 70 dBHL a 120 dBHL (para 4 kHz a 105 dBHL)
Prueba de nivel contralateral: 70 dBHL a 120 dBHL - audífono TDH39
(para 4 kHz a 105 dBHL) 70 dBHL a 110 dBHL - audífono de inserción

Tiempo de ataque/liberación: Típico 10 ms

Relación de encendido/apagado: Mayor de 70 dB

Presión en la prueba: Presión a cumplimiento máx.

General:

Almacenamiento de dos juegos de resultados completos de pruebas.

Memoria:

Visualización gráfica de los timpanogramas y las curvas de reflejos

Pantalla LCD:

Impresora:

Visualización numérica de cumplimiento máx., presión a cumplimiento máx., volumen del conducto, gradiente y umbrales de reflejos

Tiempo de impresión:

Impresora térmica, rollo de papel de 110 mm de ancho
Entre 4 segundos (un timpanograma) y 12 segundos (timpanograma y reflejos para ambos oídos)

Voltaje:

96 - 240 V / 50/60 Hz

Consumo de energía:

aproximadamente 25 VA

3.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN:

Para la realización de presentó proyecto se tiene como consideraciones éticas:

La Declaración de Helsinki, desde su primera versión de 1964 y a través de sus siete revisiones, se ha destacado como una importante declaración sobre los principios éticos que guían la investigación médica que involucra a seres humanos (Bachelet, 2013). Es así como la importancia de esta declaración, permite a los investigadores entender las causas, progreso y efectos de las enfermedades en este caso los cambios de presión atmosférica sobre la presión y la compliancia de la membrana timpánica y así poder intervenir de manera óptima y efectiva en cuanto a prevención, procedimientos y tratamientos, de la misma manera mejorar las investigaciones para que sean seguras, eficaces, efectivas, accesibles y de calidad. Se debe tener en cuenta que la responsabilidad de la protección de las personas que toman parte en la investigación debe recaer siempre en un médico u otro profesional de la salud y nunca en los participantes en la investigación, aunque hayan otorgado su consentimiento. (Brasil, octubre 2013).

Código de Núremberg de 1947 donde se establecen las normas éticas sobre experimentación en seres humanos esta es la primera internacionalización y socialización de las alertas en temas biomédicos. El Código de Nuremberg es considerado el primer antecedente de relevancia internacional sobre ética de la investigación, la cual tiene en cuenta en sus principios, el consentimiento informado, la libertad para poder escoger, sin la intervención de cualquier elemento de fuerza o coacción el personal investigador debe tener el conociendo para ducha práctica. (Código De Núremberg Tribunal Internacional De Núremberg, 1947)

Así mismo En 1979, se presentó el informe titulado Informe Belmont: principios éticos y pautas para la protección de los sujetos en la investigación. El informe establece los principios éticos fundamentales subyacentes a la realización aceptable de la investigación con seres humanos. Los principios de respeto por las personas,

beneficencia y justicia son aceptados como los tres principios fundamentales para la realización ética de investigaciones con seres humanos. (Álvarez, 2018)

La Declaración Universal de los Derechos Humanos Proclamada por la Asamblea General de la Naciones Unidas en su Resolución 217 A (III), Como preámbulo y considerando que la libertad, la justicia y la paz en el mundo tienen por base el reconocimiento de la dignidad intrínseca y de los derechos iguales e inalienables de todos los miembros de la familia humana, la Asamblea General proclama ésta Declaración como ideal común por el que todos los pueblos y naciones deben esforzarse, a fin de que tanto los individuos como las instituciones, inspirándose constantemente en ella, promuevan, mediante la enseñanza y la educación, el respeto a estos derechos y libertades, y aseguren, con medidas progresivas de carácter nacional e internacional, su reconocimiento y aplicación universales y efectivos, tanto entre los pueblos de los Estados Miembros como entre los de los territorios colocados bajo su jurisdicción.

La OMS define unos principios éticos en el campo de la investigación y el ejercicio de los profesionales de la salud, donde reprochan cualquier tipo de abuso por parte de sus contratistas o trabajadores, que afecte los derechos fundamentales de igual equidad y justicia para todos los actores de este entorno, generando principios éticos y morales: Integridad, Rendición de cuentas, Independencia e imparcialidad, Respeto, Compromiso profesional (Organización Mundial de la Salud).

La UNESCO en el sexto congreso latinoamericano propone normas de ética de la investigación en seres humanos y políticas de la salud pública. Partiendo de lo anterior la UNESCO por intermedio de los grupos políticos de los países latinoamericano, pone en conocimiento casos donde se ve vulnerado los derechos éticos y morales de la humanidad donde realizan procedimientos e investigaciones en pro de un beneficio un individuo y no el bienestar que le permita a una población beneficiarse de dichos recursos. (Saada et al 2006).

Resolución N° 008430 de 1993 (4 de Octubre De 1993) Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. En el capítulo 1, Artículo 5, En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y su bienestar. Se deben establecer los siguientes criterios: Se ajustará a los principios científicos y éticos que la justifiquen, deberá prevalecer la seguridad de los beneficiarios y expresar claramente los riesgos (mínimos), Además esta investigación está contemplada dentro de artículo 11, en este caso es una Investigación con riesgo mínimo: Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes.

Para la presente investigación son pruebas de agudeza auditiva:

1. se debe controlar mediante la sintomatología que describa el paciente en el registro clínico y poder determinar la viabilidad de ser apto para el estudio,
2. realizar la otoscopia utilizando conos de diámetro adecuado para el conducto auditivo externo del participante y así evitar lesiones a la tracción del pabellón auricular, si se encuentran tapón de cerumen y o cuerpos extraños en el conducto auditivo externo se informará y no podrá ser partícipe de la investigación;
3. En la observación a membrana timpánica, en caso de detectar alguna anomalía, el sujeto no podrá ser partícipe de la investigación.

Para la realización de las timpanometrías:

1. Se utilizaron olivas esterilizadas y personalizadas de diámetro acorde para el selle del pabellón auricular, posterior desinfección para la segunda prueba del examen, así poder controlar posibles infecciones.

Este estudio conto con el Consentimiento Informado y por escrito, será realizada por profesionales con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano bajo la responsabilidad de una entidad de salud, y se protegerá la privacidad del individuo,

sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice. (Artículo 14).

La Constitución Política (CP) de 1991 resalta, que el pueblo de Colombia, en ejercicio de su poder soberano, promulga la Constitución con el fin de fortalecer la unidad de la nación y asegurar a sus integrantes, la vida, el trabajo, la convivencia, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la paz y la libertad. Se establece, asimismo, el libre desarrollo de la personalidad, como un derecho fundamental, (Art. 16) en donde se podría concebir a la investigación como una forma de materializarla. (Cárdenas et al, s.f)

Según la CP, el trabajo, es también un derecho y una obligación social que goza de la especial protección del Estado (Artículos 25, 26, 27), se incluye, la libertad de profesión u oficio y por ende la libertad de investigación y cátedra. Se señala que la investigación debe ser promovida como un proceso permanente vinculado con la identidad nacional y que el Estado fortalecerá la investigación científica en las universidades públicas y privadas, y ofrecerá las condiciones para su desarrollo (Art 69). La CP permite establecer, que la investigación, como un derecho al trabajo, está ligada a la dignidad humana (sujetos biológicos y culturales), a la solidaridad (salud pública) y al interés general (medio ambiente). (Cardenas et al, s.f)

Teniendo en cuenta lo anterior argumentación jurídica en temas de ética y toma de decisiones que nos rigen a nivel nacional en diferentes actividades académicas investigativas argumentamos mediante la Ley 376 de 1997 (julio 4) Diario No. 43.079, de 9 de julio de 1997, Por la cual se reglamenta la profesión de Fonoaudiología y se dictan normas para su ejercicio en Colombia y permite la implementación de nuevas teorías investigativas en el campo académico en pro en miras un bienestar ; también brinda campos de desempeño laboral e implementar diferentes diseños, ejecución y dirección de investigación científica. Observando que el campo de acción profesional es amplio permitiendo argumentar el trabajo de investigación a nivel jurídico.

La presente Ley, la Ley 1374 (enero 8 de 2010), tiene por objeto crear el Consejo Nacional de Bioética, CNB, determinar su integración, funciones, organización y financiación. El CNB es un organismo asesor y consultivo del Gobierno Nacional, que propende por establecer un diálogo interdisciplinario para formular, articular y resolver los dilemas que plantea la investigación y la intervención sobre la vida, la salud y el medio ambiente, así como la construcción e implementación de políticas en los asuntos referentes a la Bioética.

En la Resolución 13437 de 1991, por la cual se constituyen los comités de Ética Hospitalaria y se adoptan el Decálogo de los Derechos de los Pacientes, que refiere en su artículo 1 numeral 8, el derecho a que se le respete la voluntad de participar o no en investigaciones realizadas por personal científicamente calificado, siempre y cuando se haya enterado acerca de los objetivos, métodos, posibles beneficios, riesgos previsibles e incomodidades que el proceso investigativo pueda implicar.

Así mismo todos los profesionales del área de la salud están regidos bajo Ley 23 de 1981 del 18 de febrero, por la cual se dictan Normas en Materia de Ética Médica. en su Artículo 1 - La siguiente declaración de principios constituye el fundamento esencial para el desarrollo de las normas sobre Ética Médica; dicha norma anterior define los principios éticos y valores que debe asumir un profesional en el área de la salud, por ende determina los derechos y deberes que contempla la atención de un paciente en el ámbito asistencia; dado que dicha ley determina el grado de responsabilidad y conducta realizada por un profesional del área de la salud, desde este punto los estrados judiciales determinan las respectivas sanciones que definen la conducta de cualquier profesional de la salud pública y privada (Ley 23 de 1981)

De lo anterior podemos analizar y observar la gran magnitud de normar y leyes que rigen a nivel nacional e internacional, donde define características y principios éticos y morales que definen el actuar de un individuo cuya responsabilidad en un campo de acción puede acarrear acciones legales y penales para un profesional de salud; hasta llegar a sancionar y privar de la libertad publica que goza todo ciudadano colombiano que

reside en el territorio, podemos concluir que cada investigación que realice un profesional debe tener en cuenta el código de ética y las normas vigentes.

Donde se establece una guía o protocolo a seguir según el caso, brindando una transparencia en el campo investigativo y académico de cada disciplina de formación, por ello es indispensable generar espacios de académicos donde se proyecte principios y valores en el ámbito investigativo, donde se respete los derechos fundamentales de cada individuo.

Por otra parte y teniendo en cuenta la emergencia sanitaria a nivel mundial, es necesario tener en cuenta las disposiciones sanitarias emitidas por el Ministerio de Salud en las decretos y resoluciones para evitar la el contagio de COVID 19.

Decreto legislativo número 538 de 2020, Por el cual se adoptan medidas en el sector salud, para contener y mitigar la pandemia de COVID-19 y garantizar la prestación de los servicios de salud, en el marco del Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica. Que la expansión en el territorio nacional del brote de enfermedad por el Coronavirus COVID-19, cuyo crecimiento exponencial es imprevisible, sumado a los efectos económicos negativos que se han venido evidenciando, es un hecho que, además de ser una grave calamidad pública, constituye en una grave afectación al orden económico y social del país, que justificó la declaratoria del Estado de Emergencia Económica y Social.

Resolución número 385 del 12 de marzo de 2020, Por la cual se declara la emergencia sanitaria por causa del coronavirus COVID-19 y se adoptan medidas para hacer frente al virus contenidas en los artículos 69 de la Ley 1753 de 2015, el artículo y 2.8.8.1.4.3 del Decreto 780 de 2016 y en desarrollo del artículo 2 del Decreto Ley 4107 de 2011, y considerando Que el artículo 49 de la Constitución Política determina, entre otros aspectos, que toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad y el artículo 95 del mismo ordenamiento dispone que las personas deben "obrar conforme al principio de solidaridad social", respondiendo con acciones humanitarias, ante situaciones que pongan en peligro la vida o la salud'.

Que la Ley 1751 de 2015 regula el derecho fundamental a la salud y dispone en el artículo 5° que el Estado es responsable de respetar, proteger y garantizar el goce efectivo del derecho fundamental a la salud, Que dicha norma, en el artículo 10°, enuncia como deberes de las personas frente a ese derecho fundamental, los de "propender por su autocuidado, el de su familia y el de su comunidad" y de "actuar de manera solidaria ante situaciones que 'pongan en peligro la vida y la salud de las personas". Que la Ley 9 de 1979 dicta medidas sanitarias y resalta que corresponde al Estado, como regulador en materia de salud, expedir las disposiciones necesarias para asegurar una adecuada situación de higiene y seguridad en todas las actividades, así como vigilar su cumplimiento a través de las autoridades de salud.

De acuerdo con el proyecto de investigación es necesario recolectar la información a través de protocolos de examen visual del conducto auditivo externo (otoscopia) , y protocolo de realización de timpanometrías, a los participantes de la investigación que corresponde a la fase III el proyecto “Caracterización timpanométrica de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía aérea de Guaymaral”, se propone le siguiente protocolo de bioseguridad para el manejo y control del riesgo del Covid 19, el cual se basa en la resolución 1721 del año 2020 del Ministerio De Salud Y Protección Social.

Esta investigación fue avalada por el comité de investigación el día 03 de Agosto de 2020 firmado por la Dra Gloria Elsa Rodriguez Sarmiento.

Aprobada el 27 de noviembre de 2020 y firmada por el presidente del comité institucional de ética en investigación CIEI Dra Fernanda Sarmiento.

CAPITULO 4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Los paquetes estadísticos, según Pouso 2002, es un conjunto de paquetes informáticos, específicamente diseñados para el análisis estadístico de datos, para analizar los resultados de estadística descriptiva o inferencial, o de ambas.

Debido a que la presente investigación presenta variables cuantitativas que requieren de una recolección y análisis, se utilizó el software estadístico descriptivo excel el cual sirve de herramienta de recolección y análisis estadístico. así mismo permite la lectura de datos, transformación de variables, recodificación de variables, selección de casos, estadística descriptiva y gráficos. Con la utilización del anterior software se pretende optimizar de una manera coherente el análisis de los resultados de la investigación.

4.1 Procedimiento:

4.1.1.Fase I: Se realizo información documental para que sirviera de apoyo al análisis de este estudio mediante la revisión bibliográfica brindada por la biblioteca de la Corporación Universitaria Iberoamérica, bibliografía referenciada en artículos de apoyo, tesis, proyectos, artículos, leyes y revisión de reglamentos de la Aeronáutica Civil, Fuerza Área Colombiana y Servicio Aéreo De La Policía Nacional , Medicina de avión y Fisiología del vuelo que den sustento al problema de investigación y poder realizar la pregunta de investigación así mismo los objetivos general y específico de la misma, marco teórico, conceptual y metodológico.

4.1.1.Fase II : Posterior a aval de comité focal y comité de ética se procede a realizar los instrumentos para el proyecto de investigación como el consentimiento informado, protocolos de bioseguridad Covid 19, anamnesis audiológica, valoración otoscopia, y timpanometría que nos mide las variables de la investigación, la cual se apoya en

valoraciones promedio acordados en la AEDA y clasificación de Jerger 1970. Citado por Kazt 2002, Stach 1998 y Gomez 2002.

4.1.3 Fase III: Recolección de información mediante horarios establecidos a los funcionarios de vuelo durante el mes de marzo y quienes accedieron de manera voluntaria a participar de esta investigación, durante de la atención de los profesionales en formación para optar por el título de especialistas en audiología se mantiene los protocolos de bioseguridad manejo del Covid 19 de los mismos y de los participantes. Previo consentimiento informado se entrega protocolo de bioseguridad, se realiza otoscopia y timpanometría en una primera y segunda muestra.

4.1.4 Fase IV: Sistematización cada uno de los sujetos evaluados y tomando en cuenta las variables del estudio para ingresarlos programa estadístico descriptivo de Excel, diferencia de medias y modelo matemático de estadística de regresión.

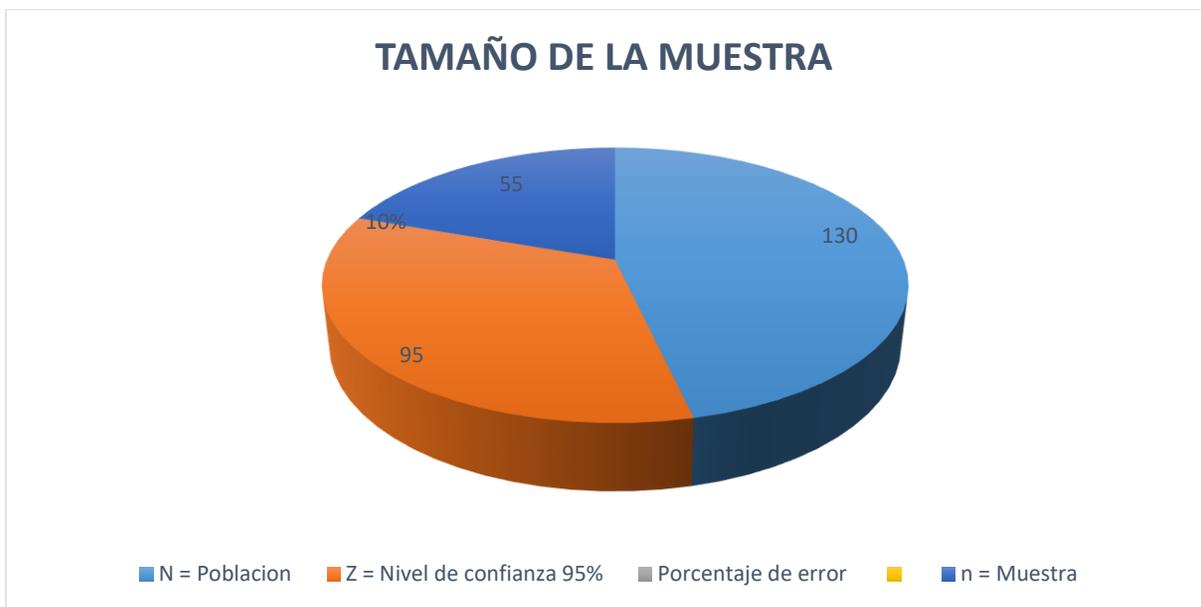
4.1.5 Fase V: Análisis de datos y descripción de resultados de la población.

CAPITULO 5 ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Interpretación de datos de población y muestra.

Para poder cuantificar de forma rápida y efectiva el tamaño de la muestra de esta investigación fue necesario analizar el nivel de confianza y el margen de error de la población. De esta manera para la que la población adscrita a la compañía aérea de Guaymaral, Escuela de Aviación Policial queda distribuido de la siguiente manera: Población (N)=130; nivel de confianza (Z) = 95%; el porcentaje del margen de error (E) = 10; tamaño de la muestra (n) = 55.

Gráfico 1 *Tamaño de la población y muestra.*



5.2 Interpretación de datos de distribución del género y edad

Posterior al cumplimiento de cada una de las fases definidas dentro del estudio mediante el análisis estadístico, la tabla 4 muestra el total de la población (55 individuos) que participaron en el estudio señala la frecuencia absoluta para el género de hombre de 44 n_i , y para género mujer de 11 n_i , una frecuencia absoluta acumulada 55 N_i ; la frecuencia relativa para el género hombre de 80 h_i y para le genero mujer de 20 h_i , frecuencia relativa acumulada de 100 H_i .

En la tabla 5 se demuestra a la población y muestra total tomada de 55 (100%) funcionarios adscritos a la Compañía aérea de Guaymaral, entre ellos 11 mujeres (20 %) y 44 hombres (80%) demostrado en la graficas 2 y 3.

Tabla 5 *Datos de género de la población evaluada*

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS GENERO				
Genero	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i
Hombre	44	44	80	80
Mujer	11	55	20	100
Total	55		100	

Gráfico 2 Frecuencia Absoluta género de la población.

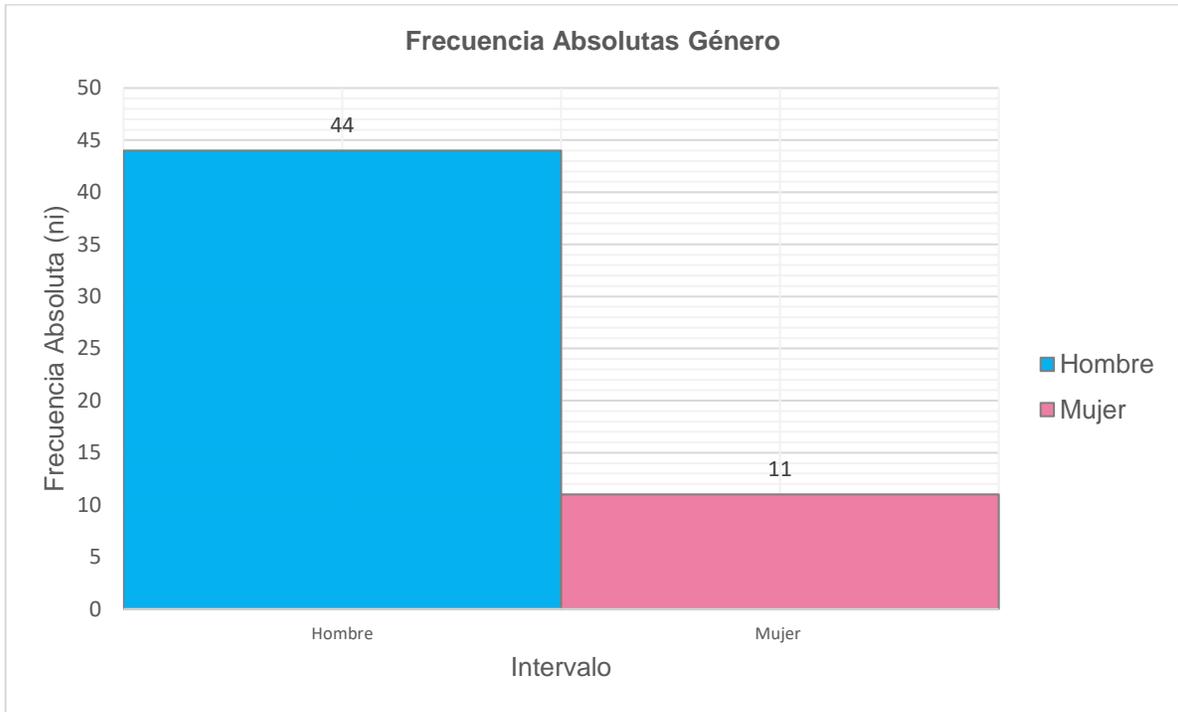
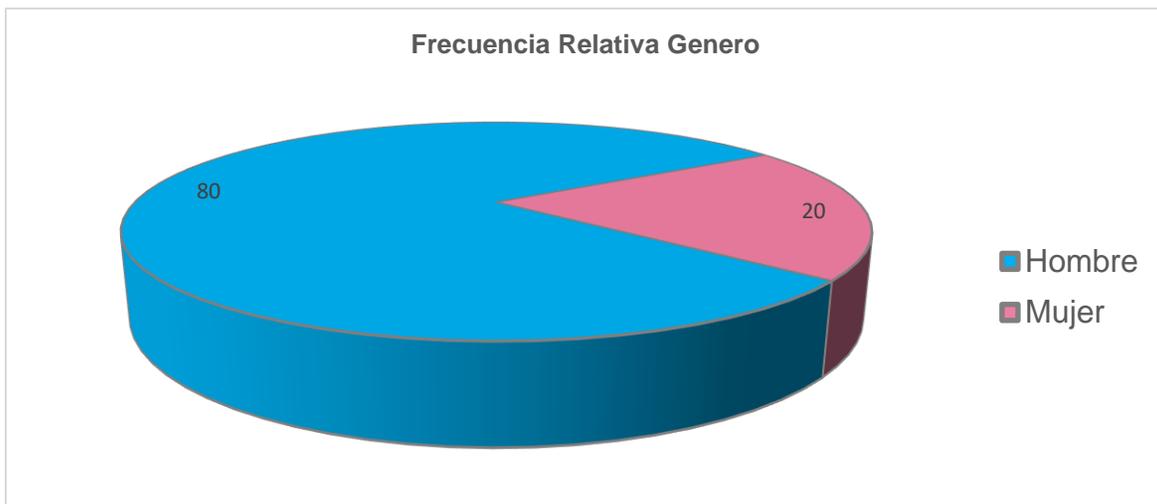


Gráfico 3 Frecuencia relativa género hombres/mujeres.



