



OACI

Organización de Aviación Civil Internacional
Oficina para Norteamérica, Centroamérica y Caribe

NOTA DE INFORMACIÓN

GTE/24 — NI/09
19/07/24

**Vigésimo Cuarta Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio (GTE/24)
del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS)**
Ciudad de México, México, del 5 al 9 de agosto de 2024

**Cuestión 3 del
Orden del Día:**

**Revisión de resultados del análisis de Desviaciones de altitud importante (LHD)
y análisis del Modelo de riesgo de colisión (CRM)**

3.8 Presentación del CRM 2023 y un análisis de las causas que contribuyeron a estos riesgos en Regiones de información de vuelo (FIR) que presentaron un valor superior al Nivel deseado de seguridad (TLS) de la Evaluación de riesgo de colisión (CRA)

**INFORME DE MONITOREO DE SEGURIDAD VERTICAL PARA EL ESPACIO
AÉREO DEL CARIBE DE EE. UU. – 2023**

(Presentada por NAARMO)

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento proporciona el informe de monitoreo de seguridad vertical para el uso seguro continuo de la Separación Vertical Mínima Reducida (RVSM) en el Espacio Aéreo del Caribe de los Estados Unidos. Este espacio aéreo incluye las regiones de información de vuelo (FIR) de Miami, oeste de Nueva York y San Juan. La evaluación de la seguridad se ha realizado según la metodología avalada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este trabajo utiliza informes de gran desviación de altura (LHD) y datos de muestra de tráfico (TSD) para el año calendario 2023.

El propósito de este informe es comparar el desempeño real con los objetivos de seguridad relacionados con el uso continuo del RVSM. Este informe contiene un resumen de los informes LHD recibidos por la NAARMO para el año calendario 2023. Hay 63 sucesos reportados que representan 48 minutos pasados en un nivel de vuelo (FL) inesperado /incorrecto durante el año calendario 2023. Este informe también contiene una estimación del riesgo de colisión vertical. La estimación del riesgo de colisión vertical para el espacio aéreo supera el valor del nivel objetivo de seguridad (TLS) de 5.0×10^{-9} accidentes mortales por hora de vuelo.

<i>Objetivos Estratégicos:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad Operacional• Capacidad y eficiencia de la navegación aérea
<i>Referencias:</i>	<ul style="list-style-type: none">• OACI Doc 9574• OACI Doc 9937

1. Introducción

1.1 La Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO), un servicio delegado al Centro Técnico William J. Hughes cumple el rol de Agencia de Monitoreo Regional (RMA) para el uso continuo y seguro del RVSM en el espacio aéreo del Caribe de los Estados Unidos.

1.2 Este espacio aéreo consta de las regiones de información de vuelo (FIRs) de Miami, oeste de Nueva York y San Juan, y contiene operaciones de vuelo entre América del Norte y el Caribe. La FAA de EE. UU. es el proveedor del Servicio de Tráfico Aéreo (ATS) para este espacio aéreo. La NAARMO lleva a cabo actividades continuas de monitoreo de la seguridad del espacio aéreo para ayudar a garantizar el uso seguro continuo de la RVSM.

1.3 Este informe cubre el año calendario 2023. Dentro de este informe, el lector encontrará un resumen de los informes de gran desviación de altura (LHD) recibidos por la NAARMO y la correspondiente estimación del riesgo de colisión vertical. Se presentaron 63 informes de este tipo a la NAARMO para el año calendario 2023.

2 Discusión

2.1 Datos de muestra de tráfico

2.1.1 La NAARMO tiene acceso a los datos del Sistema de Gestión del Flujo de Tráfico (TFMS) y la Vigilancia Dependiente Automática - Transmisión (ADS-B) de la Administración Federal de Aviación (FAA) para el espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan. Los datos del ADS-B contienen datos frecuentes de posición de las aeronaves. Los datos TFMS proporcionan datos de posición de aeronaves proyectados basados en planes de vuelo presentados.

2.1.2 La fuente de datos de tráfico para la FIR oeste de Nueva York son los archivos y reducción de datos (DR&A) del sistema de automatización oceánica de Tecnologías Avanzadas y Procedimientos Oceánicos (ATOP) de la FAA. Estos datos contienen todas las posiciones de las aeronaves reportadas, así como las comunicaciones por radio de alta frecuencia (HF) piloto-ATC y los mensajes de comunicaciones por enlace de datos del controlador-piloto (CPDLC).

