SINDICATO DE PILOTOS LAN - CHILE

Acerca de la Radiación Cósmica para tripulaciones aéreas

La operación normal de aeronaves comerciales permite que éstas vuelen a grandes alturas (sobre 32.000 pies), grandes distancias y en algunos casos a grandes latitudes (sobre 60° de latitud).

La idea de este folleto preparado por el Sindicato de Pilotos LAN-Chile, es dar respuesta a las inquietudes de las tripulaciones aéreas en este tema.

1. La problemática de la radiación en la aviación

La Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) de las Naciones Unidas, en su publicación "Radiation, People and the Environment", en su capítulo 9, señala que "*Algunos trabajadores están expuestos a fuentes naturales de radiación, y en esas circunstancias se requiere acciones de supervisión y protección*" y continúa "*Con las relativamente altas dosis de radiación ionizante que se reciben en los vuelos por avión debido a los altos niveles de rayos cósmicos a las altitudes de vuelo, se requiere que las tripulaciones aéreas deben ser supervisadas al respecto*".

Por esta razón es que la Comunidad Europea, emitió el año 2013 la Directiva 2013/59/EURATOM, que señala en su artículo 35 N°3 que "*Los Estados miembros garantizarán que, cuando la dosis efectiva para la tripulación pueda superar 1 mSv por año, la autoridad competente exija a la empresa que tome medidas adecuadas*"
La misma Directiva de la Comunidad Europea indica que:
"*Tan pronto como una trabajadora embarazada informe de su embarazo …*" " *(se) garantizarán unas condiciones de empleo de la trabajadora embarazada tales que la dosis equivalente para el feto sea tan baja como sea razonablemente posible y que sea improbable que dicha dosis supere 1 mSv al menos durante el resto del embarazo.*"

2. ¿Qué es la Radiación Ionizante?

La Radiación Ionizante es la radiación electromagnética que tiene suficiente energía para que, al interactuar con un átomo, pueda lograr este átomo pierda un electrón haciendo que se "ionice".

El átomo ionizado que forma parte de una célula del cuerpo humano comienza a interactuar con otros átomos de la célula, causándole daños a esta célula.
Estas células dañadas pueden generar cáncer o daños en el ADN que se pueden transmitir a los descendientes.

Las ondas electromagnéticas que son **radiación NO-ionizante**, no tienen la suficiente energía para causar cáncer, son:

- Ondas de radio
- Microondas (hornos y radares)
- Radiación infrarroja (calor)
- Luz visible
- Radiación ultravioleta

Las ondas electromagnéticas que son **radiación ionizante**, que tienen la suficiente energía para causar cáncer, son:

- Rayos X (utilizados en medicina e industria)
- Rayos Gamma
- Rayos cósmicos o radiación cósmica.

3. ¿Cómo se mide la Radiación Ionizante?

La radiación ionizante se mide en dosis de radiación que el cuerpo humano recibe.
Las dosis de radiación se miden en milisieverts (mSv) o rem, que mide la dosis efectiva que toma en cuenta el tipo de radiación y la parte del cuerpo que ha sido irradiada.

1 rem = 10 mSv

En el caso de la radiación cósmica se considera que se ha irradiado todo el cuerpo.

4. ¿Qué es la Radiación Cósmica?

La radiación cósmica (o rayos cósmicos) es una radiación ionizante que proviene del espacio extraterrestre, y estos se dividen en:

- Rayos Cósmicos Primarios: radiación que viene del espacio extraterrestre, tanto desde fuera del sistema solar como de erupciones solares.
- Rayos Cósmicos Secundarios: radiación producida por la interacción de los rayos cósmicos primarios en la alta atmósfera con los átomos presentes, generando una cascada de radiación, que llega incluso hasta la superficie terrestre.

5. ¿Cuáles son los límites de radiación recomendados?

Los límites de radiación se dividen en Público y Personal Ocupacionalmente Expuesto.

El personal ocupacionalmente expuesto es aquel que se asume que trabaja expuesto a las radiaciones ionizantes y que ACEPTA ese riesgo a cambio de los beneficios de su trabajo.
Los límites vigentes en Chile, desde 1985, son:

- **Trabajadores expuestos: 50 mSv/año**
  - En el caso de mujeres en edad de procrear: No sobrepasar 12.5 mSv/trimestre
  - En caso de mujeres embarazadas: No sobrepasar 5 mSv/período de gestación
- **Público general: 5 mSv/año**

Los organismos internacionales de protección a la radiación recomiendan, desde 1990, modificar los límites a los siguientes:

- **Trabajadores expuestos: 20 mSv/año (promediado en 5 años)**
  - En caso de mujeres embarazadas: No sobrepasar 2 mSv en el período de gestación, con máximo de 0.5 mSv /mes.
- **Público general: 1 mSv/año**

Esta recomendación ha sido aceptada por la FAA y por la Comunidad Europea.