5.3 Interpretación de datos de distribución de edad.

Muestra de 55 funcionarios de edad entre 27 y 45 años donde se observa una frecuencia absoluta de $8n_i$ para edad de 35 años y una frecuencia relativa h_1 de 14,5. Una media aritmética de 34,6 una media de 35,0 moda de 33, con un mínimo de 28 años y un máximo de 42, para un rango de 14, Error Típico 0,491 y Margen de error 0,962 para un nivel de confianza de 95%. Con edad promedio de 35 años y una frecuencia relativa h_1 de 14,5, una media aritmética de 34,6 una media de 35,0 moda de 33, con un mínimo de 28 años y un máximo de 42. (Tablas 6 y 7 y gráficos 4 y 5). Que hacen parte de la línea ala rotatoria, se estableció que revisados antecedentes del personal todos mostraron resultados en otoscopias normales en ambos oídos, no presentaron antecedentes auditivos, ni factores de riesgo relevantes que pudieran alterar los resultados en las pruebas.

Tabla 6 *Datos Estadísticos descriptivos edad.*

Datos Estadísticos descriptivos edad	
Media Aritmética	34,6
Mediana	35,0
Moda	33,0
Mínimo	28
Máximo	42
Rango	14.
Varianza	13,2
Desviación Estándar	3,6
Error Típico	0,491
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%

Tabla 7 Distribución de frecuencias de la edad.

Distribución de Frecuencias edad de la muestra de la población						
y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$
28	2	2	3,64	3,64	56	87,12
29	6	8	10,91	14,55	174	188,16
30	1	9	1,82	16,36	30	21,16
31	1	10	1,82	18,18	31	12,96
32	5	15	9,09	27,27	160	33,8
33	7	22	12,73	40,00	231	17,92
34	3	25	5,45	45,45	102	1,08
35	8	33	14,55	60,00	280	1,28
36	5	38	9,09	69,09	180	9,8
37	5	43	9,09	78,18	185	28,8
38	4	47	7,27	85,45	152	46,24
39	3	50	5,45	90,91	117	58,08
40	2	52	3,64	94,55	80	58,32
41	1	53	1,82	96,36	41	40,96
42	2	55	3,64	100,00	84	109,52
Total	55		100		1903	715,2

Gráfico 4 Frecuencias absolutas de la edad de la población.

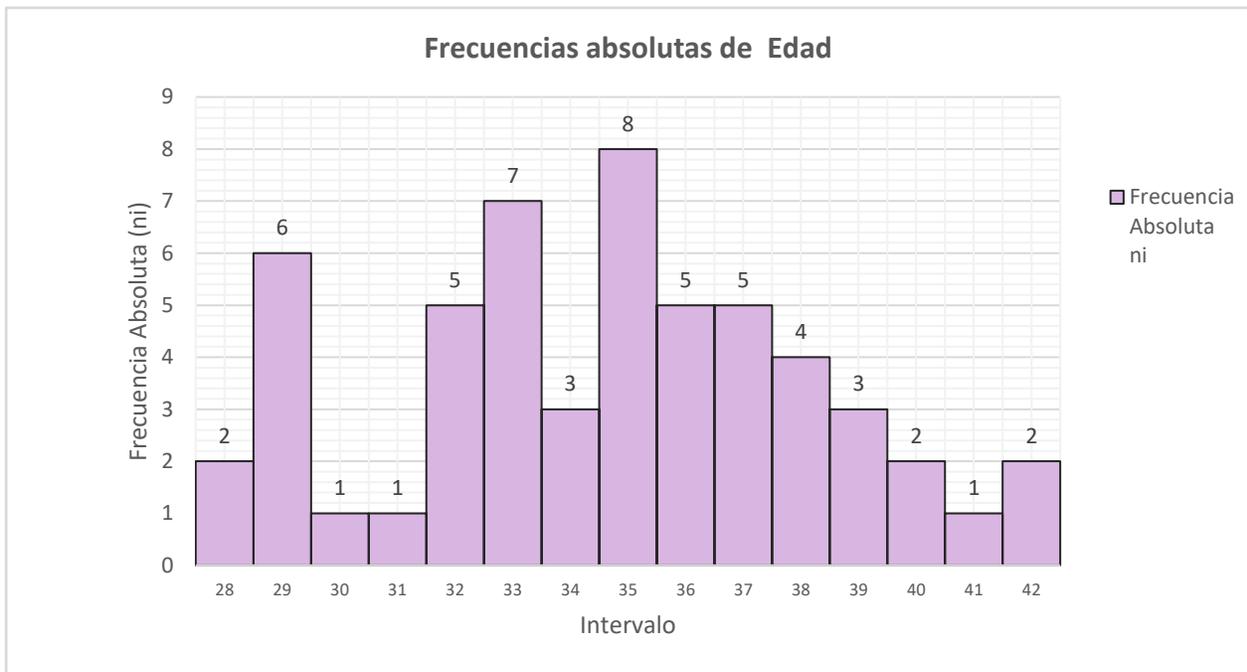
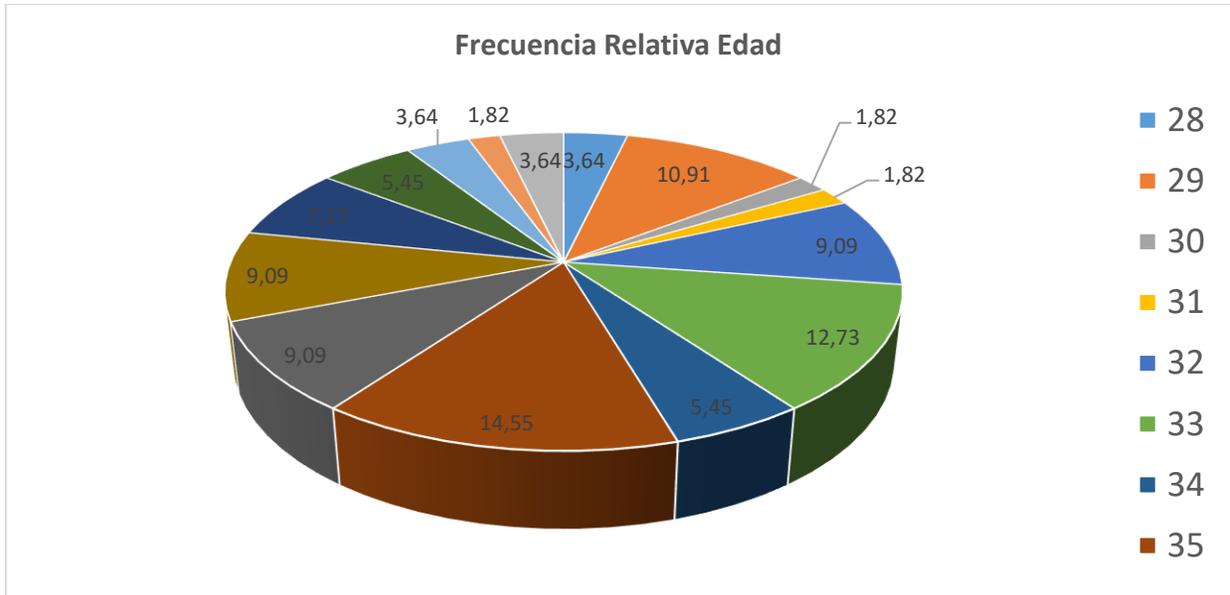


Gráfico 5 Frecuencias relativas edad de la población.



5.4 Interpretación de datos de la variable volumen físico del canal

5.4.1 Volumen físico del canal oído derecho e izquierdo antes de vuelo

Para la variable Volumen físico del canal en oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de 0,88 ml, una mediana de 0,85 ml, una moda de 0,80 ml. Un mínimo de 0,44 ml, un máximo de 1,43 ml, para un rango de 0,96 ml; la varianza de 0,05 ml, desviación estándar 0,24 ml, error típico de 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,72 y 0,86 ml) de 15 y una frecuencia relativa h_1 de 27,7%.

En cuanto a la variable Volumen físico del canal en oído izquierdo encontramos como resultado una Media Aritmética de 0,86 ml, una mediana de 0,84 ml, la moda de 0,83 ml. Un mínimo de 0,43 ml, un máximo de 1,55 ml, para un rango de 1,07 ml; la varianza de 1,07 ml, desviación estándar 0,24, error típico 0,03, Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,75 y 0,90 ml) de 17 y una frecuencia relativa h_1 de 30,9 %.

Tabla 8 *Resultados comparativos de la variable continua Volumen Físico del Canal oído derecho e izquierdo antes de vuelo*

Tabla 9 Distribución de frecuencias variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.

Volumen físico del Canal ml Oído Derecho Antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	Marca de Clase y_j	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$	
0,44	0,58	0,51	5	5	9,09	9,09	2,55	0,706
0,58	0,72	0,65	9	14	16,36	25,45	5,87	0,494
0,72	0,86	0,79	15	29	27,27	52,73	11,91	0,129
0,86	1,01	0,94	11	40	20,00	72,73	10,29	0,026
1,01	1,15	1,08	7	47	12,73	85,45	7,54	0,254
1,15	1,29	1,22	2	49	3,64	89,09	2,44	0,220
1,29	1,43	1,36	6	55	10,91	100,00	8,16	1,346
Total			55		100		48,76	3,18

Tabla 10 Distribución de frecuencias variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.

Volumen físico del Canal ml Oído Izquierdo Antes de Vuelo								
Oído Derecho e Izquierdo Antes De Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	Marca de Clase y_j	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa Derecho h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$	
		Media Aritmética		0,887		0,862		
		Mediana		0,851		0,843		
0,43	0,59	0,51	7	7	12,73	12,73	3,56	0,872
0,59	0,75	0,67	10	17	30,91	30,91	6,67	0,43
0,75	0,90	0,82	17	34	30,91	61,82	14,02	0,024
0,90	1,06	0,98	12	46	21,82	83,64	11,79	0,174
1,06	1,22	1,14	4	50	7,27	90,91	4,56	0,310
1,22	1,38	1,30	3	53	5,45	96,36	3,89	0,570
1,38	1,53	1,46	2	55	3,64	100,00	2,91	0,705
Total			55		100		47,40	3,04
Nivel de Confianza		$Z_{\alpha/2}$		95%		95%		

Gráfico 6 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.

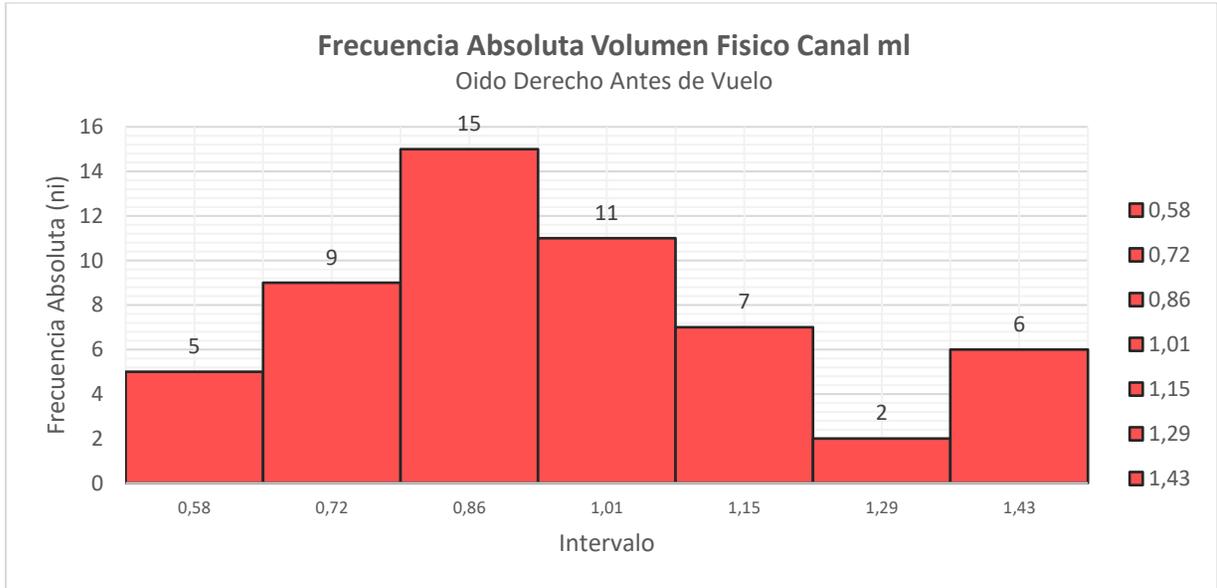


Gráfico 7 Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.

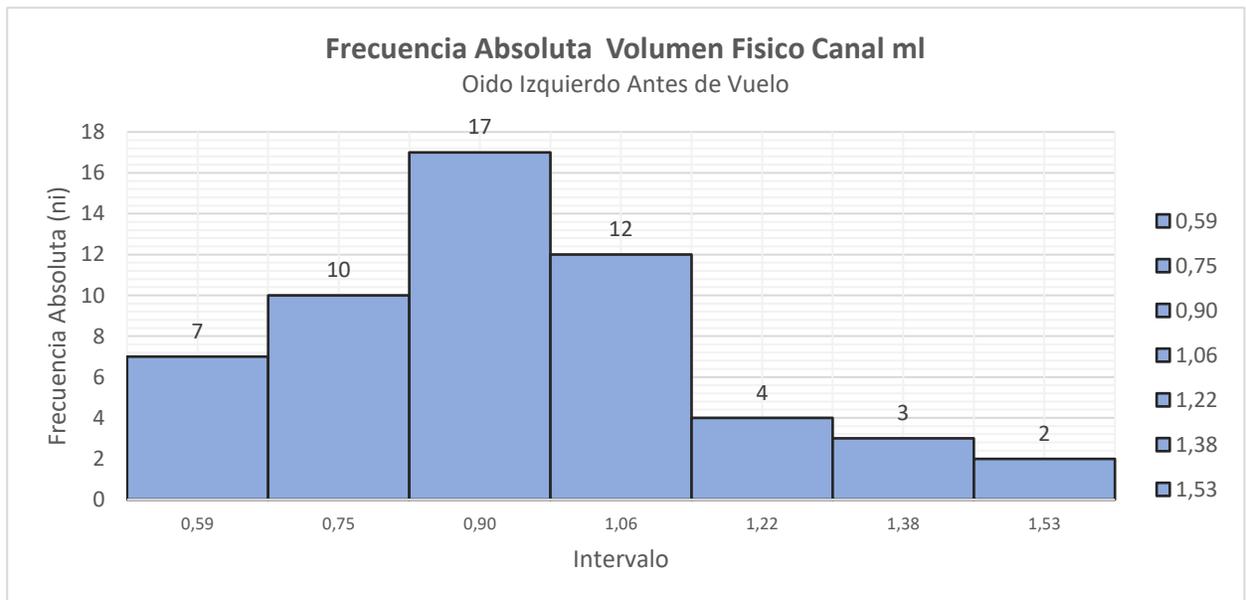


Gráfico 8 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído derecho antes de vuelo.

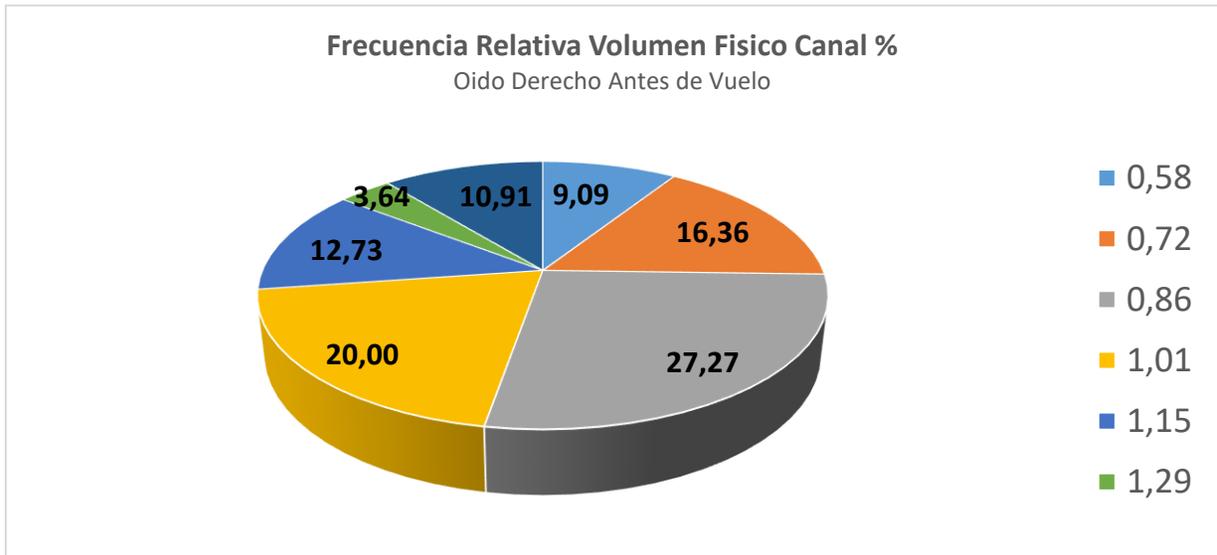
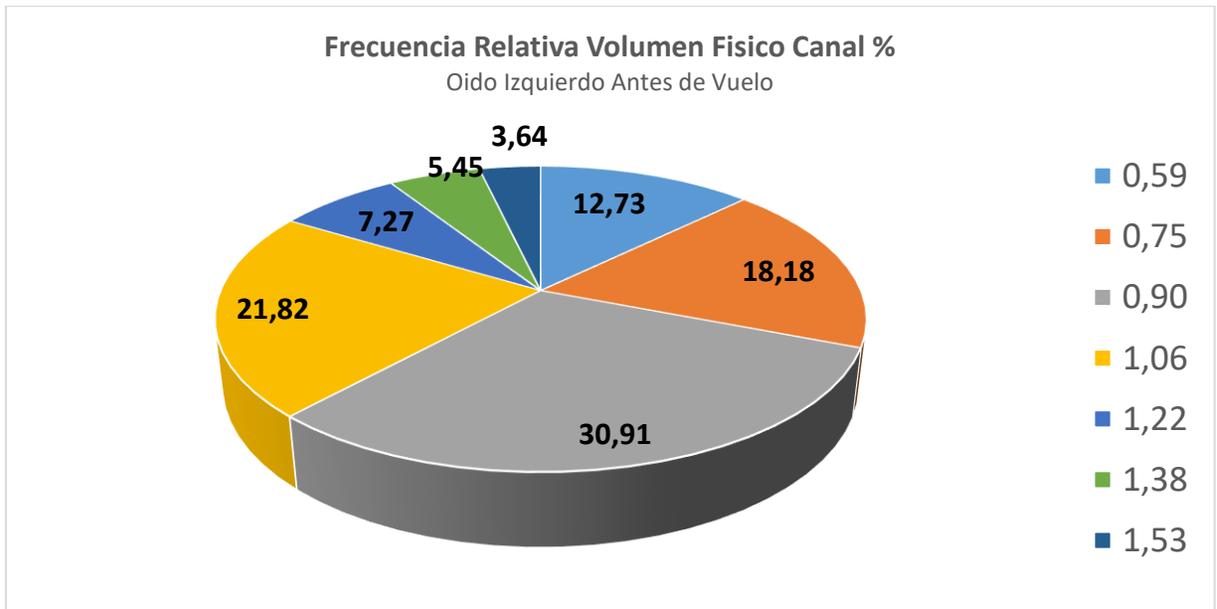


Gráfico 9 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo antes de vuelo.



5.4.2 Volumen físico del canal oído derecho e izquierdo después de vuelo

Para la variable Volumen físico del canal en oído derecho encontramos como resultado una Media Aritmética de 0,88 ml, una mediana de 0,84 ml y una moda de 0,82 ml. Un mínimo de 0,44 ml, un máximo de 1,5 ml para un rango de 1,06 ml; variancia de 0,06, desviación estándar 0,24, y error típico 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,75 y 0,91 ml) de 17 y una frecuencia relativa h_1 de 30,9 %.

Finalmente, en el Volumen físico del canal en oído izquierdo encontramos como resultado una Media Aritmética de 0,90 ml, una mediana de 0,85 ml y una moda de 0,83. Un mínimo de 0,43 ml, un máximo de 1,5 ml para un rango 1,07 ml; variancia de 0,05, desviación estándar 0,24, y error típico 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,75 y 0,90 ml) de 18 y una frecuencia relativa h_1 de 32,9 %.