2.1.3 La Figura 2-1 muestra las ubicaciones de las posiciones de las aeronaves dentro de la FIR del oeste de Nueva York y los datos ADS-B para las FIR Miami Oceánico y San Juan del 1 al 9 de diciembre de 2023. El tráfico de Miami Oceánico y San Juan observado en los datos ADS-B se combinan con el tráfico del oeste de Nueva York observado en ATOP DR&A.

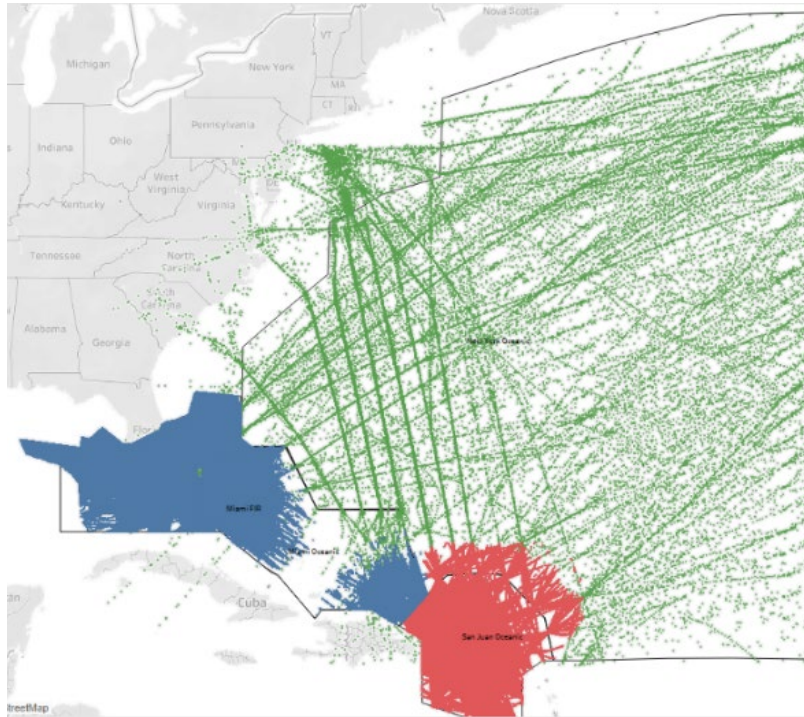


Figura 2-1. Operaciones de tráfico aéreo de las FIR Miami Océanico, oeste de Nueva York, San Juan – 1-9 de diciembre de 2023

2.1.4 La Figura 2-2 muestra el número promedio de operaciones de vuelo por mes para la FIR oeste de Nueva York durante los años calendario 2020 a 2023. Se esperan variaciones estacionales en el volumen de tráfico en el espacio aéreo. Normalmente, el período de alto tráfico en este espacio aéreo comienza en noviembre y termina en abril/mayo. La Figura 2-2 muestra que al final del año calendario 2023, los niveles de tráfico demuestran que se ha observado una recuperación sostenida.

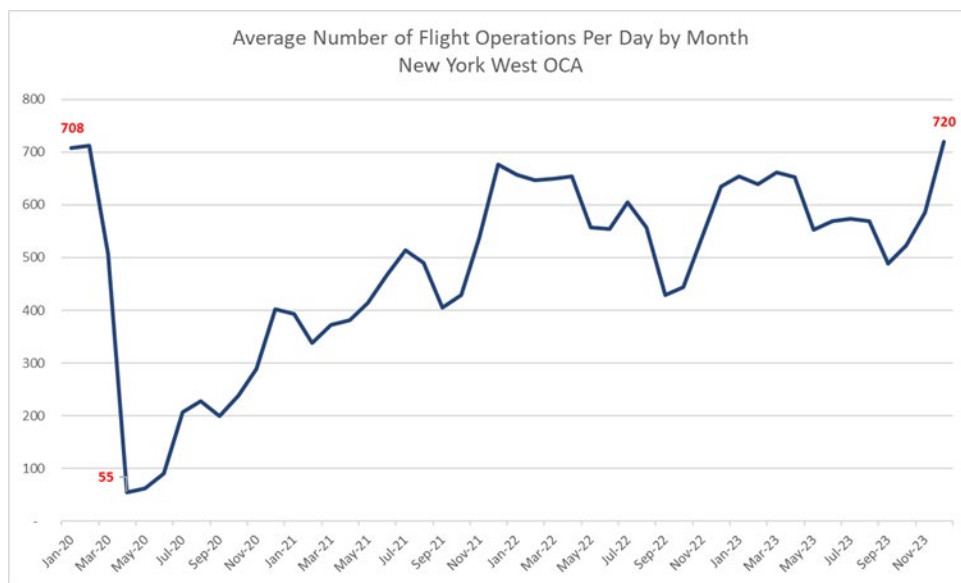


Figura 2-2. FIR Oeste de Nueva York, número promedio de operaciones de vuelo por día por mes – año calendario 2020 a 2023