6. ¿Cuáles son los riesgos de recibir radiación ionizante?

La principal preocupación de salud debido a las dosis de radiación que reciben las tripulaciones de aviones, AUMENTAN los riesgos de un cáncer.

En la siguiente Tabla se presenta el aumento del riesgo de contraer un cáncer fatal por el aumento de la radiación recibida durante la exposición ocupacional.

mSv	Riesgo	mSv	Riesgo
2	1 en 13.000 (0,008%)	20	1 en 1.300 (0,08%)
3	1 en 8.300 (0,01%)	30	1 en 830 (0,1%)
4	1 en 6.300 (0,02%)	40	1 en 630 (0,2%)
5	1 en 5.000 (0,02%)	50	1 en 500 (0,2%)
6	1 en 4.200 (0,02%)	60	1 en 420 (0,2%)
7	1 en 3.600 (0,03%)	70	1 en 360 (0,3%)
8	1 en 3.100 (0,04%)	80	1 en 310 (0,4%)
9	1 en 2.800 (0,04%)	90	1 en 280 (0,4%)
10	1 en 2.500 (0,04%)	100	1 en 250 (0,4%)

Tabla 1. *Aumento del riesgo de contraer un cáncer fatal por el aumento de la radiación recibida durante la exposición ocupacional.* (Ref. Friedberg, W., Copeland K., *"What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation",* Report DOT/FAA/AM-03/16, Oct.2003, Office of Aerospace Medicine FAA)

NOTA: Un riesgo de 1 en 3.600 de una dosis de 7 milisieverts significa que se espera 1 muerte de cáncer inducido por radiación por cada 3.600 personas que hubieran recibido una dosis de 7 milisieverts.

En la siguiente Tabla se presenta el aumento del riesgo de traspasar defectos genéticos a hijos por la exposición de uno de los padres a la radiación recibida antes de la concepción.

mSv	Riesgo	mSv	Riesgo
10	1 en 25.000 (0,004%)	110	1 en 2.300 (0,04%)
20	1 en 13.000 (0,008%)	120	1 en 2.100 (0,05%)
30	1 en 8.300 (0,01%)	130	1 en 1.900 (0,05%)
40	1 en 6.300 (0,02%)	140	1 en 1.800 (0,06%)
50	1 en 5.000 (0,02%)	150	1 en 1.700 (0,06%)
60	1 en 4.200 (0,02%)	160	1 en 1.600 (0,06%)
70	1 en 3.600 (0,03%)	170	1 en 1.500 (0,07%)
80	1 en 3.100 (0,04%)	180	1 en 1.400 (0,07%)
90	1 en 2.800 (0,04%)	190	1 en 1.300 (0,08%)
100	1 en 2.500 (0,04%)	200	1 en 1.300 (0,08%)

Tabla 2. *Aumento del riesgo de traspasar defectos genéticos a hijos por la exposición a la radiación recibida antes de la concepción.* (Ref. Friedberg, W., Copeland K., *"What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation",* Report DOT/FAA/AM-03/16, Oct.2003, Office of Aerospace Medicine FAA)

Ejemplo de uso de las tablas de riesgo.

A. Aumento de riesgo de contraer cáncer.

Supongamos que un tripulante trabaja 700 horas de vuelo al año por 25 años volando en la ruta de Santiago- Punta Arenas.
Se ha calculado que la radiación recibida en la ruta one-way SCL-PUQ es de 0,0028 mSv por hora de vuelo en esa ruta. En 25 años la dosis de ese tripulante será de:

25 años x 700 horas al año x 0,0028 mSv por hora de vuelo = 49 mSv

Según la Tabla 1, si el tripulante recibe 49 milisievert podría, en promedio, incurrir en un mayor riesgo de contraer un cáncer fatal de cerca de 1 en 500 (0,2%). Esta es una aproximación estimada.

B. Aumento de riesgo de traspasar defectos genéticos.

Supongamos que un tripulante trabaja 700 horas de vuelo al año por 5 años volando en la ruta de Santiago- Punta Arenas, ANTES de procrear.
Se ha calculado que la radiación recibida en la ruta one-way SCL-PUQ es de 0,0028 mSv por hora de vuelo en esa ruta. En los 5 años la dosis de ese tripulante será de:

5 años x 700 horas al año x 0,0028 mSv por hora de vuelo = 9,8 mSv

Según la Tabla 2, si el tripulante recibe 9,8 milisievert podría, en promedio, incurrir en un mayor riesgo de traspasar defectos genéticos a su descendencia de 1 en 25.000 (0,004%).
Hay que considerar que en la población general de 2 a 3% de los niños nacidos vivos tienen uno o más defectos genéticos al nacer.