Tabla 11 *Resultados comparativos de la variable continua Volumen Físico del Canal oído derecho e izquierdo después de vuelo*

Volumen Físico del Canal ml Oído Derecho e Izquierdo después de Vuelo		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	0,885	0,90
Mediana	0,849	0,8563
Moda	0,823	0,813
Mínimo	0,44	0,43
Máximo	1,5	1,55
Rango	1,06	1,13
Varianza	0,062	0,056
Desviación Estándar	0,248	0,247
Error Típico	0,034	0,032
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 12 *Distribución de Frecuencias Variable Continua Volumen físico del Canal Oído derecho después de Vuelo.*

Volumen físico del Canal ml Oído Derecho Después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2$ $* n_i$	
0,44 0,60	0,52	6	6	10,91	10,91	3,11	0,806	
0,60 0,75	0,67	11	17	20,00	30,91	7,42	0,487	
0,75 0,91	0,83	17	34	30,91	61,82	14,12	0,050	
0,91 1,07	0,99	9	43	16,36	78,18	8,88	0,094	
1,07 1,22	1,14	6	49	10,91	89,09	6,86	0,401	
1,22 1,38	1,30	3	52	5,45	94,55	3,90	0,517	
1,38 1,53	1,46	3	55	5,45	100,00	4,37	0,979	
Total		55		100		48,66	3,33	

Tabla 13 *Distribución de Frecuencias Variable Continua Volumen físico del Canal Oído izquierdo después de Vuelo.*

Volumen físico del Canal Oído Izquierdo ml Después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2$ $* n_i$	
0,43 0,59	0,51	7	7	12,73	12,73	3,56	0,857	
0,59 0,75	0,67	11	18	20,00	32,73	7,33	0,406	
0,75 0,90	0,82	18	36	32,73	65,45	14,84	0,021	
0,90 1,06	0,98	10	46	18,18	83,64	9,82	0,152	
1,06 1,22	1,14	3	49	5,45	89,09	3,42	0,237	
1,22 1,38	1,30	3	52	5,45	94,55	3,89	0,578	
1,38 1,53	1,46	3	55	5,45	100,00	4,37	1,068	
Total		55		100		47,24	3,32	

Gráfico 10 *Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído derecho después de vuelo.*

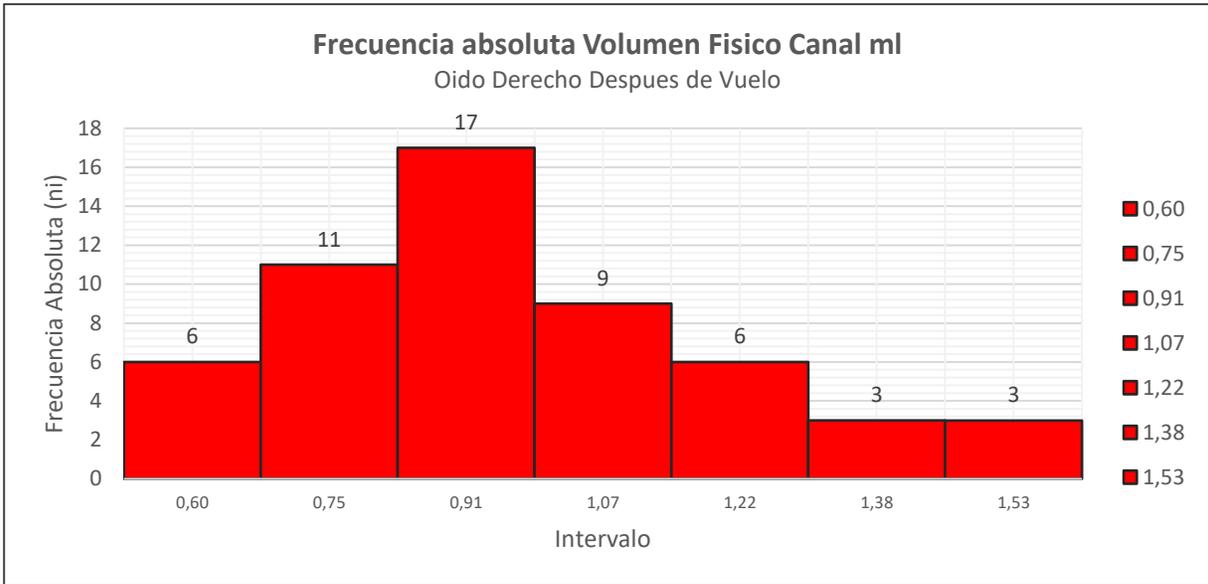


Gráfico 11 *Frecuencia absoluta Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo después de vuelo.*

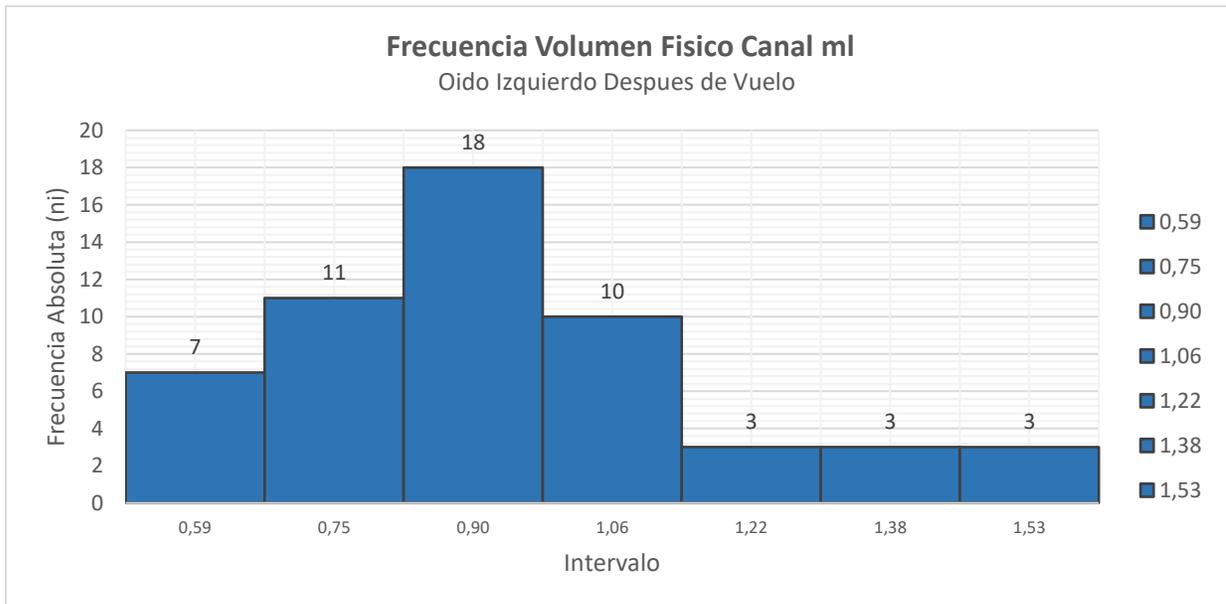


Gráfico 12 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído derecho después de vuelo.

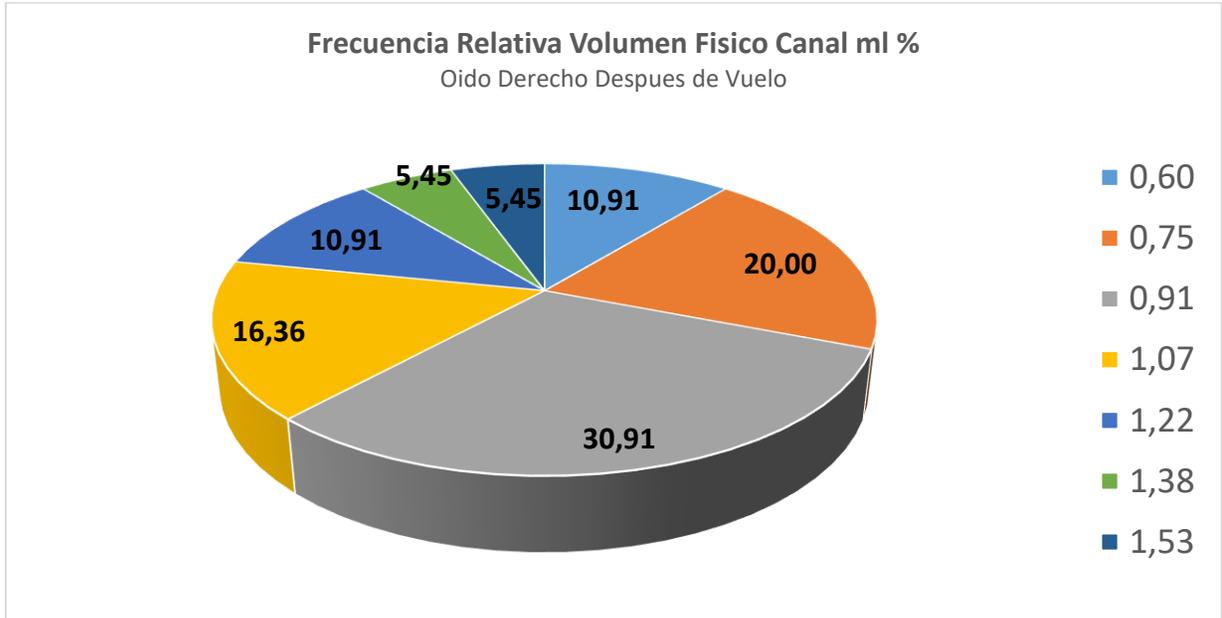
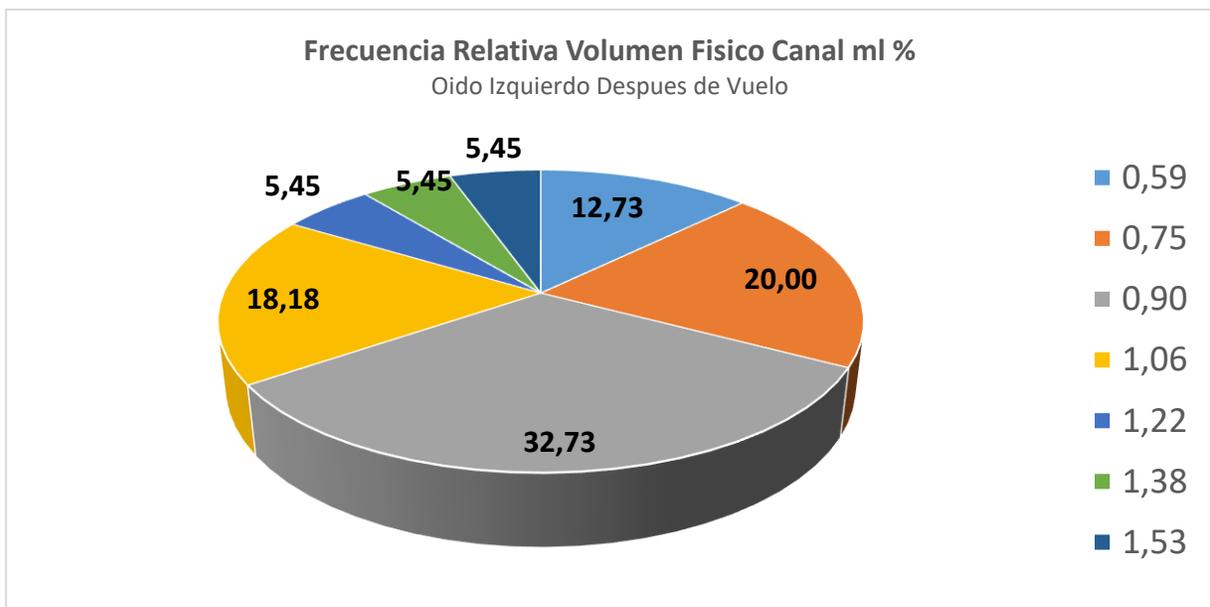


Gráfico 13 Frecuencia relativa Variable continua Volumen físico del canal oído izquierdo después de vuelo.



5.4.3 Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable volumen físico del canal.

De la muestra general tal como se pudo observar en las tablas 8 y 11, la primera variable a tener en cuenta del timpanograma es el volumen físico del canal, en donde no se presentaron variaciones significativas entre los oído derecho e izquierdo evaluados antes y después de vuelo, respecto a la media promediando un 0.8 ml para las variables, igual que para los registros de media y moda con un valor de 0,8 ml. Un mínimo de 0,43 ml en ambos oídos y antes y después de vuelo, un máximo de 1,43 ml en oído derecho antes de vuelo y después de vuelo de 1,5 ml, con una diferencia mínima de 0,07; un máximo de 1,5 ml en oído izquierdo antes de vuelo y de 1,55 ml después de vuelo, con una diferencia mínima de 0,5, para un rango de 0,90 ml en oído derecho antes de vuelo y después de vuelo de 1,06 ml y una diferencia de 0,16 ml; y en oído izquierdo un rango de 1,07 ml y de 1,13 ml antes y después de vuelo respectivamente y una diferencia leve de 0,06. La variancia de 0,06, desviación estándar 0,25 y un error típico de 0,03, lo que indica que estos datos son similares entre ambos oídos.

En las tablas 9 y 12 se demuestra que para la variable volumen físico del canal en oído derecho antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,72 ml y 0,86 ml) y (0,75 0,91ml), con una diferencia leve de 0,8; para 15 individuos antes de vuelo y de 17 posterior a vuelo aumento leve de 2 individuos (gráficos 6 y 10) y una frecuencia relativa h_1 de 27,27 % y de 30,91 % respectivamente con una diferencia mínima de 3,64% (gráficos 8 y 12).

En tablas 10 y 13 se analiza que la variable volumen físico del canal en oído izquierdo antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,75 y 0,90 ml) bilateralmente de 17 individuos antes de vuelo y 18 con aumento mínimo de 1 individuo posterior a vuelo (gráficos 7 y 11) y una frecuencia relativa h_1 de 30,91 % y de 32,73%. Con una diferencia mínima de 1,82% (gráficos 9 y 13).

De acuerdo a los resultados en la tabla 14 se puede analizar que utilizando las fórmulas de diferencia de medias que se da entre la media y la varianza y las hipótesis sugeridas para este objetivo como son la hipótesis nula $H_0 = VFC_2$ (después de vuelo) es igual a VFC_1 (antes de vuelo) y la hipótesis alternativa $H_1 = VFC_2$ (después de vuelo) es > mayor a VFC_1 (antes de vuelo), se acepta la hipótesis nula, en la cual los valores de la variable corresponden a Volumen del canal auditivo (ECV): medido en ml, indica el volumen desde la punta del aparato hasta la membrana timpánica a una presión de +200 daPa son normales de acuerdo con lo establecido por las teorías conceptuales 0.4 cc a 1.5 cc. (Katz 2002).

Tabla 14 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable volumen físico del canal antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.

VOLUMEN FÍSICO DEL CANAL		
	$H_0: VFC_2 = VFC_1$	
	$H_1: VFC_2 > VFC_1$	
	OÍDO DERECHO	
	Antes	Después
Media	0,887	0,885
Varianza	0,059	0,062
n	55	55
Zp	-0,038	
IC(95%)	1,64	
Decisión	Ho Se Acepta	
	OÍDO IZQUIERDO	
	Antes	Después
Media	0,862	0,859
Varianza	0,056	0,061
n	55	55
Zp	-0,062	
IC(95%)	1,64	
	Ho Se Acepta	

5.5 Interpretación de datos de la variable compliancia

5.5.1 Compliancia del oído derecho e izquierdo antes de vuelo

Para la variable compliancia del oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de 0,75 ml, una mediana de 0,74 ml y una moda de 0,7ml. Un mínimo de 0,34 ml, un máximo de 1,3 ml para un rango de 0,96 ml; variancia 0,07 ml, desviación estándar 0,02 , y un error típico de 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,48 y 0,62 ml) de 14 y una frecuencia relativa h_1 de 25,4 %.

Los datos obtenidos para la variable compliancia del oído izquierdo tenemos como resultado una Media Aritmética de 0,86 ml, una mediana de 0,84 ml y una moda de 0,83 ml. Un mínimo de 0,31 ml, un máximo de 1,45 ml para un rango de 0,14 ml; variancia 0,07, desviación estándar 0,03 y un error típico de 0,04. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,48 y 0,65 ml) de 12 y una frecuencia relativa h_1 de 21,8 %.

Tabla 15 *Resultados comparativos de la variable continua Compliancia del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.*

Compliancia Oído Derecho e Izquierdo Antes de Vuelo ml		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	0,7480	0,8618
Mediana	0,7470	0,8430
Moda	0,6911	0,8316
Mínimo	0,34	0,31
Máximo	1,3	1,45
Rango	0,96	1,14
Varianza	0,0746	0,0999
Desviación Estándar	0,2731	0,3161
Error Típico	0,0368	0,0426
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 16 *Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo.*

Compliancia ml oído derecho Antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i -$ Media) ² *	n_i
0,34 0,48	0,41	10	10	18,18	18,18	4,11	1,137	
0,48 0,62	0,55	14	24	25,45	43,64	7,73	0,536	
0,62 0,76	0,69	4	28	7,27	50,91	2,78	0,012	
0,76 0,91	0,84	12	40	21,82	72,73	10,03	0,092	
0,91 1,05	0,98	6	46	10,91	83,64	5,86	0,315	
1,05 1,19	1,12	5	51	9,09	92,73	5,59	0,687	
1,19 1,33	1,26	4	55	7,27	100,00	5,04	1,049	
Total		55		100		41,14	3,83	

Tabla 17 *Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo.*

Compliancia ml Oído Izquierdo Antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i -$ Media) ² *	n_i
0,31 0,48	0,39	6	6	10,91	10,91	2,36	1,037	
0,48 0,65	0,56	12	18	21,82	32,73	6,75	0,736	
0,65 0,81	0,73	11	29	20,00	52,73	8,03	0,069	
0,81 0,98	0,90	10	39	18,18	70,91	8,98	0,079	
0,98 1,15	1,07	10	49	18,18	89,09	10,66	0,659	
1,15 1,32	1,23	4	53	7,27	96,36	4,94	0,722	
1,32 1,49	1,40	2	55	3,64	100,00	2,81	0,703	
Total		55		100		44,54	4,00	

Gráfico 14 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo.

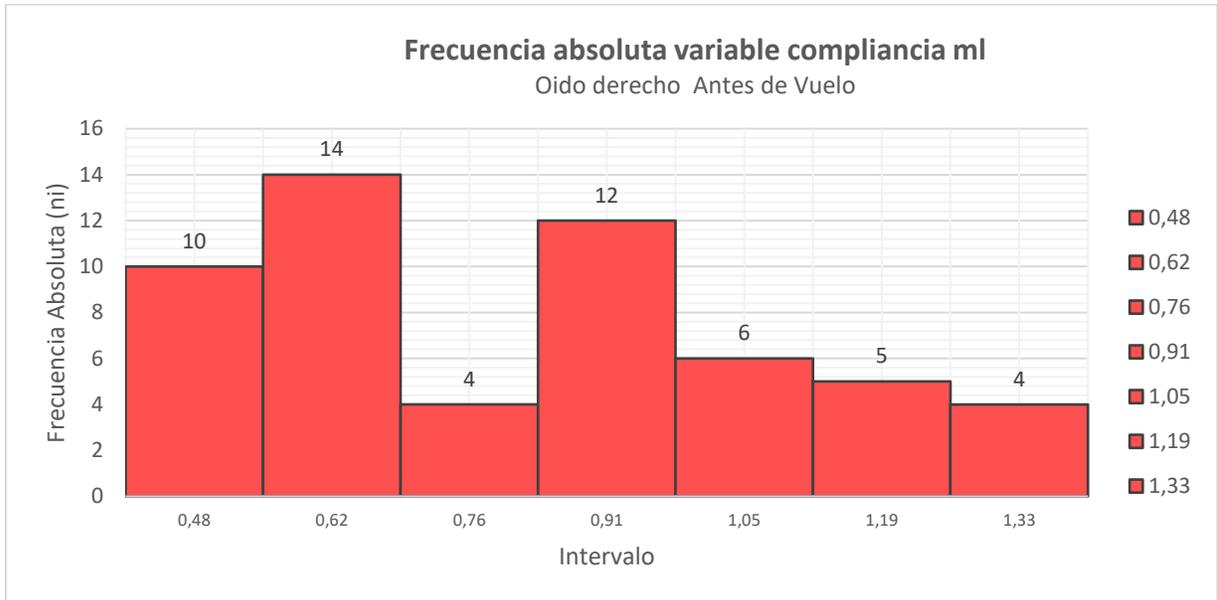


Gráfico 15 Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo.

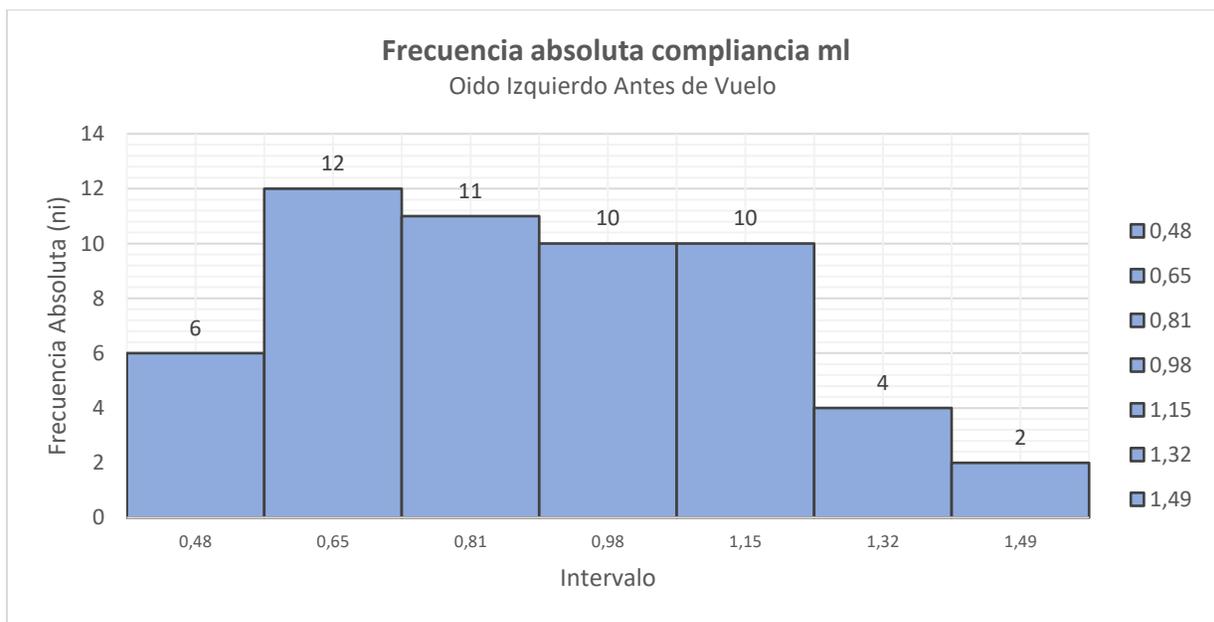


Gráfico 16 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído derecho antes de vuelo.

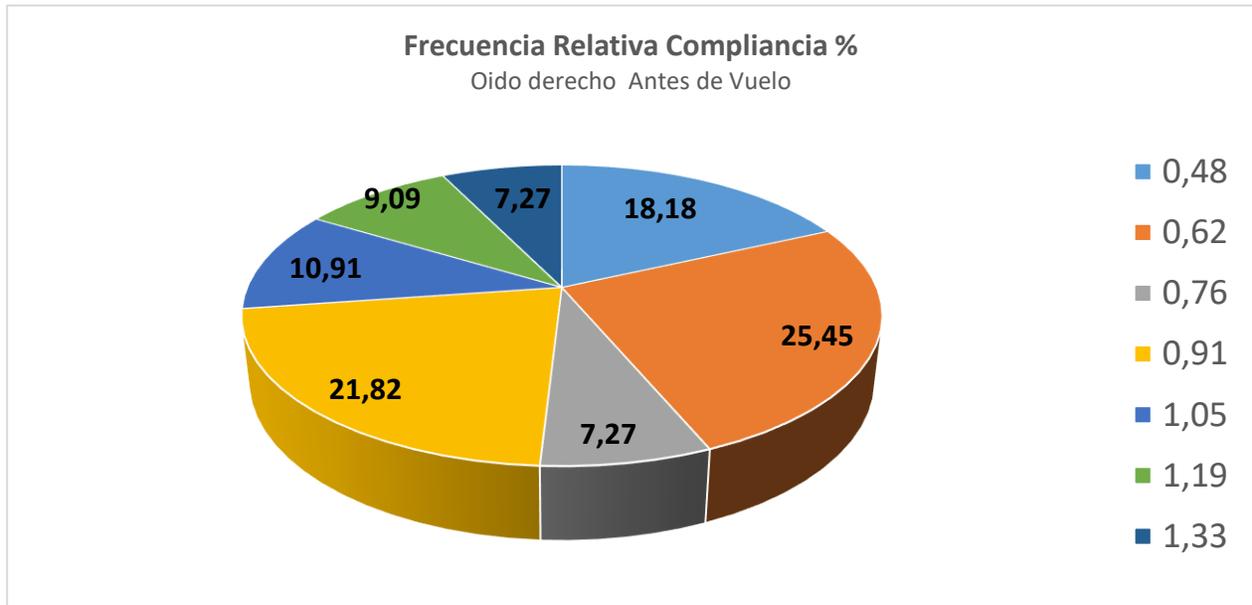
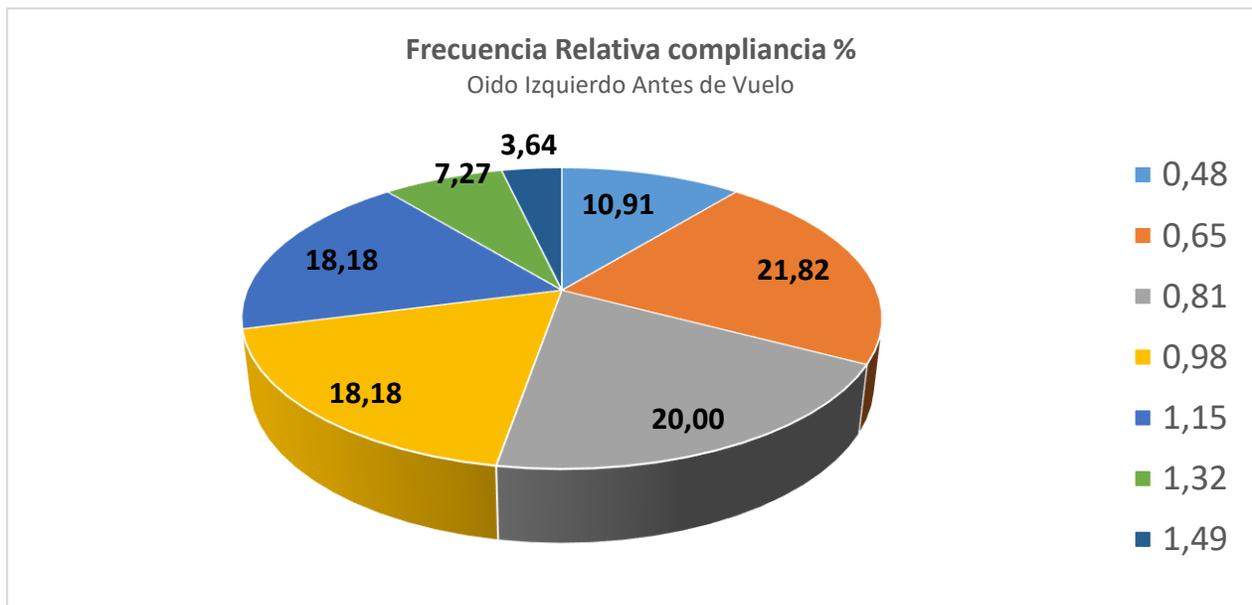


Gráfico 17 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído izquierdo antes de vuelo.