2.1.5 La Figura 2-3 muestra el número de operaciones de vuelo por día para el año calendario 2023. El número promedio de vuelos por día para el año calendario 2023 es de 607 vuelos, esto es un aumento con respecto al promedio de 571 vuelos por día estimado para el año calendario 2022.

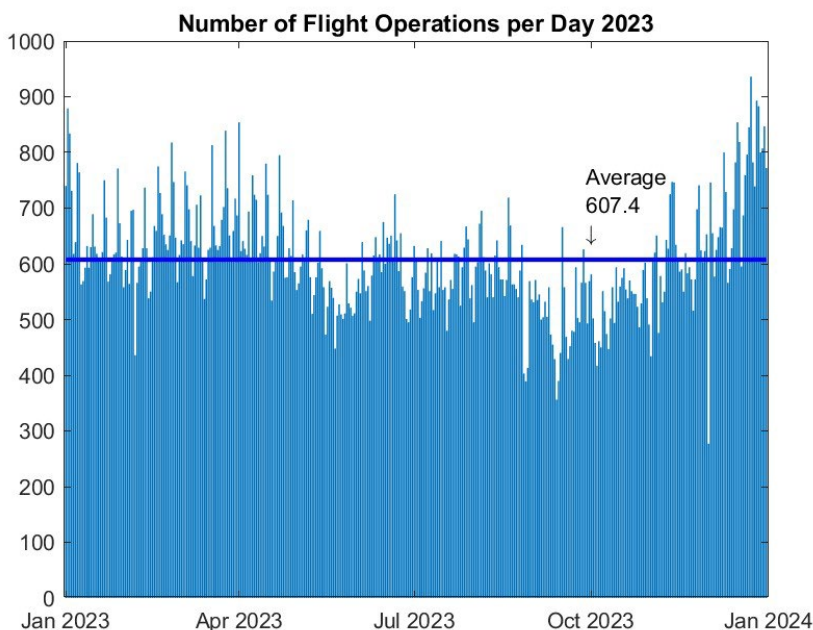


Figura 2-3. FIR oeste de Nueva York, Número de operaciones de vuelo por día – año calendario 2023

2.1.6 Desviaciones de altitud inportante (LHD) reportadas

2.1.7 La NAARMO utiliza la base de datos de informes y análisis de datos electrónicos completos (CEDAR) de la FAA, que contiene todos los informes de eventos potencialmente relacionados con la seguridad de varias fuentes internas de la FAA. Hubo 110 sucesos reportados revisados por el grupo de escrutinio para el espacio aéreo caribeño de Estados Unidos. El grupo de escrutinio está formado por expertos operativos de cada instalación de control de tráfico aéreo, representantes de Estándares de vuelo y seguridad del espacio aéreo de la FAA y expertos en análisis de seguridad de NAARMO. El grupo de escrutinio determinó que hubo 63 ocurrencias de LHD validadas durante el año calendario 2023.

2.1.8 Los 63 informes LHD validados están tabulados por mes y se muestran en la Tabla 2-1. La Tabla 2-1 incluye el número de informes, la duración del LHD y los niveles de vuelo cruzados sin autorización por mes. La revisión del grupo de escrutinio determinó una causa general para cada uno de los 63 informes LHD validados. La Tabla 2-2 resume los LHD notificados clasificados por causa general. Catorce de los 63 LHD reportados enumerados en la Tabla 2-2 son eventos de riesgo técnico. La mayoría (12) de los informes de riesgo técnico LHD son de categoría J, la tripulación de vuelo sigue correctamente el TCAS RA. Dos de los informes de riesgo técnico LHD son de categoría I, turbulencia u otras causas relacionadas con el clima. La duración asociada y/o los niveles de vuelo cruzados para los LHD de riesgo técnico no se incluyen en el cálculo del riesgo vertical operacional y no se muestran en la Tabla 2-2. Sólo los LHD notificados clasificados como riesgo operacional y su duración asociada en FL incorrecto y el número de FL incorrectos cruzados sin autorización ATC contribuyen a la estimación del riesgo operacional de colisión vertical.