7. ¿Qué estamos haciendo como Sindicato?

Respecto del tema de la Radiación Cósmica y como afecta a las tripulaciones, como Sindicato de Pilotos LAN Chile, hemos tomado las siguientes acciones:

A. Estudio preliminar de radiación cósmica recibida por pilotos en Chile

Para poder determinar la cantidad de radiación cósmica que reciben los pilotos, el SPL requirió que se efectuara un cálculo de las dosis recibidas por parte de los pilotos.
Para esto se efectuó el estudio al siguiente grupo:
- 3 pilotos Wide Body (2 con vuelos SCL-MEL)
- 2 pilotos Narrow Body

Se estudió la exposición a la radiación cósmica de los pilotos seleccionados en un período de 1 año calendario (año 2017), considerando el rol del piloto y los planes de vuelo de cada ruta.

Cada ruta one-way volada se analizó utilizando el programa computacional CARI-7 desarrollado por el Civil Aerospace Medical Institute de la FAA, que permite calcular la dosis recibida por una persona que vuele en una ruta específica y en una fecha específica:
- El programa toma en cuenta los cambios en altitud y ubicación geográfica durante un vuelo, como resultado del perfil de vuelo que se ingresa, de acuerdo con el Plan de Vuelo respectivo.
- Se ingresaron todos los detalles del Plan de Vuelo: Latitud, Longitud, Nivel de Vuelo y tiempo de vuelo en esas condiciones.

Con esa información se calculó la DOSIS EFECTIVA, y se efectuaron análisis para determinar cuáles son las rutas más expuestas a la radiación, llegando a un valor de radiación recibida POR RUTA.
Esto nos permite conocer cuanta radiación ionizante (en mSv) recibe cada tripulante en el año analizado.

El resumen de las dosis recibidas en mSv, en Vuelos One-Way en aeronaves Wide Body y Narrow Body se pueden ver en las siguientes tablas 3 y 4.

Origen-Destino	Max Altitud ft	Max Latitud, Grados	HH:mm	mSv (milisievert)	mSv/hora
SCL-MEL	40.000	80° S	13:39	0,08986	0,0066
SCL-MEL	40.000	69° S	13:55	0,08172	0,0059
SCL-AKL	38.000	65° S	11:53	0,06761	0,0057
SCL-MEX	43.000	33°S - 19° N	7:56	0,02311	0,0029
SCL-JFK	34.000	33°S - 40° N	9:31	0,02716	0,0029
SCL-GRU	39.000	33°S	3:05	0,00877	0,0028
SCL-LAX	38.000	33°S - 33° N	10:19	0,02842	0,0028
SCL-LIM	40.000	33° S	3:09	0,00810	0,0026
SCL-CUN	37.000	33°S	7:16	0,01834	0,0025
SCL-MIA	36.000	33°S - 25° N	7:35	0,01875	0,0025
IPC-PPT	38.000	27° S	5:01	0,01199	0,0024
SCL-BOG	37.000	33°S	5:28	0,01299	0,0024
SCL-EZE	39.000	34° S	1:28	0,00339	0,0023
SCL-MAD	38.000	33°S - 40° N	12:57	0,02848	0,0022
SCL-IPC	34.000	33° S	5:01	0,00893	0,0018

Tabla 3. *Dosis recibidas en Vuelos One-Way en aviones Wide Body, calculadas con el programa CARI-7.*

En la Tabla 3 se puede ver que las rutas más críticas son las transpolares (SCL-MEL y SCL-AKL), especialmente la que llega hasta una latitud de 80° S.
También son críticas las rutas como SCL-MEX, donde que se vuela a altitudes mayores a 36.000 pies por mayor tiempo.