5.5.2 Compliancia del oído derecho e izquierdo después de vuelo.

Para la variable compliancia del oído derecho encontramos como resultado una Media Aritmética de 0,73 ml, una mediana de 0,70 ml y una moda de 0,69 ml. Un mínimo de 0,35 ml, un máximo de 1,3 ml para un rango de 0,95 ml; ,variancia de 0,06, desviación estándar 0,25 y un error típico de 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,49 y 0,63 ml) de 14 y una frecuencia relativa h_1 de 25,4 %.

Finalmente, en la compliancia del oído izquierdo encontramos como resultado una Media Aritmética de 0,81 ml, una mediana de 0,79 ml y una moda de 0,73 ml. Un mínimo de 0,31ml , un máximo de 1,45 ml para un rango de 1,19 ml; variancia 0,07, desviación estándar 0,25 y un error típico de 0,03. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,49 y 0,66 ml) de 15 y una frecuencia relativa h_1 de 26,7 %.

Tabla 18 *Resultados comparativos de la variable continua Compliancia del oído derecho e izquierdo después de vuelo.*

Compliancia del Oído Derecho e Izquierdo ml después de Vuelo		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	0,7333	0,8189
Mediana	0,7002	0,7926
Moda	0,6948	0,7352
Mínimo	0,35	0,31
Máximo	1,3	1,45
Rango	0,95	1,19
Varianza	0,0654	0,0782
Desviación Estándar	0,2557	0,2928
Error Típico	0,0345	0,0395
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 19 *Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído derecho después de vuelo.*

Compliancia ml Oído Derecho después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i -$ Media) ² * n_i	
0,35 0,49	0,42	11	11	20,00	20,00	4,62	1,080	
0,49 0,63	0,56	14	25	25,45	45,45	7,84	0,420	
0,63 0,77	0,70	5	30	9,09	54,55	3,50	0,005	
0,77 0,91	0,84	12	42	21,82	76,36	10,08	0,137	
0,91 1,05	0,98	5	47	9,09	85,45	4,90	0,305	
1,05 1,19	1,12	5	52	9,09	94,55	5,60	0,749	
1,19 1,33	1,26	3	55	5,45	100,00	3,78	0,834	
Total		55		100		40,33	3,53	

Tabla 20 *Distribución de frecuencias variable continua compliancia oído izquierdo después de vuelo.*

Compliancia ml Oído Izquierdo Después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1} y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i -$ Media) ² * n_i	
0,31 0,49	0,40	5	5	8,93	8,93	1,99	1,001	
0,49 0,66	0,57	15	20	26,79	35,71	8,60	1,110	
0,66 0,84	0,75	10	30	17,86	53,57	7,49	0,093	
0,84 1,01	0,92	10	40	19,64	73,21	10,17	0,069	
1,01 1,19	1,10	8	48	14,29	87,50	8,80	0,518	
1,19 1,36	1,28	4	52	7,14	94,64	5,10	0,739	
1,36 1,54	1,45	3	55	5,36	100,00	4,35	1,099	
Total		55		100		46,49	4,63	

Gráfico 18 *Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho después de vuelo.*



Gráfico 19 *Frecuencia absoluta Variable continua compliancia oído derecho izquierdo de vuelo.*

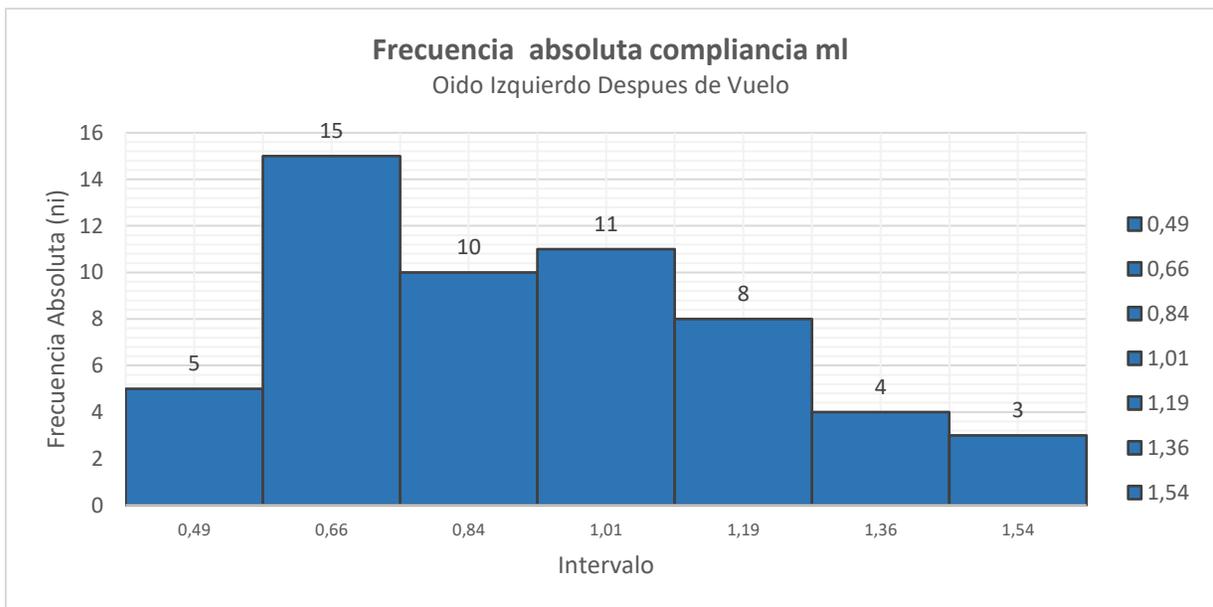


Gráfico 20 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído derecho después de vuelo.

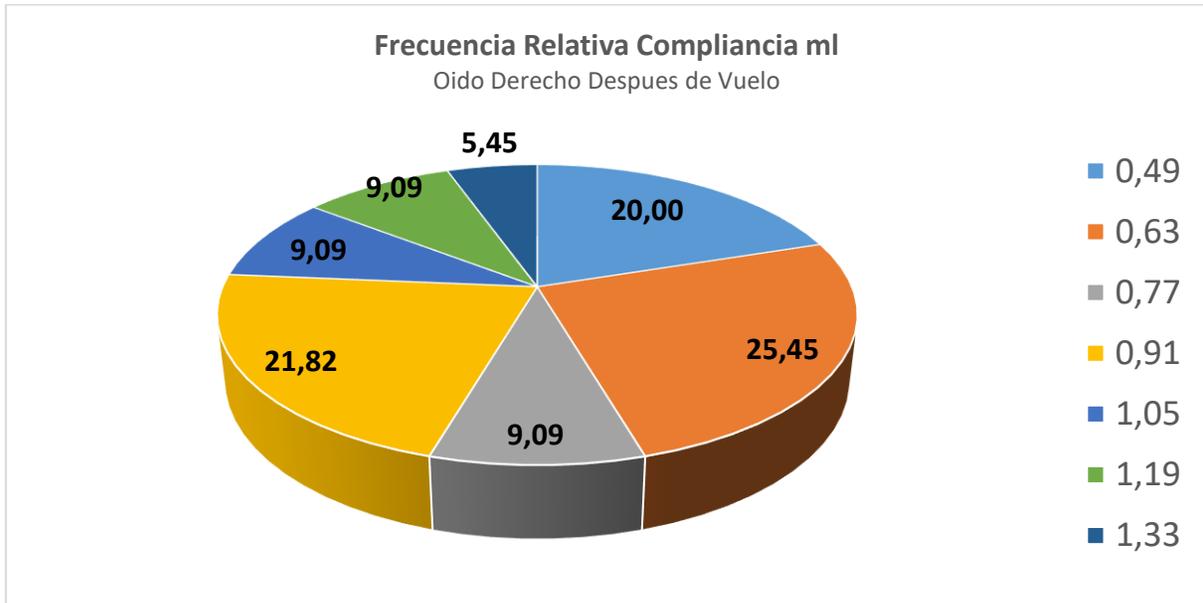
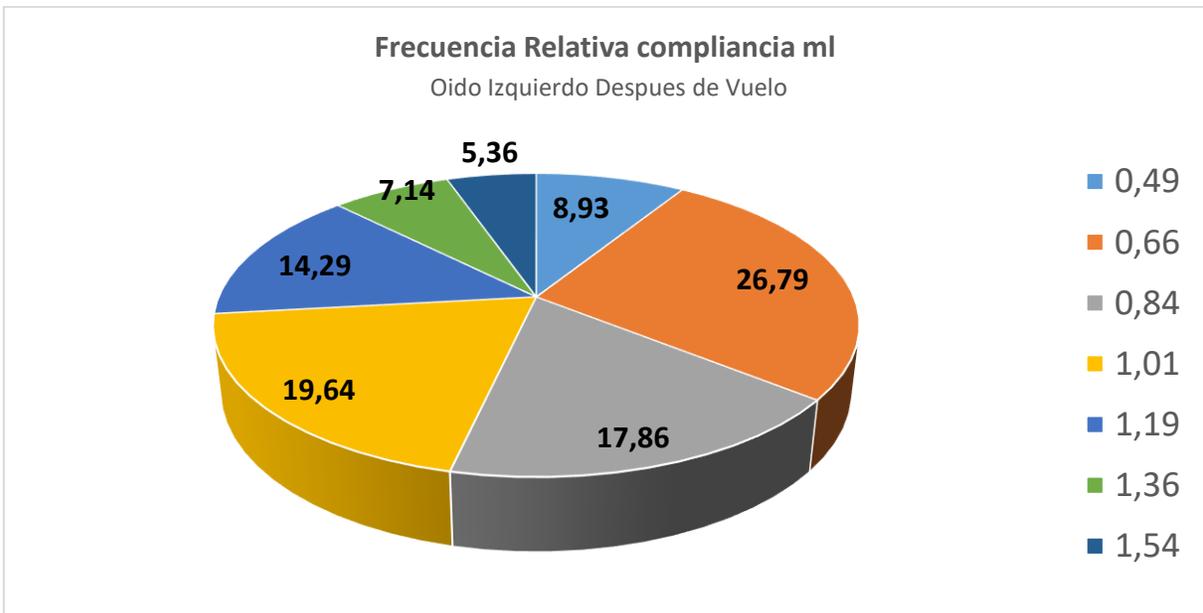


Gráfico 21 Frecuencia relativa Variable continua compliancia oído izquierdo después de vuelo.



5.5.3 Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable compliancia.

La segunda variable a tener en cuenta para analizar es la compliancia, el cual respecto a los datos analizados y representados en las tablas 15 y 18, indican respecto a la media en el oído derecho antes y después de vuelo un promedio de 0,73 ml para las variables, una mediana de 0,74 ml antes de vuelo y posterior a este de 0,70 con una diferencia mínima de 0,04 ml, una moda de 0,69 ml que permanece estable, lo que sugiere que no hay diferencias significativas estadísticamente. En el oído izquierdo antes y después de vuelo se obtiene una media de 0,86 ml antes de vuelo y después de vuelo de 0,81 ml, una mediana de 0,84 y 0,7926 ml para una diferencia mínima de 0,05 ml y una moda de 0,83 y 0,73 ml antes y después de vuelo para una diferencia de disminución 1 ml entre ambas variables. Un mínimo y un máximo bilateral que se dan entre valores de 0,31 y 1,45 ml antes y después de vuelo respectivamente, un rango de 0,94 que se conserva en oído derecho, y en oído izquierdo de 1,14 ml y 1,19 ml y una diferencia de 0,05 ml después de vuelo. La variancia de 0,07, desviación estándar 0,25 y un error típico de 0,03, lo que indica que estos datos son similares entre ambos oídos.

Al realizar la comparación de la variable compliancia en oído derecho antes y después de vuelo las tablas 16 y 19 dan cuenta que la frecuencia absoluta n_1 se encuentra entre los intervalos (0,48ml y 0,62 ml) y (0,49 y 0,63 ml), con una diferencia leve de 0,8 para 14 individuos antes y después de vuelo (gráficos 14 y 18) y una frecuencia relativa h_1 de 25, 45 % que no cambia. (gráficos16 y 20).

En tablas 17 y 20 se analiza que la variable volumen físico del canal en oído izquierdo antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (0,48 y 0,65 ml) y (0,49 y 0,66 ml) con una diferencia mínima de 0,6 para 12 individuos antes de vuelo y 15 con aumento de 3 individuo posterior a vuelo (gráficos 15 y 19) y una frecuencia relativa h_1 de 21,82% y de 26,79%. Con una diferencia mínima de 5% (gráficos 17 y 21).

De acuerdo a los resultados en la tabla 21 se puede analizar que utilizando las fórmulas de diferencia de medias que se da entre la media y la varianza y las hipótesis sugeridas para este objetivo como son *la hipótesis nula $H_0 = \text{Compliancia}_2$ (después de vuelo) es = igual a Compliancia_1 (antes de vuelo) y la hipótesis alternativa $H_1 = \text{Compliancia}_2$ (después de vuelo) es > mayor a Compliancia_1 (antes de vuelo)*, se acepta la hipótesis nula, indican que en los valores generales, no se encontró una variación significativa entre los oídos derechos e izquierdos antes y después de evaluados respecto a la media, AEDA (2004) indican que el rango promedio normal en compliancia es de 0.3 hasta 1.6 cm³, con una media de 0.7 cm³ y centrado el pico del timpanograma en 0 daPa. Se correlaciona con la clasificación Jerger (1970), citado Stach 1998, en la que existen tres patrones básicos de curvas timpanométricas se centró en un Tipo A (normal) Pico estrecho situado en una compliancia máxima de 0,3 a 1,7 ml. Este tipo de curva indica que el sistema tímpano oscilar funciona de manera adecuada.

Tabla 21 *Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Compliancia antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.*

H ₀ : Compliancia ₂ = Compliancia ₁		
COMPLIANCIA	H ₁ : Compliancia ₂ > Compliancia ₁	
	OIDO DERECHO	
	Antes	Después
Media	0,748	0,751
Varianza	0,075	0,071
n	55	55
Zp	0,062	
IC(95%)	1,64	
Decisión	Ho Se Acepta	
	OIDO IZQUIERDO	
	Antes	Después
Media	0,813	0,832
Varianza	0,074	0,079
n	55	55
Zp	0,358	
IC(95%)	1,64	
	Ho Se Acepta	

5.6 Interpretación de datos de la presión

5.6.1 Presión del oído derecho e izquierdo antes de vuelo

Para la variable presión del oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de -31,25 daPa, mediana de -31 daPa y una moda de -47daPa. Un mínimo de -50 daPa, un máximo de -8 daPa para un rango de rango -42 daPa, variancia de 150, desviación estándar 12,2 y un error típico de 1,6. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (-50 y -43 daPa) de 15 y una frecuencia relativa h_1 de 27,2 %

Los datos obtenidos para la variable presión del oído izquierdo tenemos como resultado una Media Aritmética de 31,07 daPa, una mediana de -30 daPa y una moda de -23 daPa. Un mínimo de -66 daPa, un máximo de - 7 daPa para un rango de 59 daPa; variancia 159, desviación estándar de 12,4 y un error típico de 1,07. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (-31 y - 32 daPa) de 16 y una frecuencia relativa h_1 de 29,8 %.

Tabla 22 *Resultados comparativos de la variable continua Presión del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.*

Presión del Oído Derecho e Izquierdo daPa		
Antes de Vuelo		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	-31,254	-31,0727
Mediana	-31,000	-30
Moda	-47	-23
Mínimo	-50	-66
Máximo	-8	-7
Rango	42	59
Varianza	150,637	159,3649
Desviación Estándar	12,2734	12,62398
Error Típico	1,654952	1,7022
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 23 *Distribución de frecuencias variable continua presión oído derecho antes de vuelo.*

Presión daPa Oído Derecho Antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
50,00	43,81	-46,90	15	15	27,27	27,27	-703,55	3364,606
-	-	-	-	-	-	-	-	-
43,81	37,61	-40,71	7	22	12,73	40,00	-284,97	540,041
-	-	-	-	-	-	-	-	-
37,61	31,42	-34,52	6	28	10,91	50,91	-207,10	40,248
-	-	-	-	-	-	-	-	-
31,42	25,23	-28,32	8	36	14,55	65,45	-226,58	103,879
-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,23	19,03	-22,13	8	44	14,55	80,00	-177,04	767,835
-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,03	12,84	-15,94	8	52	14,55	94,55	-127,49	2045,532
-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,84	-6,65	-9,74	3	55	5,45	100,00	-29,23	1476,364
Total			55		100		-1755,95	8338,51

Tabla 24 *Distribución de frecuencias variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo.*

Presión daPa Oído Izquierdo Antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
66,00	57,30	-61,65	1	1	1,82	1,82	-61,65	941,778
-	-	-	-	-	-	-	-	-
57,30	48,60	-52,95	3	4	5,45	7,27	-158,85	1450,427
-	-	-	-	-	-	-	-	-
48,60	39,90	-44,25	10	14	18,18	25,45	-442,49	1765,646
-	-	-	-	-	-	-	-	-
39,90	31,20	-35,55	11	25	20,00	45,45	-391,04	231,491
-	-	-	-	-	-	-	-	-
31,20	22,50	-26,85	16	41	29,09	74,55	-429,58	270,652
-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,50	13,80	-18,15	10	51	18,18	92,73	-181,48	1641,781
-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,80	-5,10	-9,45	4	55	7,27	100,00	-37,79	1851,326
Total			55		100		-1702,88	8153,10

Gráfico 22 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho antes de vuelo.

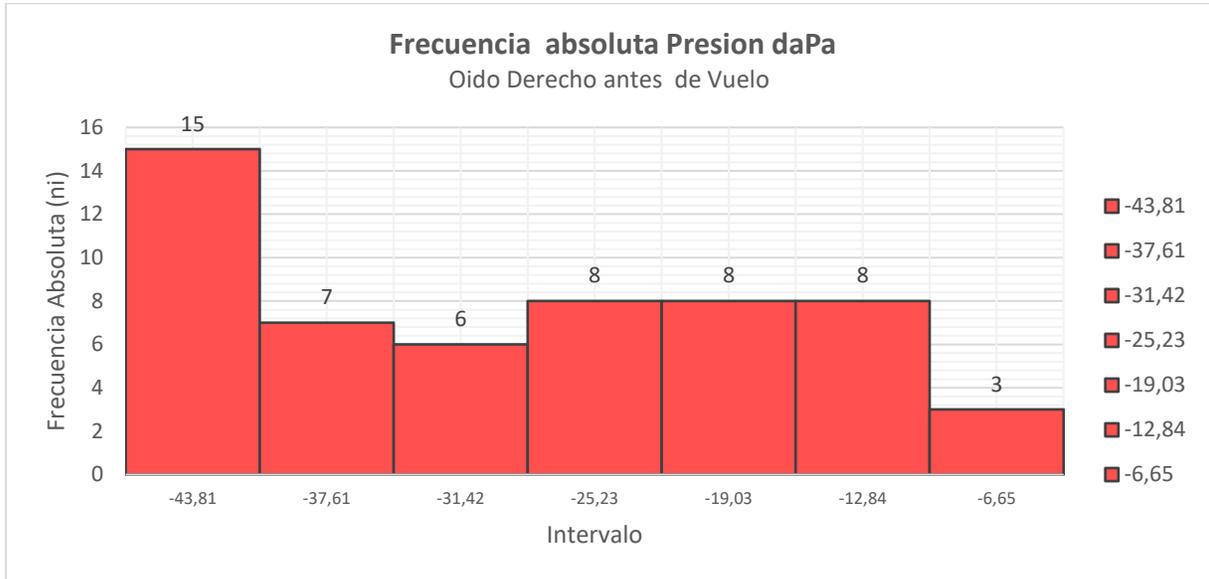


Gráfico 23 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo

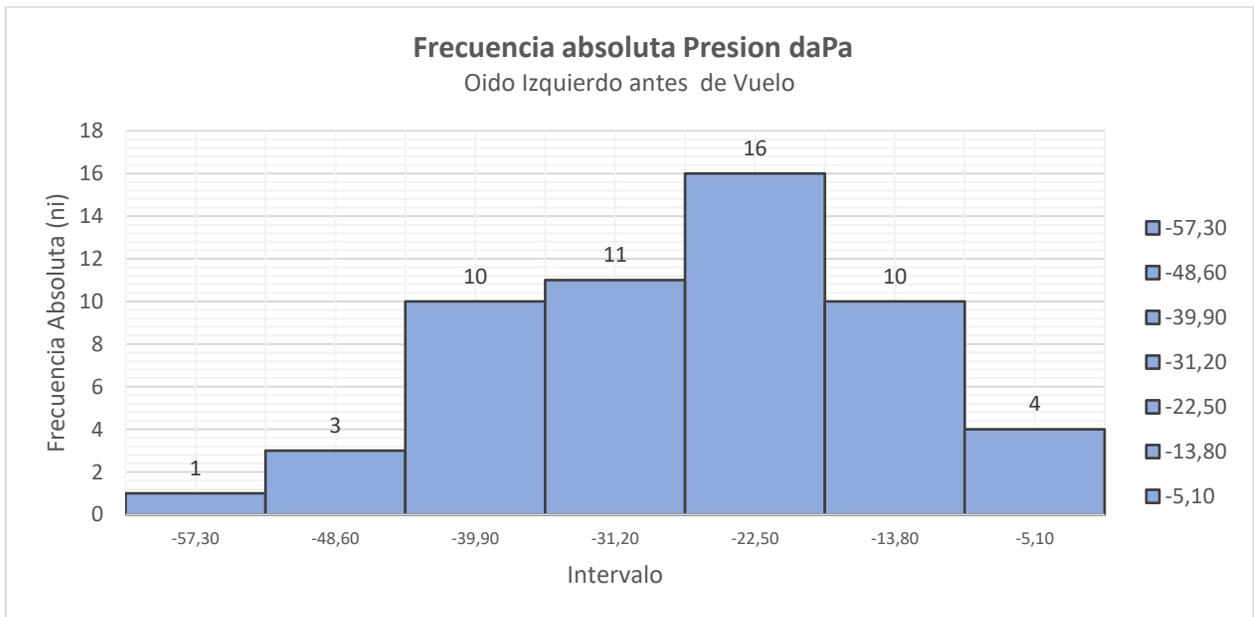


Gráfico 24 Frecuencia relativa Variable continua presión oído derecho antes de vuelo.