Tabla 2-1. LHD validados – 2023

Mes	Conteo	Duración en FL inesperado(mins)	Número de FLs cruzados inesperadamente
Ene-23	3	2	0
Feb-23	3	6	2
Mar-23	19	3	10
Abr-23	5	4	2
May-23	0	0	0
Jun-23	3	1	0
Jul-23	5	0	7
Ago-23	6	0	6
Sep-23	4	31	0
Oct-23	3	1	1
Nov-23	7	0	5
Dic-23	5	0	0
TOTAL	63	48	33

Tabla 2-2. Informes LHD validados por causa – 2023

Código de categoría LHD	Descripción de la categoría LHD	Número de LHD	Duración en FL incorrecto (minutos)	Número de FL cruzados incorrectamente
A	La tripulación de vuelo no pudo subir/descender la aeronave según lo autorizado	5	0	7
B	Tripulación de vuelo ascendiendo/descendiendo sin autorización ATC	12	0	18
C	Operación incorrecta de equipos aerotransportados	1	1	0
D	Error de bucle del sistema ATC; (por ejemplo, el ATC emite una autorización incorrecta o la tripulación de vuelo malinterpreta el mensaje de autorización)	13	39.5	7
E1	Errores de coordinación (FL, tiempo, ruta incorrectos) en la transferencia de responsabilidad de control de una unidad ATC a otra unidad ATC como resultado de problemas de factores humanos	7	2	1
E2	Coordinación Negativa en la transferencia de responsabilidad de control de unidad ATC a unidad ATC como resultado de problemas de factores humanos	10	5.5	0
F	Errores de coordinación en la transferencia de responsabilidad de control de ATC a ATC como resultado de fallas de equipo o problemas técnicos	0	0	0
G	Evento de contingencia de aeronave que provoca una repentina incapacidad para mantener el nivel de vuelo asignado	0	0	0
H	Fallo del equipo a bordo que provoca un cambio de nivel de vuelo involuntario o no detectado	0	0	0

Código de categoría LHD	Descripción de la categoría LHD	Número de LHD	Duración en FL incorrecto (minutos)	Número de FL cruzados incorrectamente
I	Turbulencia u otras causas relacionadas con el clima.	3	0	0
J	Aviso de resolución del TCAS; tripulación de vuelo siguiendo correctamente el aviso de resolución	12	0	0
K	Aviso de resolución del TCAS; La tripulación de vuelo sigue incorrectamente el aviso de resolución	0	0	0
L	Una aeronave a la que se proporciona separación RVSM no está aprobada RVSM (por ejemplo, plan de vuelo que indica aprobación RVSM, pero aeronave no está aprobada, interpretación errónea del plan de vuelo por parte del ATC)	0	0	0
M	Otra	0	0	0
TOTAL		63	48	33

2.1.9 En 2023 se observó un aumento en el número de LHD reportados en comparación con los años anteriores. Este resultado se esperaba debido a la recuperación en curso de la pandemia de COVID-19 y el aumento asociado en la actividad de vuelos. La Figura 2-4 muestra la comparación de la cantidad de LHD En 2023 se observó un aumento en el número de LHD reportados en comparación con los años D validados, la duración y los niveles de vuelo cruzados sin autorización ATC para los años calendario 2018 a 2023. Las duraciones de los LHD en 2023 son comparables a las duraciones de los LHD reportados durante los años anteriores a COVID.