Origen-Destino	Max Altitud ft	Max Latitud, Grados	HH:mm	mSv (milisievert)	mSv/hora
SCL-PUQ	35.000	53° S	2:55	0,00813	0,0028
SCL-GIG	37.000	33° S	3:44	0,01007	0,0027
CCP-PUQ	33.000	53° S	2:38	0,00679	0,0026
PMC-PUQ	35.000	53° S	1:48	0,00454	0,0025
SCL-LPB	36.000	31° S	2:42	0,00643	0,0024
SCL-BBA	35.000	45° S	1:59	0,00471	0,0024
SCL-IQQ	38.000	33° S	2:01	0,00461	0,0023
CCP-ANF	37.000	36° S	2:14	0,00509	0,0023
SCL-GYE	36.000	33° S	4:42	0,01040	0,0022
SCL-AEP	35.000	35° S	1:46	0,00382	0,0022
SCL-ARI	36.000	33° S	2:13	0,00475	0,0021
SCL-VVI	35.000	33° S	2:45	0,00586	0,0021
SCL-EZE	35.000	35° S	1:44	0,00362	0,0021
SCL-LIM	34.000	33° S	3:19	0,00676	0,0020
SCL-CJC	36.000	33° S	1:41	0,00336	0,0020
SCL-ANF	36.000	33° S	1:37	0,00317	0,0020
SCL-PMC	35.000	41° S	1:23	0,00264	0,0019
SCL-ZOS	35.000	40° S	1:17	0,00234	0,0018
SCL-ZCO	33.000	39° S	0:57	0,00153	0,0016
SCL-COR	35.000	33° S	1:09	0,00185	0,0016
BBA-PMC	32.000	45° S	0:56	0,00144	0,0015
SCL-MDZ	25.000	33° S	0:39	0,00046	0,0007

Tabla 4. *Dosis recibidas en Vuelos One -Way en aviones Narrow Body, calculadas con el programa CARI-7.*

En la Tabla 4 se puede ver que las rutas más críticas son las que llegan a Punta Arenas (SCL-PUQ, CCP-PUQ y PMC-PUQ), a una latitud de 53° S

Como resultado de este estudio, los datos para los 5 pilotos investigados son los siguientes:

Piloto	Cantidad de tramos volados one-way	Total de Dosis recibida al año (mSv)	Observaciones
Wide Body-01	116	**1,90**	Sin vuelos SCL-MEL
Wide Body-02	117	**2,15**	
Wide Body-03	125	**2,12**	
Narrow Body-01	384	**1,39**	
Narrow Body-02	335	**1,10**	2 meses con licencia médica

Es importante señalar que el límite de radiación para el público general es de 1 mSv al año

B. Estudio de Exposición de Dosímetros Personales

Se efectuará un estudio de exposición a la radiación cósmica utilizando dosímetros de cristal luminiscente, proporcionados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), los que serán entregados a pilotos seleccionados por un período de 6 meses para luego enviarlos a la CCHEN para su procesamiento y así obtener la información de dosis recibida.
La información recibida de parte de la CCHEN se contrastará con la que se calculará mediante el programa CARI-7, para los roles volados por los pilotos seleccionados para portar los dosímetros.
Se elegirán a 100 pilotos al azar, 30 de Narrow Body y 70 Wide Body, incluyendo a todos los pilotos de sexo femenino.

A los pilotos seleccionados se les entregará un instructivo de cómo mantener el dosímetro durante los vuelos y cómo informar los vuelos realizados.

C. Estudio de cálculo de dosis

Se efectuará un estudio similar al preliminar, a una muestra mayor de pilotos a los cuales se les calculará la exposición a la radiación cósmica en un período de 12 meses utilizando la aplicación CARI-7, considerando lo siguiente:
- Se incluirá a un tercio de los pilotos socios, separados por vuelos Narrow Body y Wide Body.
- La selección de quienes serán seleccionados será al azar en cada grupo indicado.
- Para cada uno de los pilotos seleccionados se deberá contar con el rol VOLADO de los últimos 12 meses.

Referencias:

1. ICRP (1990) "*1990 Recommendations of the International Commision on Radiological Protection",* Sección 5, párrafo (136), pp 33 y 34, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford.
2. Federal Aviation Administration (FAA), "*In-flight Radiation Exposure*", Advisory Circular N° 120-61B, 21.Nov.2014.
3. Directiva de la Unión Europea 2013/59/EURATOM, *"Por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes"*, 05.Dic.2013.
4. IAEA (International Atomic Energy Agency), *"Radiation, People and the Environment"*, Cap 9 Occupational Exposure, pp. 39-42, Feb.2004
5. Friedberg, W., Copeland K., *"What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation",* Report DOT/FAA/AM-03/16, Oct.2003, Office of Aerospace Medicine FAA.
6. Nicholas, J., Friedberg, W., Copeland K., *"Galactic Cosmic Radiation Exposure of Pregnant Aircrew Members II",* Report DOT/FAA/AM-00/33, Oct.2000, Office of Aerospace Medicine FAA.

Folleto informativo preparado por el Sindicato de Pilotos LAN Chile

Abril de 2018

v1.0