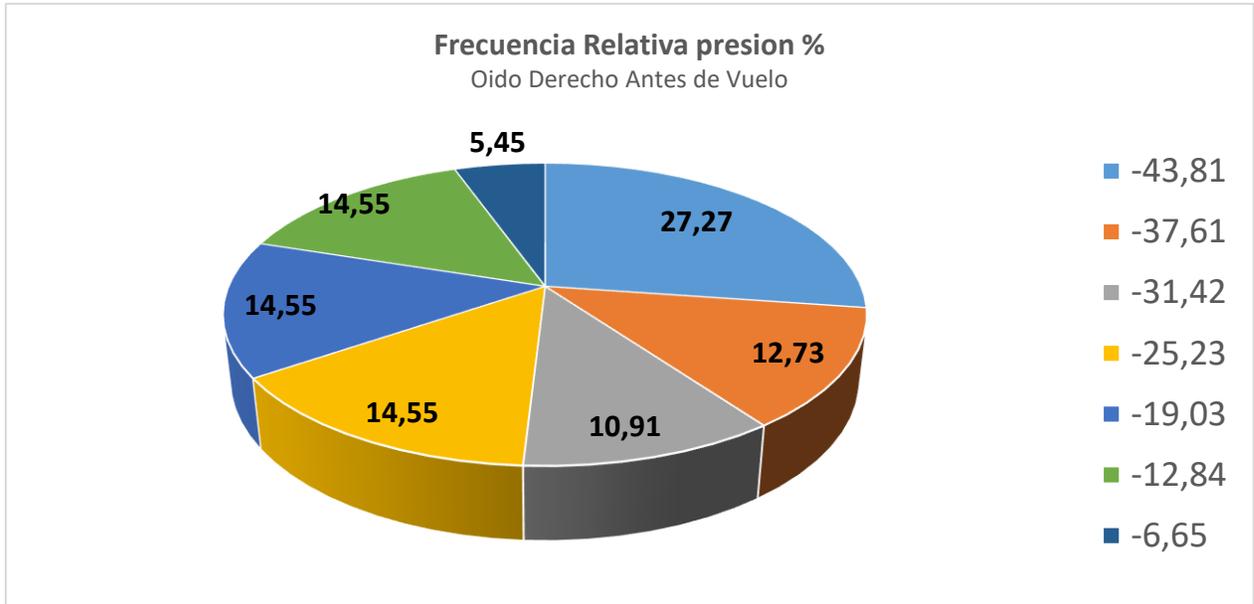
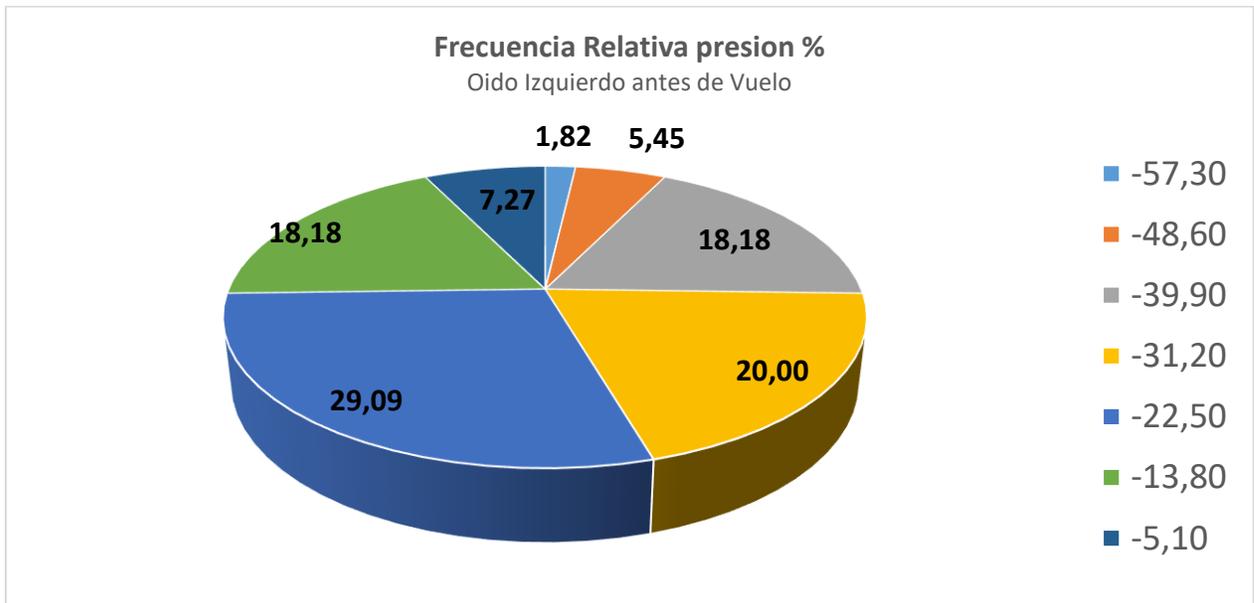


Gráfico 25 Frecuencia relativa Variable continua presión oído izquierdo antes de vuelo.



5.6.2 Presión del oído derecho e izquierdo después de vuelo

Para la variable presión del oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de -35,25 daPa, una mediana de -35 daPa y una moda de -53 daPa. Un mínimo de -56 daPa, un máximo de -12 daPa para un rango de -44 daPa, variancia de 170, desviación estándar 13,2 y un error típico de 1,7. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (-56 y -49 daPa) de 14 y una frecuencia relativa h_1 de 25,4 %.

Finalmente, para la variable presión del oído izquierdo tenemos como resultado una Media Aritmética de 35,07 daPa, una mediana de -34 daPa y una moda de -40 daPa. Un mínimo de -71 daPa, un máximo de -8 daPa, para un rango 63 daPa; variancia 181, desviación estándar de 13,4 y un error típico de 1,08. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (-43 y -33 daPa) de 15 y una frecuencia relativa h_1 de 27,9 %.

Tabla 25 *Resultados comparativos de la variable continua Presión del oído derecho e izquierdo después de vuelo.*

Presión del Oído Derecho e Izquierdo daPA		
Después de Vuelo		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	-35,654545	-35,618182
Mediana	-35	-34
Moda	-53	-40
Mínimo	-56	-71
Máximo	-12	-8
Rango	44	63
Varianza	170,193266	181,092256
Desviación Estándar	13,0458141	13,4570523
Error Típico	1,75909	1,81454856
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 26 *Distribución de frecuencias variable continua presión oído derecho después de vuelo.*

Presión Oído Derecho daPa Después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2$ * n_i
-	-	-						
56,00	49,51	-52,76	14	14	25,45	25,45	-738,58	4267,739
-	-	-						
49,51	43,02	-46,27	9	15	1,82	27,27	-46,27	120,368
-	-	-						
43,02	36,53	-39,78	8	25	18,18	45,45	-397,79	200,962
-	-	-						
36,53	30,05	-33,29	10	35	18,18	63,64	-332,91	40,220
-	-	-						
30,05	23,56	-26,80	5	43	14,55	78,18	-214,42	577,167
-	-	-						
23,56	17,07	-20,31	5	50	12,73	90,91	-142,20	1571,274
-	-	-						
17,07	10,58	-13,83	5	55	9,09	100,00	-69,13	2304,938
Total			55		100		-1941,29	9082,67

Tabla 27 *Distribución de frecuencias variable continua presión oído izquierdo después de vuelo.*

Presión Oído Izquierdo daPA Después de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2$ * n_i
-	-	-						
71,00	-61,71	-66,35	1	1	1,82	1,82	-66,35	976,485
-	-	-						
61,71	-52,42	-57,06	6	7	10,91	12,73	-342,39	2893,078
-	-	-						
52,42	-43,13	-47,77	6	13	10,91	23,64	-286,65	962,933
-	-	-						
43,13	-33,84	-38,48	15	28	27,27	50,91	-577,27	171,188
-	-	-						
33,84	-24,55	-29,19	15	43	27,27	78,18	-437,91	524,263
-	-	-						
24,55	-15,26	-19,90	10	53	18,18	96,36	-199,04	2311,038
-	-	-						
15,26	-5,97	-10,61	2	55	3,64	100,00	-21,23	1199,743
Total			55		100		-1930,84	9038,73

Gráfico 26 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho después de vuelo.

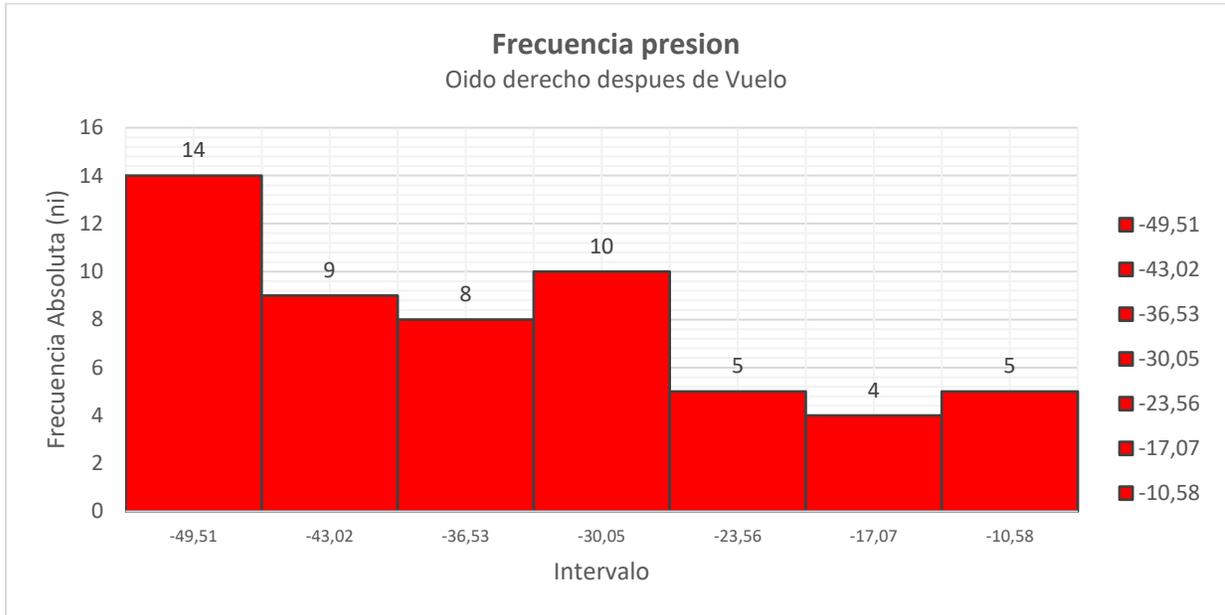


Gráfico 27 Frecuencia absoluta Variable continua presión oído derecho después de vuelo.

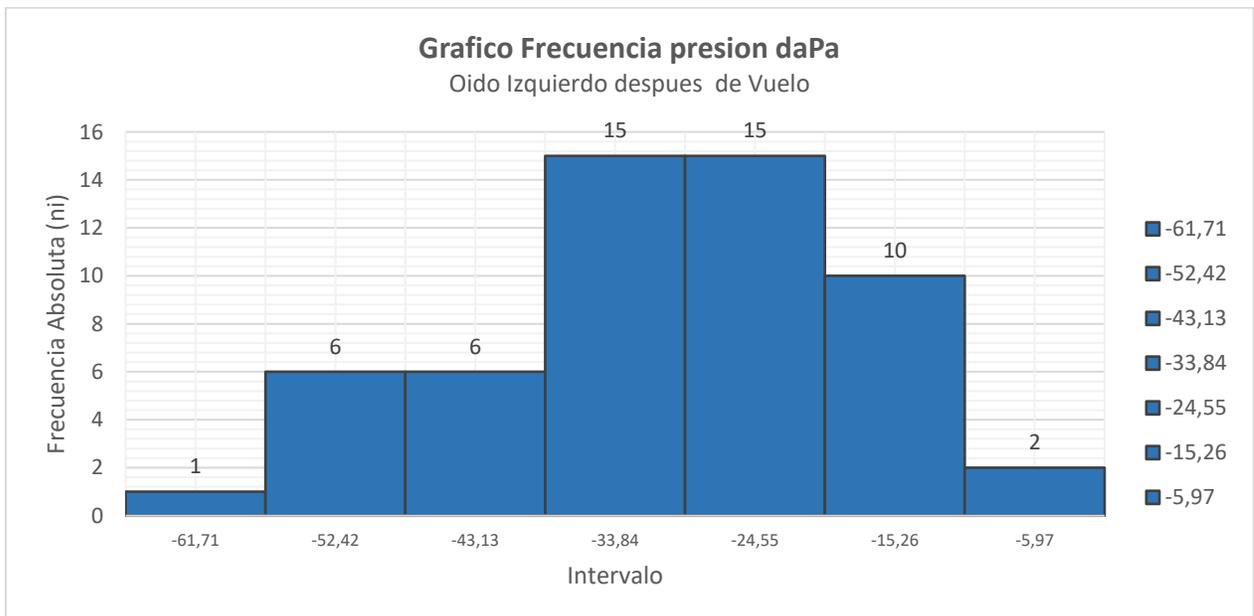


Gráfico 28 Frecuencia relativa Variable continua presión oído derecho después de vuelo.

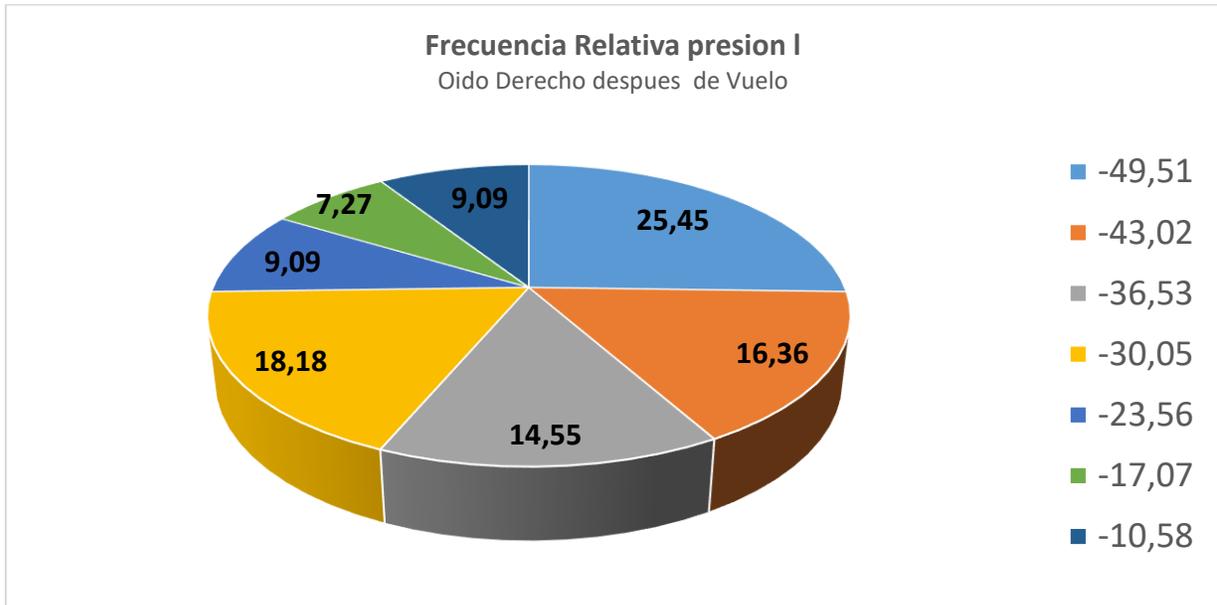
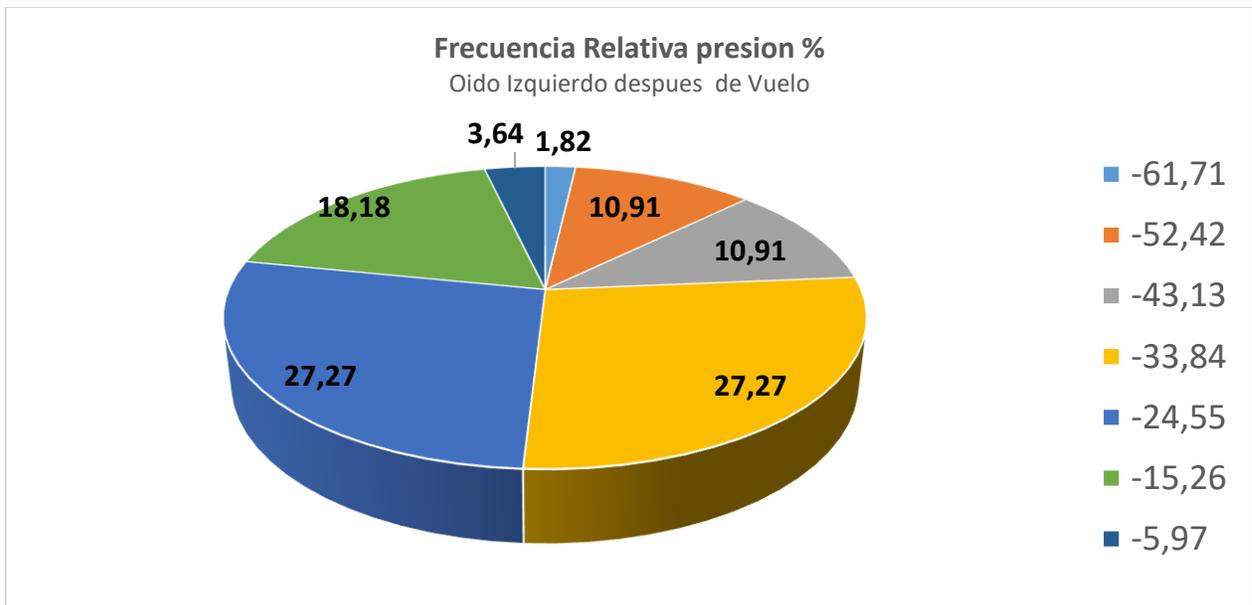


Gráfico 29 Frecuencia relativa Variable continua presión oído izquierdo después de vuelo.



5.6.3 Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable presión.

La tercera variable a analizar es la variable de la presión, el cual respecto a los datos analizados y representados en las tablas 22 y 25, indican respecto a la media en el oído derecho antes y después de vuelo un promedio y una mediana de -31 y -35 daPa y una diferencia mínima de 4 daPa hacia presiones negativas posterior a vuelo, una moda de -47 y -53 daPa donde desplaza mínimamente en 6 dapa. Un mínimo -50 daPa y un máximo de -8 antes de vuelo, comparándolo con -56 daPa y un -12 daPa posterior a vuelo, un rango de -42 y -44 daPa respectivamente. De acuerdo con esto se puede afirmar que la presión a la cual se obtiene la mayor movilidad de la membrana timpánica tiene tendencia predominante a presiones negativas que a las positivas. En el oído izquierdo antes y después de vuelo un promedio y una mediana de -31,07 y -35,61 daPa y una diferencia mínima de 5 daPa hacia presiones negativas posterior a vuelo, una moda de -23 y -40 daPa donde desplaza 17 dapa. Un mínimo -66 daPa y un máximo de -7 antes de vuelo y , comparándolo con -71 daPa y un -8 daPa posterior a vuelo, un rango de -59 y -63 daPa respectivamente. Lo que sugiere que también fue una presión negativa al igual que la media, pero alejada del cero. La variancia presento leve aumento posterior a vuelo de 18 dapa, desviación estándar 12 y un error típico de 1,7 que se mantienen igual.

En las tablas 23 y 26 se demuestra que para la variable presión oído derecho antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 se encuentra entre los intervalos (-50 y -43 y -49 y -43 daPa) con una diferencia mínima de -6 daPa ; para 15 individuos antes de vuelo y de 14 posterior a vuelo en ese rango de intervalos (gráficos 22 y 26) y una frecuencia relativa h_1 de 27,47 % y de 25,45 % respectivamente con una diferencia mínima de 2% (gráficos 24 y 28).

Para la variable presión oído izquierdo antes y después de vuelo en las tablas 23 y 26 se demuestra se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 se encuentra entre los intervalos (-31,20 y -22,50 y -43,13 y 33,84 -) con una diferencia mínima de -9.5 daPa para 16 individuos antes de vuelo y de 15 posterior a vuelo en ese rango de intervalos

(gráficos 23 y 27) y una frecuencia relativa h_1 de 29,09 % y de 27,27 % respectivamente con una diferencia mínima de 2% (gráficos 25 y 29).

De acuerdo a los resultados en la tabla 28 se puede analizar que utilizando las fórmulas de diferencia de medias que se da entre la media y la varianza y las hipótesis sugeridas para este objetivo como son la hipótesis nula $H_0 = \text{Presión}_2 \text{ (después de vuelo) es = igual a } \text{Compliancia}_1 \text{ (antes de vuelo)}$ y la hipótesis alternativa $H_1 = \text{Presión}_2 \text{ (después de vuelo) es } > \text{mayor a } \text{presión}_1 \text{ (antes de vuelo)}$, se acepta la hipótesis nula, indican que en los valores generales, no se encontró una variación significativa entre los oídos derechos e izquierdos antes y después de evaluados respecto a la media, AEDA (2004) indican que el rango promedio normal en la variable de la presión de -50 a $+50$. Se correlaciona con la clasificación Jerger (1970), citado Stach 1998, en la que existen tres patrones básicos de curvas timpanométricas, en la cual cuando las presiones sobrepasan hacia lo negativo se clasifican como tipo C, la cual es una alteración del oído medio sugestivo de disfunción tubárica.

Tabla 28 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Presión antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.

PRESIÓN	$H_0: \text{Presión}_2 = \text{Presión}_1$	
	$H_1: \text{Presión}_2 > \text{Presión}_1$	
	OÍDO DERECHO	
	ANTES	DESPUÉS
Media	-31,926	-35,296
Varianza	150,638	181,092
n	55	55
Zp	-1,723	
IC(95%)	1,64	
Decisión	Ho Se Acepta	
	OÍDO IZQUIERDO	
	ANTES	DESPUES
Media	-30,961	-35,106
Varianza	150,983	167,384
n	55	55
Zp	-1,723	
IC(95%)	1,64	
Decisión	Ho Se Acepta	

5.7 Interpretación de datos de la variable Gradiente

5.7.1 Gradiente del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.

En la variable del Gradiente del oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de 81,8 daPa, una mediana de 80 daPa y una moda de 62 daPa. Un mínimo de 62 daPa, un máximo de 114 daPa para un rango 52 daPa, variancia de 189, desviación estándar 13,0 y un error típico de 1,85. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (77,3, y 85,0 daPa) de 14 y una frecuencia relativa h_1 de 25,45%.