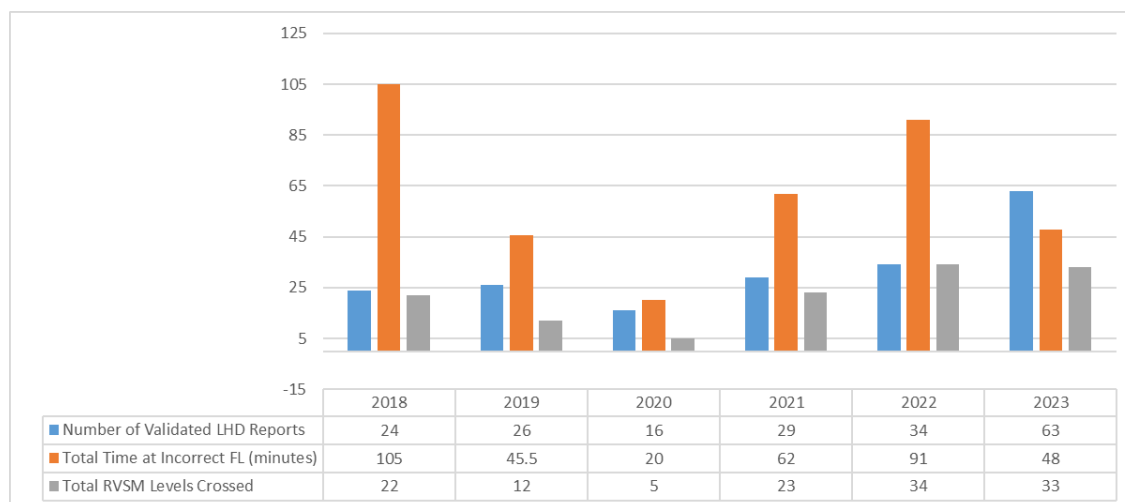


Figura 2-4. Informes LHD validados, años calendario 2018 a 2023

2.1.10 Informes de fallos de comunicación

2.1.10.1 Los sucesos notificados en el año calendario 2023 incluyeron muchos casos de fallas de comunicación. NAARMO recibió veinticuatro informes de fallas de comunicación; todos estos informes ocurrieron en el espacio aéreo caribeño de los EE. UU. que involucraban fallas de comunicación; las cifras por espacio aéreo se enumeran en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Informes de fallas de comunicación – 2023

Espacio aéreo	Número de informes de fallas de comunicación - 2023
FIRs Miami Océánico/San Juan	24
FIR Oeste de Nueva York	0
Total	24

2.1.11 Informes LHD importantes

2.1.11.1 La mayor contribución al riesgo vertical fue un evento de larga duración, de más de 20 minutos, dentro del área de control del océano oeste de Nueva York. Un error en el ingreso de datos durante la coordinación de un vuelo provocó que la aeronave volara por una ruta incorrecta. Este evento provocó que la aeronave operara dentro del espacio aéreo durante 31 minutos con información incorrecta en el sistema de automatización ATC, ocurrió en un horario de baja densidad de tránsito y no hubo evidencia de pérdida de separación. La categoría LHD asignada para este suceso es la categoría D.

2.1.11.2 La segunda mayor contribución al riesgo vertical provino de un incidente en el que se cruzaron 5 niveles de vuelo sin autorización ATC. En este caso, el piloto descendió para evitar las condiciones meteorológicas sin autorización y no de acuerdo con los procedimientos de desviación meteorológica. Este suceso tuvo lugar dentro de las FIR Miami Océánico/San Juan y fue asignado a la categoría B con una categoría secundaria I.

2.1.12 Los eventos LHD que conllevan riesgos operativos se dividen en dos áreas; aquellos que ocurren dentro del espacio aéreo del oeste de Nueva York y aquellos que ocurren dentro de las FIR Miami Océánico/San Juan. La Tabla 2-4 contiene el desglose de los eventos LHD operativos y las duraciones asociadas para cada área. La Figura 2-5 muestra las ubicaciones aproximadas de los LHD operativos en 2023. El tamaño de los círculos en la Figura 2-5 representa la estimación del riesgo de colisión vertical para los LHD informados.

Tabla 2-4. LHD operativos validados por área – 2023

Espacio aéreo	Número de LHD	Duración en FL inesperado (min)	Número de FL cruzados inesperadamente
FIRs Miami Océánico/San Juan	38	13	23
FIR oeste de Nueva York	11	35	10
Total	49	48	33