Los datos obtenidos para la variable del gradiente del oído izquierdo tenemos como resultado una Media Aritmética de 81,6 daPa, una mediana de 83 daPa y una moda de 84 daPa. Un mínimo de 55, máximo de 110 daPa para un rango 55 daPa, variancia de 204, una desviación estándar 16,7 y un error típico de 1,9. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (71,2 y 79,3 daPa) de 13 y una frecuencia relativa h_1 de 23,64 %.

Tabla 29 *Resultados comparativos de la variable continua Gradiente del oído derecho e izquierdo antes de vuelo.*

Gradiente del oído derecho e izquierdo daPa antes de vuelo.		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	81,8727273	81,672727
Mediana	80	83
Moda	62	84
Mínimo	62	55
Máximo	114	110
Rango	52	55
Varianza	189,261279	204,40943
Desviación Estándar	13,7572264	16,758964
Error Típico	1,85502404	1,9278317
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 30 *Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído derecho antes de vuelo.*

Gradiente Oído derecho daPa Antes de Vuelo"								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$
62,00	69,67	65,83	5	5	9,09	9,09	329,17	2128,831
69,67	77,34	73,50	8	13	14,55	23,64	588,02	1344,942
77,34	85,00	81,17	14	27	25,45	49,09	1136,38	392,955
85,00	92,67	88,84	10	37	18,18	67,27	888,38	56,175
92,67	100,34	96,51	11	48	20,00	87,27	1061,57	1108,423
100,34	108,01	104,17	4	52	7,27	94,55	416,70	1254,051
108,01	115,68	111,84	3	55	5,45	100,00	335,53	1931,576
Total			55		100		4755,75	8216,95

Tabla 31 *Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído izquierdo antes de vuelo.*

Gradiente daPa Oído Izquierdo antes de Vuelo								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 * n_i$
55,00	63,11	59,06	6	6	10,91	10,91	354,33	2705,470
63,11	71,22	67,17	9	15	16,36	27,27	604,49	1550,204
71,22	79,33	75,28	13	28	23,64	50,91	978,59	326,789
79,33	87,44	83,39	10	38	18,18	69,09	833,87	95,897
87,44	95,55	91,50	9	47	16,36	85,45	823,47	1130,410
95,55	103,66	99,61	5	52	9,09	94,55	498,04	1865,860
103,66	111,77	107,72	3	55	5,45	100,00	323,15	2256,907
Total			55		100		4415,95	9931,54

Gráfico 30 *Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído derecho antes de vuelo.*

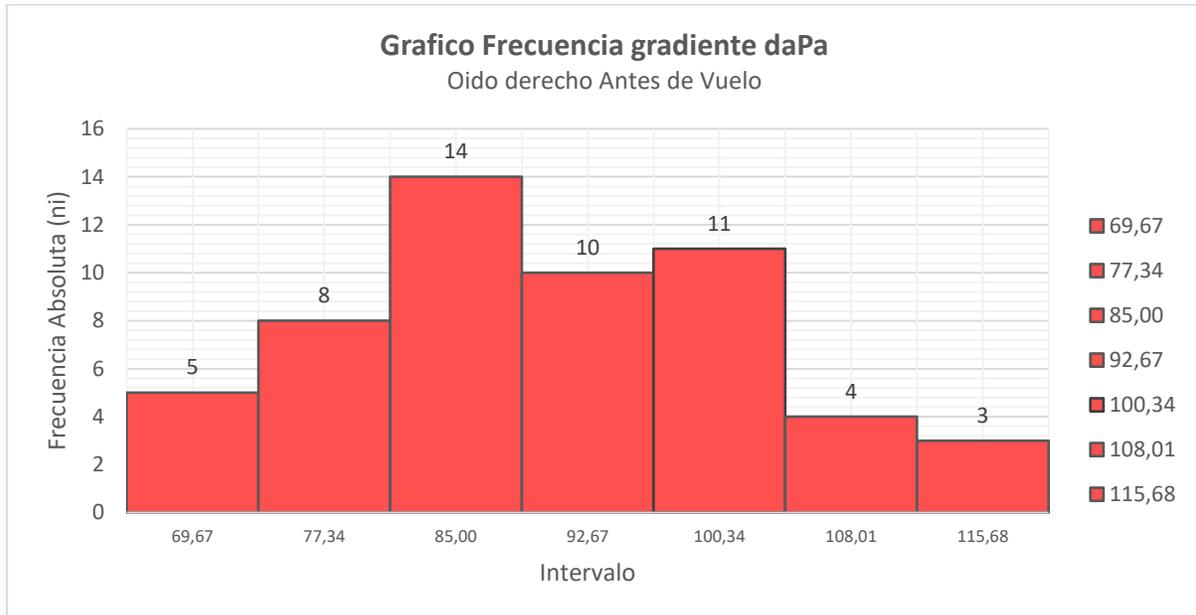


Gráfico 31 *Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído izquierdo antes de vuelo.*

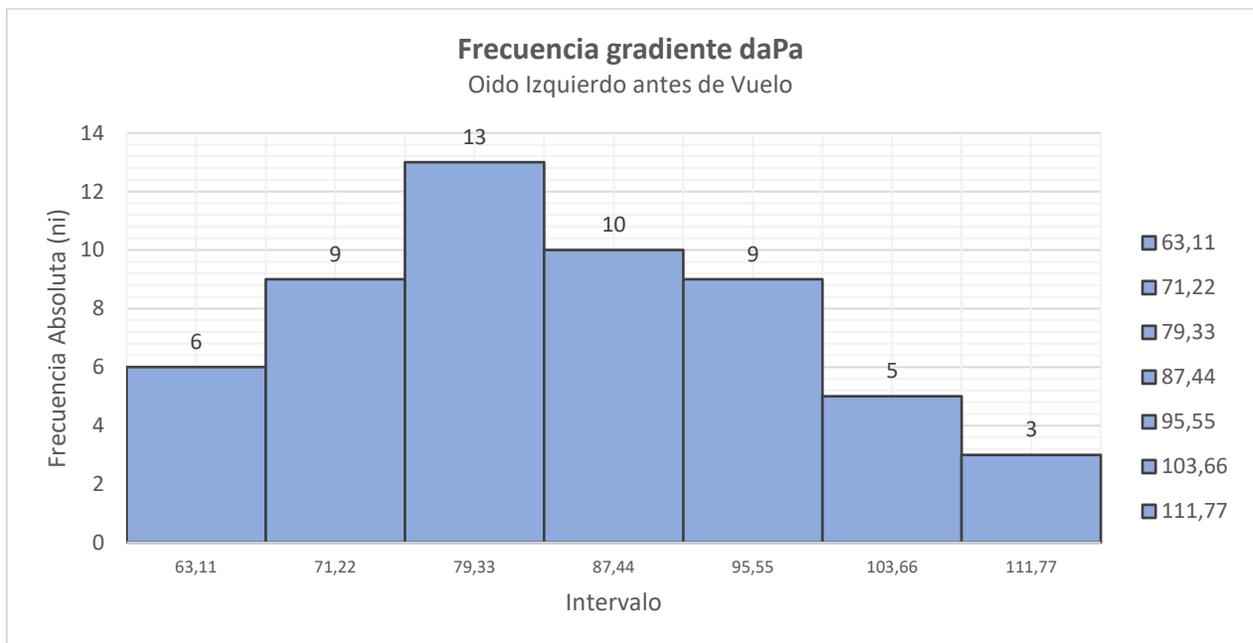


Gráfico 32 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído derecho antes de vuelo.

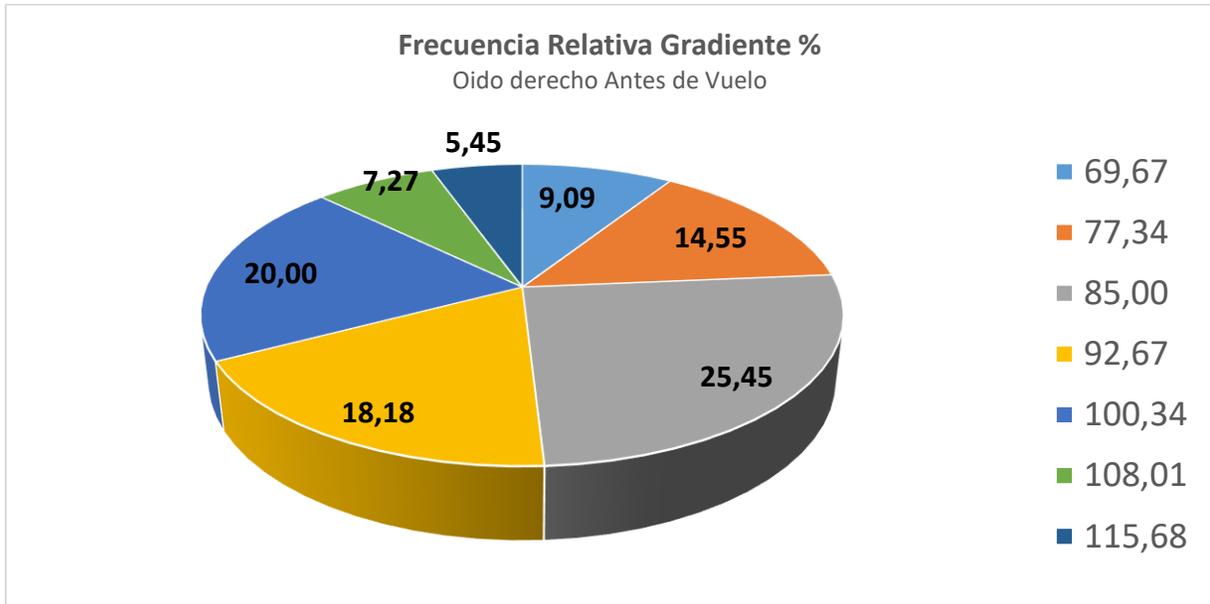
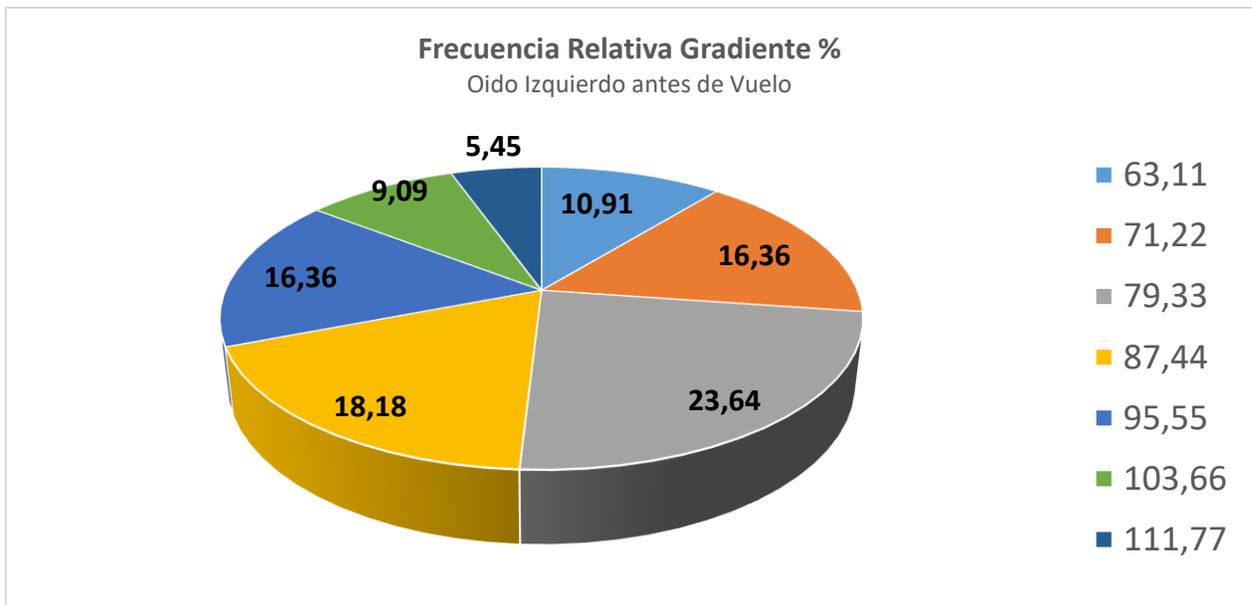


Gráfico 33 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído izquierdo antes de vuelo.



5.7.2 Gradiente del oído derecho e izquierdo después de vuelo.

En la variable del Gradiente del oído derecho tenemos como resultado una Media Aritmética de 81,8 daPa, una mediana de 80,5 daPa y una moda de 79,3 daPa. Un mínimo de 60 daPa, un máximo de 115 daPa para un rango 52 daPa; variancia 168, desviación estándar 12,5 y un error típico de 1,7. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (83,8, y 91,8 daPa) de 15 y una frecuencia relativa h_1 de 27,2%.

Y para terminar el análisis estadístico de las variables encontramos para la variable del gradiente del oído izquierdo tenemos como resultado una Media Aritmética de 83,9 daPa, una mediana de 84,9 daPa y una moda de 84,4 daPa. Un mínimo de 62 daPa, un máximo de 115 daPa par un rango de 54 daPa; desviación estándar 12,15, con un error típico de 1,6. Para una frecuencia absoluta n_1 entre los intervalos (69,6 y 77,3 daPa) de 14 y una frecuencia relativa h_1 de 25,4.

Tabla 32 *Resultados comparativos de la variable continua Gradiente del oído derecho e izquierdo después de vuelo.*

Gradiente del oído derecho e izquierdo después de vuelo.		
Estadística	Derecho	Izquierdo
Media Aritmética	81,890	83,9614
Mediana	80,917	84,972
Moda	79,086	84,4029
Mínimo	60	60
Máximo	115	114
Rango	52	54
Varianza	168,1624	147,6565
Desviación Estándar	12,539	12,1514
Error Típico	1,7919	1,6385
Nivel de Confianza $Z_{\alpha/2}$	95%	95%

Tabla 33 *Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído derecho después de vuelo.*

Gradiente Oído derecho después de Vuelo"								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 \cdot n_i$
60,00	67,96	63,98	6	6	10,91	10,91	383,89	2607,983
67,96	75,93	71,94	12	18	21,82	32,73	863,33	1992,461
75,93	83,89	79,91	6	24	10,91	43,64	479,45	145,391
83,89	91,85	87,87	15	39	27,27	70,91	1318,06	138,662
91,85	99,82	95,83	8	47	14,55	85,45	766,67	968,603
99,82	107,78	103,80	5	52	9,09	94,55	518,98	1798,627
107,78	115,74	111,76	3	55	5,45	100,00	335,28	2175,583
Total			55		100		4665,66	9827,31

Tabla 34 *Distribución de frecuencias variable continua Gradiente oído izquierdo después de vuelo.*

Gradiente Oído Izquierdo después de Vuelo"								
Intervalo y_{j-1}	y_j	Marca de Clase y_i	Frecuencia Absoluta n_i	Frecuencia Absoluta Acumulada N_i	Frecuencia Relativa h_i	Frecuencia Relativa Acumulada H_i	$y_i n_i$	$(y_i - \text{Media})^2 \cdot n_i$
62,00	69,67	65,83	10	10	18,18	18,18	658,34	2752,591
69,67	77,34	73,50	14	24	25,45	43,64	1029,03	1114,643
77,34	85,00	81,17	8	32	14,55	58,18	649,36	12,596
85,00	92,67	88,84	11	43	20,00	78,18	977,22	452,435
92,67	100,34	96,51	6	49	10,91	89,09	579,04	1189,712
100,34	108,01	104,17	4	53	7,27	96,36	416,70	1892,156
108,01	115,68	111,84	2	55	3,64	100,00	223,69	1730,783
Total			55		100		4533,37	9144,92

Gráfico 34 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído derecho después de vuelo.

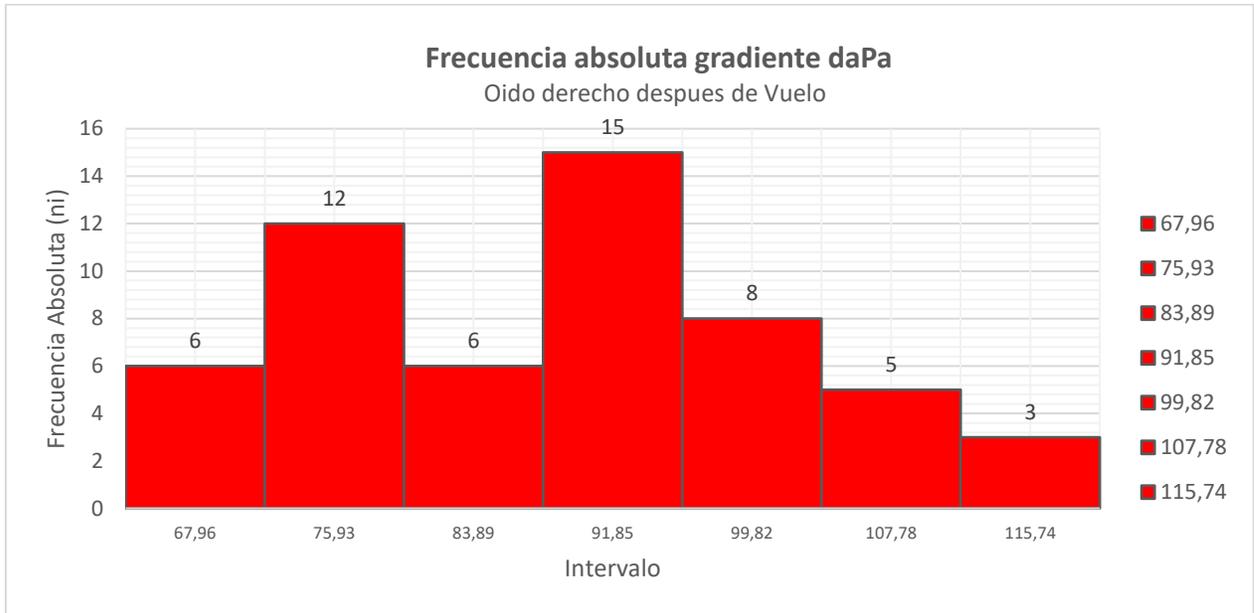


Gráfico 35 Frecuencia absoluta Variable continua gradiente oído izquierdo después de vuelo.

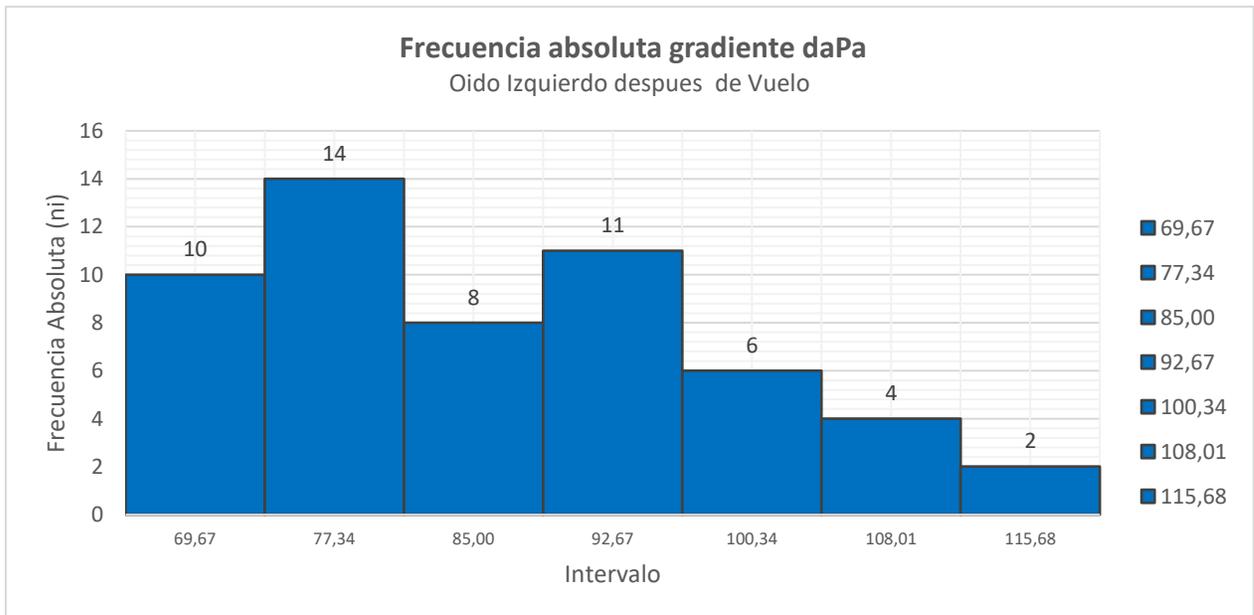


Gráfico 36 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído derecho después de vuelo.

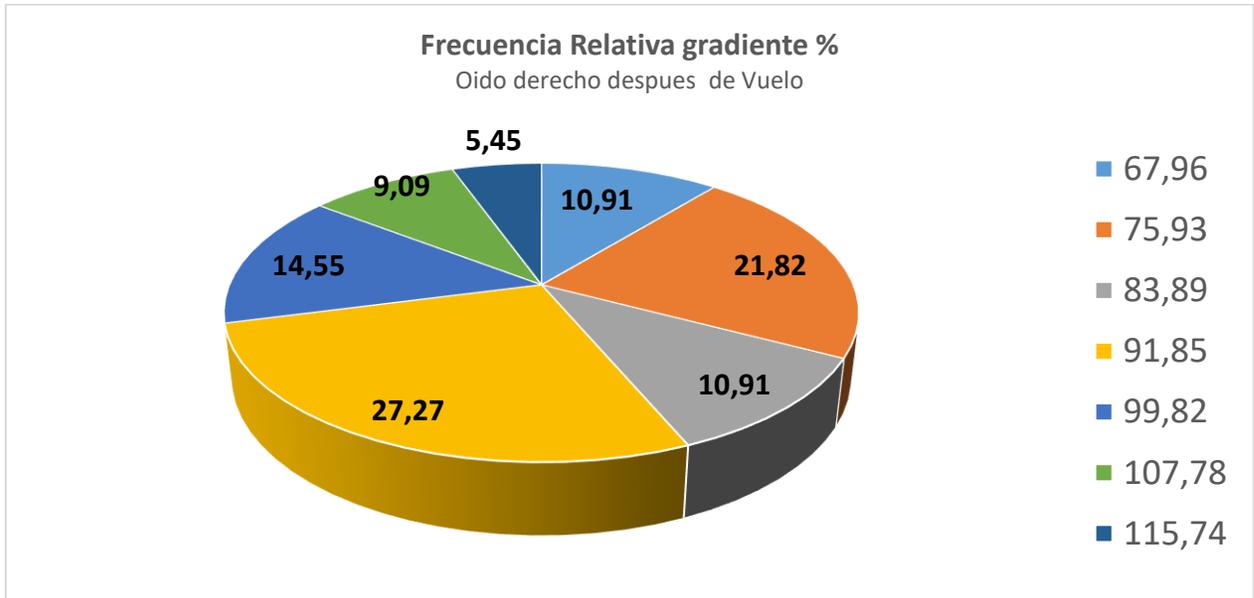
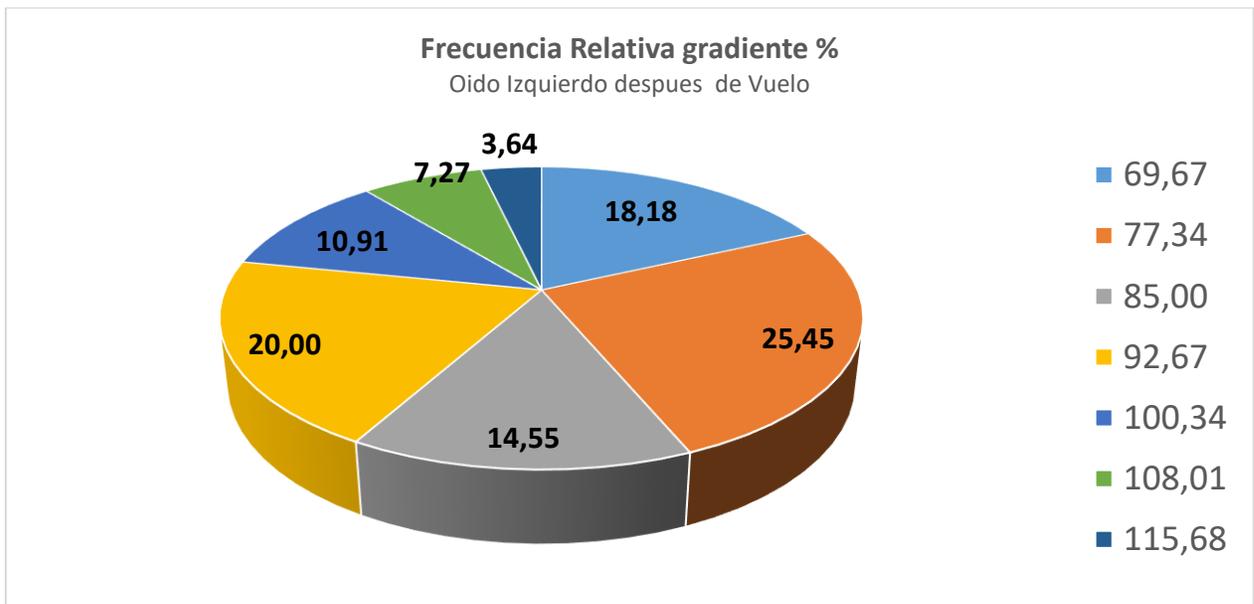


Gráfico 37 Frecuencia relativa Variable continua del Gradiente oído izquierdo después de vuelo.