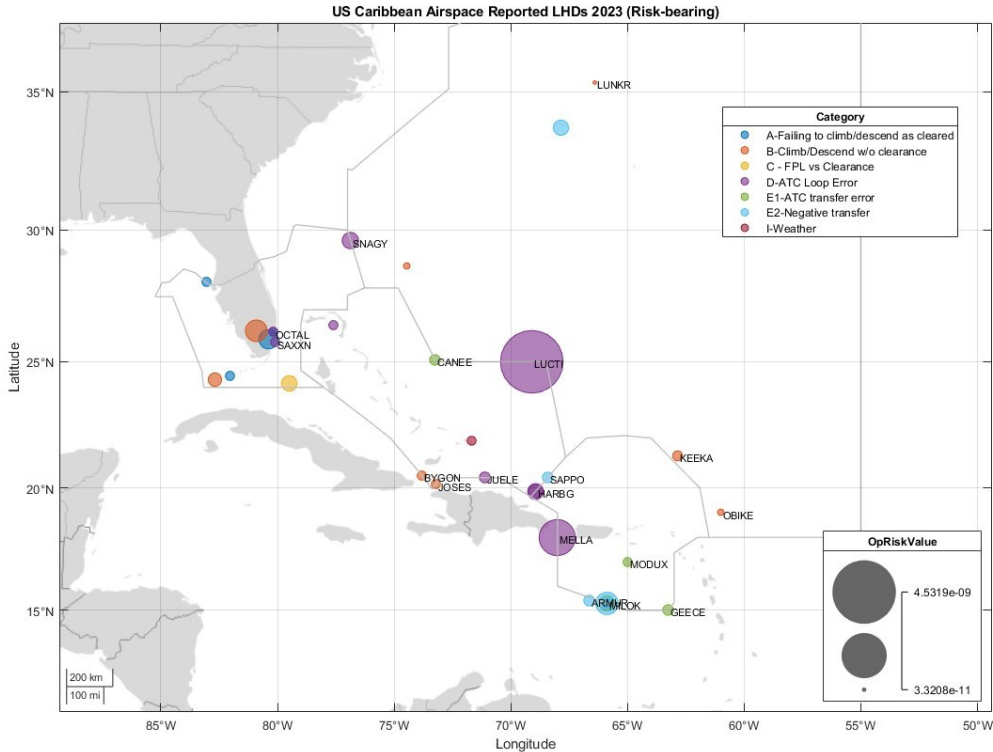


Figura 2-5. Ubicación aproximada de los LHD que asumen riesgos – 2023

2.1.13 Estimación del riesgo de colisión vertical

2.1.14 Esta sección del documento proporciona las estimaciones de los parámetros utilizados en el modelo de riesgo vertical de la OACI. La metodología del riesgo de colisión consiste en un modelo matemático para estimar el riesgo y compararlo con el criterio de seguridad, el nivel objetivo de seguridad (TLS). La sección también proporciona información sobre las fuentes de datos utilizados para estimar los parámetros del modelo de riesgo.

2.1.15 El TLS acordado internacionalmente para el estándar de separación vertical de 1,000 pies se especifica para el riesgo técnico y operativo por separado. El riesgo técnico vertical proporciona el riesgo asociado con los efectos de la turbulencia, la pérdida de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema para evitar colisiones en el aire, además de los errores que surgen de la altimetría de la aeronave y el desempeño del sistema de mantenimiento de la altitud. La estimación del riesgo operativo vertical proporciona el riesgo asociado con errores operativos. El riesgo por todas las causas es la suma de las estimaciones verticales de riesgo operativo y técnico. El TLS para el estándar de separación vertical de 1,000 pies se especifica como:

- el riesgo de colisión por todas las causas no supera los 5 accidentes fatales en 10^9 horas de vuelo y, simultáneamente,
- el riesgo de colisión debido a los sistemas de mantenimiento de altura de las aeronaves no supera los 2.5 accidentes fatales en 10^9 horas de vuelo

2.1.16 Con base en los datos de tráfico de diciembre de 2023, la NAARMO estima aproximadamente 744,216 horas de vuelo anuales para 2023 en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM. Esto representa un aumento promedio del 7 por ciento en las horas de vuelo en comparación con 2022.

2.1.17 La metodología aplicada en el cálculo del riesgo de colisión para el espacio aéreo divide el espacio aéreo en dos áreas. El espacio aéreo del oeste de Nueva York se considera por separado del espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan. Aunque las operaciones de las aeronaves son similares dentro de ambas áreas, la vigilancia y las comunicaciones ATC disponibles difieren. Además, existen diferencias en la fuente de datos de tráfico disponibles para las dos áreas. Las estimaciones de riesgo individuales para cada área se combinan para proporcionar una estimación del espacio aéreo utilizando las horas de vuelo anuales observadas dentro de cada área.

2.1.18 El espacio aéreo consta de una combinación de rutas paralelas y cruzadas; por lo tanto, el riesgo total se expresa como la suma de tres tipos básicos de riesgo de colisión de la siguiente manera:

$$N_{oz} = N_{oz}(same) + N_{oz}(opp) + N_{oz}(cross)$$

2.1.19 Los términos del lado derecho de la ecuación representan el número esperado de accidentes por hora de vuelo de aeronaves resultantes de colisiones de pares de aeronaves asignadas a niveles de vuelo adyacentes debido a la pérdida de la separación vertical planificada. Los tres términos del lado derecho se estiman a partir de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes que vuelan en la misma dirección en la misma ruta, $N_{oz}(same)$, en dirección opuesta en la misma ruta, $N_{oz}(opp)$, y en el cruce rutas independientemente de los rumbos relativos, $N_{oz}(cross)$.

2.1.20 Los modelos para los tres tipos diferentes de riesgo de colisión (en dirección opuesta, en la misma dirección y en rutas cruzadas) tienen básicamente la misma estructura. La estimación del riesgo operacional vertical para el tráfico en la misma dirección y en dirección opuesta se compone de dos partes: la que se debe al tiempo pasado en niveles incorrectos y la que se debe a los niveles que se transfirieron sin autorización.

2.1.21 Tipos de aeronaves observadas en las FIR Miami Océánico, oeste de Nueva York y San Juan.

2.1.22 La Figura 2-6 proporciona los principales tipos de aeronaves observados en los datos de tráfico de diciembre de 2023 por horas de vuelo. Las dos fuentes de datos de tráfico se mantienen en la figura; Los datos de tráfico de Miami Océánico y San Juan provienen del TFMS y los datos del oeste de Nueva York provienen de ATOP DR&A. Los tipos de aeronaves en la Figura 2-6 representan más del 75 por ciento del total de horas de vuelo observadas en el espacio aéreo. El Airbus A320 es el avión observado con más frecuencia en el espacio aéreo del oeste de Nueva York. El Boeing B738 es el avión observado con más frecuencia en el espacio aéreo de Miami Océánico y San Juan.

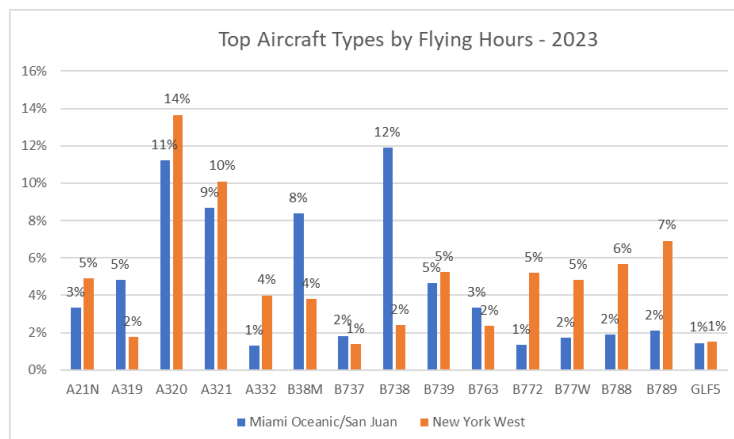


Figura 2-6. Tipos de aeronaves observados en términos de horas de vuelo en el espacio aéreo de Miami Océánico/San Juan e oeste de Nueva York - 2023

2.1.23 Tamaño de la aeronave

2.1.24 Los parámetros del modelo de riesgo de colisión (CRM) relacionados con el tamaño de la aeronave son: longitud, la envergadura de alas y altura. Estos parámetros se estiman directamente a partir de los datos de TFMS y ATOP DR&A de diciembre de 2023 y las especificaciones de aeronaves relacionadas. Las dimensiones promedias se calculan utilizando las dimensiones reales del tipo de aeronave multiplicadas por la proporción del tiempo total de vuelo observado para el tipo en la muestra de tráfico. Los parámetros CRM resultantes para la longitud, la envergadura de las alas y altura de la aeronave se presentan en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5. Estimaciones de parámetros de CRM para el tamaño de la aeronave

Espacio aéreo	Longitud λ_x (NM)	Envergadura de las alas λ_y (NM)	Altura λ_z (NM)
Miami Océánico/San Juan	0.0223 (135 ft)	0.0199 (121 ft)	0.0066 (40 ft)
Oeste de Nueva York	0.0270 (164 ft)	0.0249 (151 ft)	0.0076 (46 ft)

2.1.25 Frecuencias de adelantamiento vertical en la misma dirección, en la dirección opuesta y en el cruce de rutas

2.1.26 Los datos de tráfico se utilizan para estimar los valores de ocupación vertical del espacio aéreo. La Tabla 2-6 muestra estimaciones de ocupación vertical en direcciones iguales y opuestas para el espacio aéreo de Miami Océánico/San Juan y oeste de Nueva York en el año calendario 2023. Los datos muestran valores de ocupación vertical similares en 2023 en comparación con 2022.