5.7.3 Comparación entre ambos oídos antes y después de vuelo variable Gradiente

Para finalizar con las variables analizadas en esta investigación tenemos el gradiente, el cual respecto a los datos analizados y representados en las tablas 29 y 32, indican respecto a la media en el oído derecho antes y después de vuelo un promedio y una mediana 80 daPa, una moda de 62 daPa antes de vuelo y posterior al mismo de 80 con una diferencia leve desplazada de 20 daPa. Un mínimo de 60 y un máximo 115 daPa que no presenta variación significativa bilateralmente antes y después de vuelo, con un rango de 53 daPa. En el oído izquierdo antes y después de vuelo un promedio, una mediana y una moda estadísticamente igual con un valor de 83 daPa. Lo que sugiere que también estadísticamente no representa cambios significativos. La variancia presento leve aumento posterior a vuelo, desviación estándar 12 y un error típico de 1,7 que se mantienen igual.

En las tablas 30 y 33 se demuestra que para la variable gradiente oído derecho antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 se encuentra entre los intervalos (77,34 y 85,00 y 83,89 y 91,85 daPa) con una diferencia mínima de 8 daPa para 14 individuos antes de vuelo y de 15 posterior a vuelo en ese rango de intervalos (gráficos 30 y 34) y una frecuencia relativa h_1 de 25,47% y de 27,27 % respectivamente con una diferencia mínima de 2% (gráficos 32 y 36).

Para concluir con las variables, en las tablas 30 y 33 se demuestra que para la variable gradiente oído derecho antes y después de vuelo se encuentra que para la frecuencia absoluta n_1 se encuentra entre los intervalos (71,22/79,33 y 69,67/77,34 daPa) con una diferencia mínima de 6 daPa para 13 individuos antes de vuelo y de 14 posterior a vuelo en ese rango de intervalos (gráficos 31 y 35) y una frecuencia relativa h_1 de 23,64% y de 25,45% respectivamente con una diferencia mínima de 2% (gráficos 33 y 37).

De acuerdo a los resultados en la tabla 35 se puede analizar que utilizando las fórmulas de diferencia de medias que se da entre la media y la varianza y las hipótesis sugeridas para este objetivo como son *la hipótesis nula $H_0 = \text{Gradiente}_2$ (después de vuelo) es =*

igual a Gradiente_1 (antes de vuelo) y la hipótesis alternativa $H_1 = \text{Gradiente}_2$ (después de vuelo) es > mayor a Gradiente_1 (antes de vuelo), se acepta la hipótesis nula, indican que en los valores generales, no se encontró una variación significativa entre los oídos derechos e izquierdos antes y después de evaluados respecto a la media, la presión asociada con un 50% de la elasticidad pico, corresponde a la diferencia de presión entre dos puntos (X e Y) de la curva timpanométrica en la cual la compliancia corresponde a la mitad del punto de máxima compliancia los valores de normalidad los cuales son 50-110 daPa para adultos. (Aliaga 2014).

Tabla 35 Resultados de hipótesis nula y alternativa de la variable Gradiente antes y después de vuelo del oído derecho e izquierdo.

H ₀ : Gradiente ₂ = Gradiente ₁		
GRADIENTE	H ₁ : Gradiente ₂ > Gradiente P ₂	
	OÍDO DERECHO	
	ANTES	DESPUÉS
Media	86,468	79,019
Varianza	152,166	183,917
n	55	55
Zp	-3,013	
IC(95%)	1,64	
Decisión	Ho Se Acepta	
	OÍDO IZQUIERDO	
	ANTES	DESPUES
Media	82,425	84,830
Varianza	169,350	181,987
n	55	55
Zp	0,952	
IC(95%)	1,64	
	Ho Se Acepta	

5.8 Análisis con estadística de regresión

Determina que el conjunto las variables del gradiente, compliancia, presión y gradiente antes y después vuelo de la muestra analizada tiene una correlación de 66% en donde el 44 % se da por falta de inclusión de variables.

Explicación de las variables dentro del modelo de regresión donde las 4 variables a estudio dan a conocer que la variable continua de la presión en el oído derecho e izquierdo antes y después de vuelo antes y después de se explica en tan solo en un 66 % que es en estadística la varianza explicada y la no explicada es del 44%. Por lo tanto, se concluye que hacen falta incluir variables o interrelacionar las variables a fin de tener un modelo de predicción más exacta y que permita dar a conocer el estado de la funcionalidad del oído medio en funcionarios que están expuestos a cambios de altura.

Tabla 36 *Estadística de modelo de regresión comparación variables volumen físico del canal compliancia, presión y gradiente.*

<i>Estadísticas de la regresión</i>		<i>%</i>
Coeficiente de correlación múltiple	0,66492517	66
Coeficiente de determinación R ²	0,442125482	44
R ² ajustado	0,330550578	33
Error típico	11,01054522	
Observaciones		55

DISCUSIÓN

Esta investigación es una de las primeras que se realiza en el Servicio Aéreo de la Policía Nacional de Colombia, Compañía Aérea de Guaymaral, con el fin de caracterizar la funcionalidad del oído medio, teniendo en cuenta la importancia de los exámenes auditivos complementarios que permitan realizar protocolos y una correlación entre las pruebas audiológicas básicas para mejorar y favorecer las acciones que ejecutan en el área de audiología clínica y ocupacional del Servicio de Medicina de Aviación y Fisiología del Vuelo.

La caracterización de las timpanometrías en la Compañía aérea de Guaymaral es un preámbulo para que se tome en cuenta la impedanciometría como prueba objetiva que permita a futuro asesoramientos desde la especialización de audiología en entidades dedicadas a la profesión de Pilotos y/o personal que cumpla funciones de vuelo, sugerir este protocolo para la incorporación del personal, adquisición de licencias de vuelo por primera vez y renovación de las mismas, generando impacto frente a la salud auditiva y la óptima funcionalidad del oído medio, con exámenes más específicos que se integren a los realizados en la actualidad dado que se limitan por ser un tamizaje; en conclusión de lo anterior se podría dar diagnósticos acertados, incrementar las acciones de promoción y prevención de la salud auditiva.

La exposición a los cambios de presión es importante analizarla desde diferentes teorías y conceptualizaciones, poder realizar análisis mediciones timpanométricas en ámbitos laborales como el personal del servicio de aviación y aún más relevante en la Policía Nacional, dado que el régimen especial en salud en el que están inmersos, por lo tanto, cualquier lesión en el sistema auditivo requiere de un procedimiento especial. Es por ello que esta investigación busca minimizar estos riesgos y mejorar la calidad del servicio prestado a través de implementación de protocolos que disminuyan o prevengan alteraciones en la funcionalidad del oído medio.

Este estudio presenta los resultados de timpanometrías realizadas a 55 funcionarios integrantes de la Compañía Aérea de Guaymaral, teniendo en cuenta criterios de

inclusión, quienes antes de funciones de vuelo se ejecuta primera fase con datos de Historia Clínica, otoscopia y timpanometrías y segunda fase posterior a ejecución de vuelo, otoscopia y timpanometrías, resultados que serán discutidos a continuación.

Los datos estadísticos arrojados en esta investigación aun cuando no son estadísticamente significativos en las variables de analizadas como son el volumen físico del canal, la compliancia, la presión y el gradiente, da cuentan que no varían antes y después de vuelo, sin embargo, este estudio permitió comparar los valores establecidos por las diferentes normas internacionales como la establecida por la AEDA, que fue por la que se basó este proyecto, es así, que a partir de la anterior norma se puede nos permite validar el protocolo de inmitancia acústica del Servicio de Medicina de Aviación y Fisiología del Vuelo de la Compañía aérea de Guaymaral de la Policía Nacional de Colombia.

La variable volumen físico del canal presenta mínimas variaciones entre las frecuencias relativas y absolutas, se puede analizar que este los valores del mismo son más bajos en las mujeres donde establecen un rango de 0,58 ml y 0,75 ml, evidenciando un VFC en los hombres más amplios dado que se encuentran entre 0,72 ml y 1,07 ml, para esta muestra.

En la variable de compliancia de manera general se puede sintetizar que entre ambos oídos el oído izquierdo presenta unos rangos de movilidad timpánica un poco más elevados con una media de 0.84 ml en oído izquierdo de 0.74 ml oído derecho. Para determinar estos valores y establecer las posibles variaciones aun cuando sean mínimas entre ellos, sería necesario realizar estudios de comparación con datos sociodemográficos más específicos con una muestra más amplia.

Para el servicio de aviación policial y de medicina de avión y fisiología del vuelo, la variable de presión es importante analizarla dado que en ella se presentaron variaciones mínimas sin ser estadísticamente significativos, sin embargo, no se debe pasar por alto los rangos y los intervalos que se analizaron en la muestra y tienden a desplazarse hacia

presiones negativas, lo que generó cambios en el tipo de timpanogramas en algunos funcionarios después de vuelo. Lo anterior se pudo haber dado por:

1. La presión del oído puede cambiar debido a la altura que se manejó en la aeronave que fue de 2000 a 7000 pies, es un dato relevante que se presente cambios aun sean mínimos en la presión atmosférica y la presión del oído medio en personas con factores condicionantes como los pilotos. (Herranz 2008).
2. Landolfi en 2009 refiere es posible encontrar cambios timpanométricos en personas que son sometidas a cambios presión. Hallazgos mínimos encontrados en la muestra realizada a los 55 funcionarios de la compañía Aérea de Guaymaral.
3. Estos leves o mínimos cambios se pueden deber a autorotaciones generadas por la maquina dado que el descenso es de 1000 a 1500 pies el régimen por minuto y, al haber un cambio de 1500 a 2000 pies utilizado en la maniobra puede generar cambios de presión en el oído medio. Rodríguez 2010 precisa que cuando una maquina desciende, la presión atmosférica aumenta generando cambios en el oído medio.

Igualmente cabe destacar que debido a la poca variabilidad anteriormente expuesta no hay presencia de desviación típica en la variable gradiente ni antes ni después de vuelo, las variaciones son mínimas estadísticamente no significativas. Por otro lado tampoco hay presencia de variaciones significativas en el rango de valores mínimos y máximos en cada oído, en el cual como se ha mencionado anteriormente, es importante para futuras investigaciones tener en cuenta la ampliación de la muestra, clasificar la población por edad, genero, grado, horas de vuelo diarias y/o horas de vuelos totales, realizar comparación y correlación de las mismas entre las variables y poder utilizar modelos matemáticos acordes con las objetivos y las hipótesis que se planten.

CONCLUSIONES

Es importante y de gran relevancia conocer los factores de riesgo auditivo al que está expuesta la población vinculada a la compañía aérea Guaymaral, por sus labores específicas en la unidad de aviación. En la literatura encontramos mayor información y correlación de pérdidas auditivas por factores como la exposición a ruido, sin embargo, no podemos dejar de lado un elemento de gran importancia para tener en cuenta en una evaluación audiológica y más en la población de estudio. Los continuos cambios de presión, altitud y vibraciones a los que están expuestos los pilotos y personal de vuelo, está directamente relacionados con el correcto funcionamiento del oído medio.

Aun cuando hubo mínimos cambios en las variables de volumen físico del canal, compliancia, presión y gradiente, que no son estadísticamente representativos, de debe tener en cuenta que la presión que se maneja a nivel atmosférico puede generar cambios mínimos en los resultados, sin embargo, para el área de audiología puede ser factor relevante para determinar el seguimiento del funcionario junto con Médico especialista aeroespacial mientras se determina tratamiento a seguir.

La caracterización de las timpanometrías en la Compañía Aérea de Guaymaral es de gran importancia por el factor de cambios de altura que están expuestos a diario y por los años de la actividad profesional y como esta puede incidir en la funcionalidad del oído medio. Es así, como se sugiere implementar la impedanciometría como protocolo para los servicios que se prestan en el área de audiología en el servicio de Medicina de Aviación y Fisiología del vuelo. De esta manera poder prevenir alteraciones del sistema auditivo en general o que sean detectadas a tiempo y poder ar diagnósticos asertivos y guiar al usuario en las posibles deficiencias auditivas a través de los programas que presta la Dirección de Sanidad.

Para futuras investigaciones tener en cuenta variables sociodemográficas que aporten significativamente a estudios relacionados con el área específicas para poder establecer

hipótesis que den cuenta del estado y caracterización auditiva teniendo en cuenta proceso éticos avalados.

Se debe relacionar variables como la edad, genero, rango, horas de vuelo acumuladas, horas de vuelo previas al estudio, dado que a la presente investigación explica el 66 % donde la varianza explicada fue incompleto debido a falta de correlacionar e incluir variables sociodemográficas que permitan analizar la funcionalidad del oído medio que puede perder capacidad por posibles disfunciones debido a la profesión que ejecuta el personal de aviación.

El modelo explica un coeficiente de variación donde no se cumplen las hipótesis y se ve reflejado en el mismo, donde esta investigación puede ser el indicio para investigaciones que den cuenta de modelos más precisos, en el cual los instrumentos permitan establecer por grupos etarios la verificación a través de muestras pareadas posibles cambios en las impedanciometrías.

ANEXOS

1. anexo 1 consentimiento informado
2. anexo 2 protocolo de bioseguridad de prevención Covid 19
3. anexo 3 anamnesis audiológica
4. anexo 4 valoración otoscopia
5. anexo 5 grafica de Medición de timpanogramas



Anexo 1 Consentimiento informado

CARACTERIZACIÓN TIMPANOMÉTRICA DE UNA POBLACIÓN EXPUESTA A CAMBIOS DE ALTURA VINCULADA A LA COMPAÑÍA AEREA DE GUAYMARAL
Consentimiento informado

Bogotá, _____

Yo: _____ Identificado con CC No:

_____ de: _____ acepto a participar en la investigación

“*CARACTERIZACION DE TIMPANOMÉTRIAS A UNA POBLACIÓN EXPUESTA A CAMBIOS DE PRESIÓN VINCULADOS A LA COMPAÑÍA AÉREA DE GUAYMARAL*”; esta participación es con fines académicos y propios de la investigación, la cual implica las siguientes pruebas audiológicas: 1. **Otoscopia**

que es un procedimiento de primer nivel de atención que permite visualizar y evaluar el conducto auditivo externo y la membrana timpánica, con el objetivo de descartar o confirmar las diferentes patologías propias del oído. 2. **Timpanometría:** El Timpanograma es el resultado gráfico de la relación entre la complacencia de la membrana timpánica en relación a la variación de presión que se ejerce sobre ella; estos procedimientos no implican riesgos a nivel del sistema auditivo ni riesgos laborales.

Los resultados de las pruebas audiológicas, serán utilizados con fines investigativos, la cual se realizará en la compañía aérea **COMPAÑÍA AEREA DE GUAYMARAL**, la información será entregada a la misma y no podrá ser utilizada con fines diferentes a este consentimiento, así como tampoco serán publicados los datos personales de los participantes.

Cualquier inquietud será resuelta en el momento que se requiera y podrá tener información de los resultados de las pruebas audiológicas, del mismo modo los funcionarios podrán retirar su consentimiento de participación en el estudio en cualquier momento durante el proceso de investigación

Profesional; _____ No de documento: _____
de _____ Especialidad: _____.

En constancia de lo anterior firman:

FIRMA _____ No. De documento: _____ de _____

Nombre del profesional investigador: _____ RP: _____
FIRMA: _____

Anexo 2 Protocolo de bioseguridad.

PROCOLO DE BIOSEGURIDAD
MANEJO Y CONTROL DEL RIESGO DEL COVID 19
RECOLECCION DE LA INFORMACION

De acuerdo con el proyecto de investigación es necesario recolectar la información a través de protocolos de examen visual del conducto auditivo externo (otoscopia) , y protocolo de realización de timpanometrías, a los participantes de la investigación que corresponde a la fase III el proyecto “Caracterización timpanométrica de una población expuesta a cambios de altura vinculada a la Compañía aérea de Guaymaral”, se propone le siguiente protocolo de bioseguridad para el manejo y control del riesgo del covid 19, el cual se basa en la resolución 1721 del año 2020 del Ministerio De Salud Y Protección Social.

Adecuación:

1. Se garantiza un espacio abierto, aireado con buena ventilación e iluminación.
2. cuenta con baño, papel higiénico, agua, dispensador de jabón antibacterial, toallas desechables, papel higiénico, ara el uso correcto del mismo y para lavado de manos.
3. Suministrar alcohol glicerinado.
4. Mantener el distanciamiento adecuado para la realización de la anamnesis audiológica, otoscopia y la timpanometría. El personal a realizar la muestra deberá contar con los EEP requeridos dictaminados por la resolución 1721 del 2020

Preparación de los Elementos de Protección Personal (EPP)

El personal de salud asistencial, y de apoyo relacionado con la atención de la, deberán extremar en procura de reducir los riesgos para ellos mismos, sus familias y sus pacientes. Prestará servicios relacionados con la atención de la salud auditiva harán uso de los EPP según el consenso IETS-ACIN (7) que incluyen como mínimo:

- uniforme antifluido, cabello recogido, sin joyas ni aretes.
- Mascarilla quirúrgica uso adecuado cubriendo nariz y boca
- Visor, careta o monogafas
- Bata manga larga anti fluido
- Guantes no estériles
- De manera opcional: gorro

Medidas de desinfección y limpieza

Realizar la desinfección de los insumos a utilizar, otoscopio posterior a la utilización del mismo para cada paciente.

Desinfectar la punta de la probeta del impedanciometro posterior a la timpanometría.

Cambio de guantes posterior a la realización del examen de cada paciente, se desecharán caneca roja.

Otras medidas de seguridad

Usar correctamente el tapabocas y exigir a la persona a quien se le realizara la prueba el uso correcto del mismo cubriendo nariz y boca.

Lavarse las manos antes y después de cada recolección de la muestra.

Ingreso al consultorio:

Delegar un líder o un equipo para la coordinación del proceso de entrada del personal al consultorio.

Marcar el ingreso con menos 2 metros de distancia entre las personas.

Lavado de manos, posterior aplicación de alcohol

Establecer mecanismos para indagar acerca de síntomas antecedentes relacionados con el COVID-19 registrar la temperatura y auto declaración del Estado de salud.

Impedir el ingreso al personal que no tenga tapabocas.

Recibimiento en el consultorio por el profesional.

En el consultorio:

PACIENTE:

Uso de tapabocas obligatorio

Gel al ingreso,

Distancia 1 a 2 m

Higiene respiratoria: Saludo sin contacto

Firma consentimiento informado, anexo prevención Covid 19.

evaluación objetiva intervención directa intervención indirecta asesoría consejería promoción y prevención seguimiento.

lavado de manos al salir

PROFESIONAL AUDIOLOGO:

Lavado de manos al iniciar y finalizar la consulta y entre paciente y paciente

Uso de EPP: Mascarilla / tapabocas Monogafas Careta Guantes Bata desechable

Realizar la evaluación directa al paciente.

Finalizar la consulta: egreso del usuario.

Profesional:

Retiro de guantes

Lavado de manos profundo 60 segundos

Desinfección de insumos a utilizar para el siguiente paciente según protocolo de la entidad de área y superficies y materiales.

En consecuencia, con las anteriores manifestaciones, y después de haber sido declaradas todas mis dudas sobre las alternativas posibles y los riesgos asociados, autorizo y acepto, debidamente informado(a) sobre del riesgo de la infección COVID-19, recibir la atención de consulta programada electiva a ser realizada durante la Pandemia de Covid-19, por parte del profesional _____

No. _____ de

documento: _____ de _____

Especialidad: _____.

Anexo 3 Ficha de Anamnesis Auditiva



COMPAÑÍA AEREA DE AVIACION POLICIAL

DATOS DE IDENTIFICACION									
Fecha			Ciudad:			Grado:			
Nombres y apellidos:						Cedula:			
Fecha de nacimiento:						Edad:			
ANTECEDENTES a) Personales									
HTA	SI	NO	Diabetes	SI	NO	Hiperlipidemia/	SI	NO	
Sinusitis	SI	NO	Rinitis	SI	NO	Trastornos respiratorios	SI	NO	
PRESENTA ALGUNA PATOLOGIA DIAGNOSTICADA POR ORL SI NO CUAL:									
Toma algún medicamento SI NO Cual									
a) Otológicos:									
b) En cuanto a la siguiente sintomatología usted ha presentado									
Prurito	SI	NO	Otalgia	SI	NO	Otorrea	SI	NO	
Otorragia	SI	NO	Plenitud aural	SI	NO	Sensación de pérdida auditiva	SI	NO	
Otitis	SI	NO	Perforación timpánica	SI	NO	Barotitis/ Barotrauma	SI	NO	
Tinnitus	SI	NO	Vértigo	SI	NO	Autofonia	SI	NO	
OCUPACIONALES									
En caso que necesite igualar la presión en el oído que maniobra realiza:									
Extraauditivos ha presentado alguno de estos síntomas									
cefaleas	si	no	adormecimiento facial	si	no	dolor atm	si	no	
extralaborales									
Actividades acuáticas									
Uso de audífonos									

FIRMA: _____ **SELLLO:** _____

Basado de Otología de Rivas, J. (2007) Audiología de Gómez, O (2005)



Anexo 4 Valoración otoscopia

PABELLON AURICULAR									
	OIDO DERECHO					OIDO IZQUIERDO			
Normal	SI		NO			SI		NO	
Anormal	SI		NO			SI		NO	
CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO									
	OIDO DERECHO					OIDO IZQUIERDO			
NORMAL	SI		NO			SI		NO	
PERMEABLE	SI		NO			SI		NO	
ERITEMA	SI		NO			SI		NO	
INFLAMADO	SI		NO			SI		NO	
TAPON DE CERUMEN	SI	NO	TOTAL	PARCIAL		SI	NO	TOTAL	PARCIAL
CUERPO EXTRAÑO	SI			NO		SI		NO	
OTROS:									
MEMBRANA TIMPANICA									
						OIDO DERECHO		OIDO IZQUIERDO	
COLOR	PERLADO NORMAL								
	ERITEMA / VASCULARIZADA								
	AMARILLENTA								
POSICION	NORMAL								
	RETRAIDA								
	ABOMBADA								
TRASLUCIDEZ	TRASPARENTE								
	OPACA								
	PRESENCIA DE PLACAS CALCAREAS MONOMERICA								
INTEGRIDAD	INTEGRA								
	PERFORACION								

Basado de Otología de Rivas, J. (2007) Audiología de Gómez, O (2005).

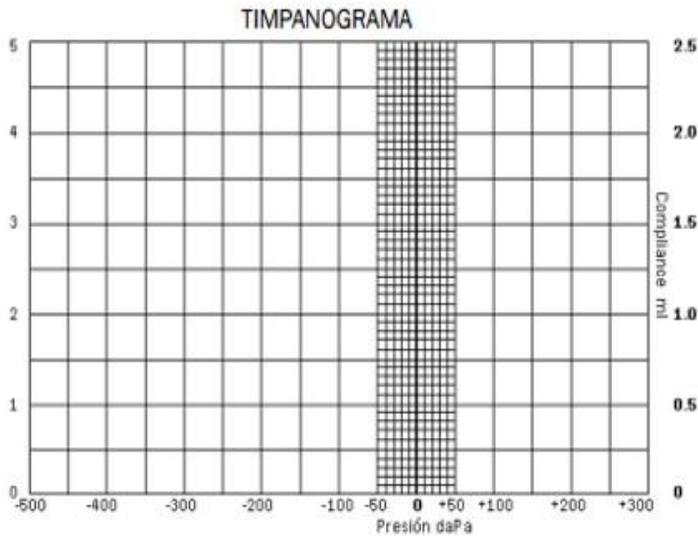


Anexo 5 Timpanometría

**COMPAÑÍA AEREA DE AVIACION POLICIAL
TIMPONOMETRIA**

NOMBRE Y APELLIDOS _____ CC: _____

226 HZ EQUIPO _____ CALIBRACION: _____



	OIDO DERECHO	OIDO IZQUIERDO
TIPO		
VFC		
COMPLIANZA		
PRESION		
GRADIENTE		

RESULTADOS:

FIRMA: _____ **SELLO:** _____

Tomado de AEDA (2004), Katz, J (2002) y STACH, B (1998). Imagen tomada de <https://xdocs.cz/doc/casos-clinico-integrados-para-clase-de-impedanciometria-1-copiapdf-x8qd4dmq7gow>.

IMPACTO Y PRODUCTOS ESPERADOS:

El impacto de esta investigación referente a la población estudio generará cambios a nivel del servicio de medicina de aviación en la base área de Guaymaral en el protocolo ejecutado en cuanto a las pruebas audiológicas realizadas en el servicio, para poder determinar no solo el estado auditivo a través de tamizajes si no ampliar el diagnóstico y poder verificar la funcionalidad del oído medio y los cambios a nivel timpanométricos que pueden sufrir por cambios de presión, arrojando un producto de posibles soluciones ante dicha caracterización.

Se realizarán actividades de promoción y prevención de la población escogida, minimizando futuros problemas auditivos, conllevando aspectos relevantes en habilitación de licencias de vuelo para la incorporación, vencimiento y cursos al exterior.

Se facilitará así mismo la disminución de procesos médicos laborales por determinantes auditivos de los funcionarios de la base aérea generando una mejor calidad de vida laboral y personal en sus entornos.

Productos: informe de proyecto, RAI y artículo de investigación postulado a una revista indexada.

REFERENCIAS

- AEDA. (2004) Normalización de las pruebas audiológicas (III): Análisis del oído medio. *Auditio* , 2 (3), 51–55. <https://doi.org/10.51445/sja.auditio.vol2.2004.0027>
- Aerospace Medical Association. Practice Guidelines. (2011). Eustachian tube dysfunction and otitis media.
- Almeida, M. (2019). Análisis del estado auditivo del personal militar del ejercito valorado en el dispensario médico de Tolemaida en 2017.
- Alvarez, P. (2018). Cartilla ética e investigación Ethics and Research. *Boletín virtual* 7 (2), 122-149.
- Aliaga, C, Coopman W, Robles R, Schifferli A, Estudio de la gradiente de brooks y ancho de timpanograma en población infantil entre 6 y 12 años de edad en dos escuelas de la comuna de Viña del Mar. 2014
- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. (1986) Principles of tympanometry. ASHA monographs.
- AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION. (1990)
- Amézcuca, L. (2004). Efectos Fisiológicos del Vuelo, Capitulo 3. 1999.
- Arriagada, Y. y Poulin, V. (2017). Estudio descriptivo de las características auditivas en personas que practican surf, en la región del Bío Bío. <https://repositorio.udd.cl/handle/11447/2092>
- Bachelet, V., Rada, G., Tealdi, J., (2013). La Nueva Declaración de Helsinki. Comentarios de varios eticistas latinoamericanos Declaración de Helsinki. *Salud y Fármacos*.
- Bargués Altimiraa, R. y Bargués Cardelús, R. Barotraumatismos otorrinolaringológicos. *Jano: Medicina y humanidades*, 2008;(1706), 29-34.
- Barra, B y Gallegos, K. (2016). Relación entre el estado auditivo, años de práctica y tiempo de inmersión en buceadores de la ciudad de Talcahuano, región del bío-bío, chile. [Tesis de pregrado, Universidad del Desarrollo]. Repositorio Institucional UDD. <https://repositorio.udd.cl/handle/11447/1284>
- Bejarano, M., Pulido, C., y Sánchez, Y. (2011). Caracterización de disfunción tubárica en pacientes con rinitis Corporación Universitaria Iberoamericana. [Tesis de grado, Corporación Universitaria Iberoamericana]. Repositorio Institucional Ulbero. <https://repositorio.iberu.edu.co/handle/001/588>

- Beltrán, J. Virós, B. y Orús, C. (2015) Bases anatómicas del oído y el hueso temporal. En Libro virtual de formación en Otorrinolaringología. SEORL PCF.
- Bernaola Alonso, J. y Ponce Molet, J. A. Los riesgos de la altitud y su prevención. Seguridad y salud en el trabajo, 2012;(68) 6-12.
- Betancourt , A. y Galofre, J. (2014). Anatomía funcional del oído externo y medio
- Bidón Gómez, U., Raposos, A. y Araujo, J. (2015). Semiología del oído (hipoacusia, vértigo, otalgia, acúfenos, otorrea y otros síntomas). En Libro virtual de formación en Otorrinolaringología. SEORL PCF.
- Boel, M. y Klokke M. (2007). Estudios Infecciones de las vías respiratorias superiores y barotrauma entre pilotos comerciales.
- Caputo, L. y Correa, M. A. (2018). Manejo del ruido en las tripulaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en las últimas dos décadas. Ciencia y Poder Aéreo, 13(1), 46-53.
- Cárdenas, M Cruz, E, Escobar, M, Monroy A. Regulación ética en investigación con seres humanos en Colombia proyecto financiado por el grant 1R25TW008186-01 del Centro Internacional Fogarty, Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América. S.f
- Caro, J. y San Martín, J. s.f. Anatomía y fisiología del oído. Otorrinolaringología. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cepeda, G, D; Arrieta, M, N. (2012). Estudio de seguimiento de las audiometrías de los años 2009, 2010 y 2011 de los pilotos de las fuerzas militares.
- Código De Núremberg Tribunal Internacional De Núremberg, 1947. <https://www.conicyt.cl/fonis/files/2013/03/EI-C%C3%B3digo-de-Nuremberg.pdf>
- Constitución Política de COLOMBIA 1991. <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- Cunliffe. (2004). Conceptos básicos de fisiología de aviación edición.
- Datos médicos para pilotos Publicación AM-400-95 / 2JR Brown y Melchor J. Antuñano, MD Preparado por: Administración Federal de Aviación División de Educación Aeromédica del Instituto Médico Aeroespacial Civil
- De la Torre, Triana M. (2010). Enfermedades vasculares periféricas y niveles de calidad de vida.
- Declaración De Helsinki De La Amm – Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>

Declaración Universal de los Derechos Humanos.
https://www.hchr.org.co/documentoseinformes/documentos/carceles/1_Universales/B%E1sicos/1_Generales_DH/1_Declaracion_Universal_DH.pdf

Decreto legislativo número 538 de 2020
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20538%20DEL%2012%20DE%20ABRIL%20DE%202020.pdf>

Dhaliwal S, Carter RE. Publicación de StatPearls; Treasure Island (FL): 26 de mayo de 2020. Evaluación aeroespacial de aptitud para el servicio.

Díaz F. En Med Mar: Exploración del estado del sistema del tímpano y los huesecillos: timpanometría. Aplicación a la patología subacuática [Formación Continuada SEMM]. Medicina Marítima. 1997 Dic; (1) 5: 239-243.

Escajadillo, J. (2014). Oídos, nariz, garganta y cirugía de cabeza y cuello. El Manual Moderno.

Fernández J y Magri-Ruiz Carlos. (2007). Exploraciones otorrinolaringológicas recomendables previas al inicio de actividades subacuáticas o aeronáuticas. Acta Otorrinolaringológica Española 58.

Fernández , J, -Fraga, C. Adaptación al medio hipobárico-hiperbárico en la esfera otorrinolaringológica. Filogenia Servicio de Otorrinolaringología. Hospital Son Llatzer.. Acta Otorrinolaringológica Esp. 2007.

Ferrer, F. (2002). "Consideraciones anatómicas del aparato auditivo"

Flores E, Carmona, P, Contreras P, Sánchez P Libro virtual de formación en ORL, exploración física del oído. Cap 6

Frederik Kragerud Goplen 1, Marit Grønning , Torbjørn Aasen , Stein Helge Glad Nordahl (2009). Efectos vestibulares del buceo: un estudio prospectivo de 6 años.

Fulton JF. (1994). Some factors affecting the incidence of the bends at altitude. Surgeon; 1944. p. 94 9

Gallagher NM, Marienau KJ, Illig PA, Kozarsky PE. Central Disease Control. (2012). (CDC) Health information international travel 2012. Chapter 6. Conveyance & Transportation Issues. CDC Health Information for International Travel 2012: The Yellow Book: pagina 470.

García, M, Llano Guinart, D. y Gutierrez, R. (2004). Barotraumatismos de oído y otros trastornos otológicos relacionados con el buceo.

- Gómez, B. (2004). Estudio de Correlación entre la Neumaticidad de las Celdillas Mastoideas del Oído Derecho y Oído Izquierdo. Ejercicio Privado de la Profesión en Salud Municipaliz ANUARIO SOCIEDAD DE RADIOLOGIA ORAL Y MAXILO FACIAL DE CHILE VOL.7 N° 1.
- Gómez, O. y Ángel, F. (2005). Audiología Básica /ed.Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, Bogotá Colombia.
- Gómez, R. y Gómez, J. (2007). Historia de las enfermedades del buceo y la aviación en otorrinolaringología Servicio de Otorrinolaringología. Pabellón 8. Hospital San Carlos. Madrid. España. Servicio de Otorrinolaringología. Hospital de Móstoles. Madrid. España.
- González González, Luis Oscar (2006). Impedanciometría. Acta Pediátrica de México, 27 (4), 171-172. [Fecha de Consulta 30 de Marzo de 2021]. ISSN: 0186-2391. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423640834001>
- González Salazar, L. (2011). Funcionalidad de la trompa de eustaquio. Gastrohnap, 13(3),13-17
- González, L., González, J., Muñoz, J., Pino, S. y Tello, A. (2018) Rangos de normalidad de la prueba de timpanometría para jóvenes entre 17 y 25 años, estudiantes de pregrado de la Universidad del Valle.
- González, M. (2011) Evaluación de los cambios en oído medio con timpanometría en pacientes de UCI. ISBN: 978-84-694-0320-4.
- Gorostidi, M. y Santamaría, S. (2015). Hipertensión Arterial Esencial, MEDISAN 2015; 19(5):675 Artículo De Revisión.
- Gorostiza AG, Ibáñez, JA, Jaranilla P, Sarrió, AE, Zurit, A. y Millán J. (2000). Tus pacientes también vuelan. Aspectos médicos de la aviación comercial. Semergen.25(9):806-817.
- Hamilton-Farrell M, Bhattacharyya A. Barotrauma. Injury. 2004;35(4):359-70.
- Hernández-Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Cap 2.
- Herranz González-Botas J, Fojón Polanco S, López Facal MS, Fernández Casabella C, García Casás M. (2008). Auditory threshold in professional divers not exposed to noise Acta Otorrinolaringol Esp. 2008 Feb;59(2):70-5.
- <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-385-de-2020.pdf>
- Hunter, L y Sanford, A. S.f. Timpanometría y banda ancha Inmitancia acústica

- Hurtado, J. y Montero, T. (2004). Introducción a la Patología. La Habana.
- Jerger J. (1970). Experiencia clínica con audiometría de impedancia. Arch Otolaryngol. 1970; 92 (4): 311–324. doi: 10.1001 / archotol.1970.04310040005002
- Jimeno , L. Leon, J. Trujillo, M, (2010) Polanco, M. Validacion de los protocolos de otoscopia, manejo del cerumen y weber audiometrico. Audiologia Hoy. Volumen 1.
- Jimeno , L. Leon, J. Trujillo, M, (2010) Polanco, M. Validacion de los protocolos de en audiometria tonal, logoaudiometría e inmitancia Acustica. Audiologia Hoy. Volumen 1.
- Katz, J. (2002). Basic Principles of Acoustic Immitance Measures. En J Katz, R.F. Brukard, L. Medwetsky. Handbook of Clinical Audiology (814 p). NY, Estados Unidos. Lippincott Williams & Wilkins.
- Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. (2017). Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: ananalysis of 306 divers. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2007;264(10):1243-51. Epub 2007 Jul 17.
- Koene E. (1985). Impedancia Acústica. Editorial Médica Panamericana, Pag. 43
- Kyeuz, G. Penschaszadeh, V. Saada, A. (2006). Ética de la investigación en seres humanos y políticas de salud pública / coord.Genoveva Keyeux. – Bogotá: UNESCO.
- Red Latinoamericana y del Caribe: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Genética, 2006348 p.ISBN: 958-701-745-51.
- Landolfi A, Autore A, Torchia F, Ciniglio Appiani M, Morgagni F, Ciniglio Appiani G. (2010). Ear pain after breathing oxygen at altitude: prevalence and prevention of delayed barotrauma. Aviat Space Environ Med. 2010;81(2):130-2.
- Landolfi A, Torchia F, Autore A, Ciniglio Appiani M, Morgagni F, Ciniglio Appiani G. (2009). Acute otitic barotraumaduring hypobaric chamber training: prevalence and prevention. Aviat Space Environ Med. 2009;80(12):1059-62.
- Leal, D., Quevedo, M., Morales, L, Núñez, G. y Orjuela, L. (2010). Caracterización del timpano grama multifrecuencia en población adulta con audición normal
- Leal, D., Quevedo, M., Nomesque, D. y Bejarano, K. Protocolo para el abordaje de patologías auditivas conductivas
- Legislación jurídica jerarquizada en el marco ético y moral que rige a Colombia y las áreas de la salud pública. [http://minjusticia.gov.co/Portals/0/Documentos%20Mauricio/Codigo%20etica%20\(2\).pdf](http://minjusticia.gov.co/Portals/0/Documentos%20Mauricio/Codigo%20etica%20(2).pdf).
- Ley 1374 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38688>

LEY 23 DE 1981 (18 de febrero) Por la cual se dictan Normas en Materia de Ética Médica.
file:///C:/Users/USUARIO%20PC/Downloads/DialnetLey23De1981PorLaCualSeDictanNormasEnMateriaDeEtica-5230994.pdf

LEY 376 DE 1997
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0376_1997.html

Losada, M. (2015). La aviación policial como apoyo fundamental a la convivencia y seguridad ciudadana mediante vigilancia y patrullaje aéreo. Universidad Militar Nueva Granada

M James, R verde. (2018) Encuesta de incapacitación de pilotos de aerolíneas; 47 (1): 66. doi: 10.1186 / s40463-018-0300-0.

Manrique, M y Marco, J. (2014). AUDIOLOGÍA. Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial.

Marulanda, M y Tovar, S. (2017) Caracterización del estado auditivo del personal del batallón de mantenimiento de aviones n° 1 división de aviación Ejército Nacional. Corporación Universitaria Iberoamericana.

Mateos C, Jiménez R. (2016). Sociedad Española de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello (SEORL-CCC) Los cambios bruscos de presión pueden provocar taponamiento de oídos.

https://pdf.medicalexpo.es/pdf/maico-diagnostics-gmbh/mi-34-analizador-oido-medio-data-sheet/69174-93212-_2.html

Michael J. Matthews 1, Michael F. Stretanski. (2021). Pilot Medical Certification. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan. PMID: 33620822 Bookshelf ID: NBK567745 5

Mirza S, Richardson H. Otic barotrauma from air travel. J Laryngol Otol. 2005;119(5):366-70.

Myamoto, R. (2020). Barotraumatismo del oído. MD, MS, Indiana University School of Medicine Última revisión completa jun. 2020

Moreno, A., Muñoz, M. y Navas, A. (2016) Barotraumatismo del piloto. ¿Puede ayudar la logopedia en estos casos? Reduca (Enfermería, Fisioterapia y Podología) Serie Logopedia. 8 (2): 1-11

Morgagni F, Landolfi A, Ciniglio M, Ciniglio Appiani G. S.f. Predictores de barotraumatismo auricular en tripulaciones aéreas expuestas a gran altitud simulada. doi: 10.3357 / asem.3255.2012

Orsello, C., Moore, J., y Reese, C. (2013). Sensorineural Hearing Loss Incidence Among U.S. Military Aviators Between 1997 and 2011. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 84(9), 975-979. doi: 10.3357/asm.3660.2013.

Padilla LM, Carrillo CA, Figueroa ZLM, Chaín CTJ, Corbalá FC, Haro GL, Ferráez TH. (2002) Análisis epidemiológicoocupacional del barotrauma ótico en buzos profesionales. *Rev Med IMSS* 2002; 40 (4): 359-363

Páez, P, A (2000) Posibles efectos del ruido, los cambios de presión atmosférica y la aceleración sobre el sistema auditivo vestibular del personal de vuelo de la Fuerza a Área Colombiana. Universidad Iberoamericana.

Pouso, J. (2002). Herramientas Estadísticas. (Artículo en línea). Disponible: http://mpinto.ugr.es/e_coms/p_es.html (Consulta: 2005, Abril 19)

Principios Éticos de la OMS <http://158.232.12.119/about/ethics/es/#principles>. Fuerza áreas colombana Colombia líder en medicina aeroespacial29 abril, 2019 by Dpto. Comunicaciones

Quintero Valencia, L., Marín, E. y Torres, N. (2018). Impacto de los trastornos auditivos en la población militar. Revisión sistemática de literatura, en el periodo 2007 a 2017.

Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. (2020). Normas para el otorgamiento del certificado médico aeronáutico. Enmienda 3

Resolución 1721 del año 2020 del Ministerio De Salud Y Protección Social.

Resolución 00707 1 Abril de 2015
<http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/Normatividad%20Aeronutica/RESL.%20%20N%C2%B0%2000707%20%20ABR%2001%20de%202015.pdf> . 1 intro 3

RESOLUCION 13437 DE 1991 <https://www.fecoer.org/resolucion-13437-y-resolucion-4343-de-2012/>

Resolución N° 008430 De 1993 (4 De Octubre De 1993)
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Resolución número 385
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-385-de-2020.pdf>

Rivas, Jose A, Ariza Hector. (2007). Tratado de otología y audiología, diagnóstico médico quirúrgico.

- Robles, A. Papel del otorrinolaringólogo en el buceo. *ORL Mexico* 2020. 80-91.
- Rivera Brenes, R. (2003). Entendiendo la timpanometría *Acta Pediátrica Costarricense*. 17 (1), 5-11.
- Rodríguez, C. y Rodríguez, R. (2003). *Neurootofisiología y audiolología clínica*. McGraw-Hill Interamericana. 220 p.
- Rodríguez, P. y Pérez, (2010) Ototubaritis en vuelo. *Mach*. 82: 62-64.
- Rosenkvist L, Klokke M, Katholm M. Upper. (2008). Respiratory infections and barotraumas in commercial pilots: a retrospective survey. *Aviat Space Environ Med*. 2008, 79 (10):960-3.
- Sánchez Fernández, J., A. Martínez Ibarquén, A. Sánchez del Rey y F. Santaolalla Montoya, Gil-Loizaga P. Campos Catalá. (2019). *Tratado de otorrinolaringología y patología cervicofacial*.
- Sánchez Terradillos, E., Pérez Sáez, J., Elisa Gil-Carcedo Sañudo. (2015). *Fisiología auditiva*. Libro virtual de formación en ORL.
- Sierra A, Rojas R. (2019). Condiciones de salud auditiva en la población de la escuela militar de aviación (emavi), cali –colombia, para los años 2017 – 2019.
- Solanellas Soler J. (2003). *Timpanometría. Impedancia auditiva: El impedanciómetro*. Curso de actualización Pediatría. Madrid: Exlibris Ediciones.
- Soto, E. Vega, R. Chávez, H. y Ortega, A. *Fisiología de la audición: la cóclea*. Instituto de Fisiología. Universidad Autónoma de Puebla. 24 p.
- Stach, B. (1998). *Clinical Audiology: cm Introduction*. Singular Publishing Group Inc, San Diego, California, 1*
- Stucker FJ, Echols WB. (1971). Otolaryngic problems of underwater exploration. *Milit Med* 1971; 136:896-899.
- Sukhmani Dhaliwal , Rachel E. Carter. (2020). Evaluación aeroespacial de aptitud para el servicio. En: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
- Toklu AS, Shupak A, Yildiz S, Aktas S, Ertracht O, Ay H, Adir Y, Cimsit M. (2005). Aural barotrauma in submarine escape: is mastoid pneumatization of significance? *Laryngoscope*. 2005;115(7):1305-9.
- Torres, A. (2008). *Alteraciones fisiológicas durante el transporte aéreo de pacientes*. Eduardo Contreras Z. ** 2008

Torres-Muros B, Delgado-Fernández MC, Perez-Arcos JA, Fernández-Ruiz E. Barotraumatismos. (2002).

Uzun C. (2005). Evaluation of pre-dive parameters related to eustachian tube dysfunction for symptomatic middle ear barotrauma in divers. *Otol Neurotol.* 2005;26(1):59-64.

Vásquez, R (2013). Perfil epidemiológico de la hipoacusia en un personal de ala rotatoria de la compañía Guaymaral (POLICIA NACIONAL DE COLOMBIA) Universidad Nacional.

Vásquez, R (2013). Perfil epidemiológico de la hipoacusia en un personal de ala rotatoria de la compañía Guaymaral (POLICIA NACIONAL DE COLOMBIA) Universidad Nacional.

Yañez C. (2010). Cross-hatching: a novel technique for Eustachian tuboplasty. Preliminary report. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;142(5):688-93. doi: 10.1016/j.otohns.2009.12.046.

Zhong-Yuan S, Xi-Wei T, Yan-Meng Z. (2003). Simulated high altitude diving experiment for the underwater construction operation. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2003;22(5):227-31.