Tabla 2-6. Estimaciones de ocupación vertical en dirección igual y opuesta

Espacio aéreo	Valor de ocupación vertical en la misma dirección	Valor de ocupación vertical en dirección opuesta
Miami Océánico y San Juan	0.0235	0.0756
Oeste de Nueva York	0.0292	0.1133

2.1.27 Probabilidad de superposición vertical atribuible al desempeño técnico de mantenimiento de altura y a los LHD informados

2.1.28 Se considera que el riesgo técnico RVSM surge de los efectos de la turbulencia, la pérdida de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema anticolidión de a bordo, así como de errores en la altimetría de la aeronave y en el funcionamiento del sistema de mantenimiento de altitud. Por lo tanto, la estimación de la probabilidad de superposición vertical debe tener en cuenta las contribuciones al error vertical que surgen de todas estas fuentes.

2.1.29 Las estimaciones del error del sistema de altimetría (ASE) y la desviación de altitud asignada (AAD) de las aeronaves se obtienen a partir de procesos de monitoreo de altura de las aeronaves desarrollados por NAARMO. Estos procesos requieren varios conjuntos de datos, incluyendo datos meteorológicos y datos de altura geométrica de las aeronaves. Los datos geométricos de las aeronaves se obtienen de los datos ADS-B o del sistema de la unidad de monitoreo de GPS (GMU). El control del ASE de aeronaves es uno de los principales objetivos del proceso de aprobación RVSM del Estado, el cual debe ser mantenido por los operadores en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM.

2.1.30 La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes, $P_z(1000)$, utilizada en la estimación del riesgo técnico vertical es 1.93×10^{-9} . La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo, $P_z(0)$, utilizada en la estimación del riesgo operacional vertical es 0.42.

2.1.31 Tiempo pasado en FL inesperado/incorrecto

2.1.32 La proporción de tiempo de vuelo pasado en niveles incorrectos, P_i , se determina como la relación entre la cantidad de tiempo pasado en niveles incorrectos y la cantidad total de tiempo de vuelo en el espacio aéreo durante el período en que ocurrieron los eventos de nivel de vuelo incorrecto. Los LHD que conllevan riesgos para el año calendario 2023 contienen 48 minutos de tiempo de vuelo a un nivel de vuelo inesperado.

2.1.33 La Tabla 2-4, proporcionada anteriormente en este documento, demuestra la duración en un nivel de vuelo inesperado/incorrecto para ambas áreas. La proporción de tiempo de vuelo pasado en un nivel de vuelo inesperado se estima para cada área utilizando los valores de la tabla y dividiendo por las horas de vuelo estimadas para cada área. Las horas de vuelo anuales estimadas para el espacio aéreo del oeste de Nueva York obtenidas de los datos de ATOP DR&A son 349,713 horas. Las horas de vuelo anuales estimadas para el espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan obtenidas de los datos combinados del TFMS son 394,501 horas de vuelo. Las proporciones de tiempo pasado en un nivel de vuelo inesperado son 1.0×10^{-4} y 0.3×10^{-4} para el espacio aéreo del oeste de Nueva York y Miami Oceánico/San Juan, respectivamente.

2.1.34 Parámetros del modelo de riesgo de colisión

2.1.35 Los parámetros individuales de los modelos, sus definiciones, estimaciones y fuentes se dan en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Estimaciones de parámetros del modelo de riesgo de colisión vertical – 2023

Término	Definición	Estimado	Fuente
$P_z(S_z)$	Probabilidad de que dos aeronaves nominalmente separadas por la separación vertical mínima S_z estén en superposición vertical.	1.93×10^{-9}	Valor utilizado en la estimación de riesgo vertical de CONUS de EE. UU.
$P_z(0)$	Probabilidad de que dos aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo se superpongan verticalmente.	0.42	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical para el espacio aéreo del Pacífico
$P_y(0)$	Probabilidad de que dos aviones en la misma ruta estén en superposición lateral.	0.1	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical para el espacio aéreo del Pacífico
λ_x	Longitud promedio de la aeronave.	0.0223 NM y 0.0270 NM	Estimado a partir de datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y oeste de Nueva York
λ_y	Envergadura promedio de las alas de un avión.	0.0199 NM y 0.0249 NM	Estimado a partir de datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y oeste de Nueva York
λ_z	Altura promedio del avión con el tren de aterrizaje retraído.	0.0066 NM y 0.0076 NM	Estimado a partir de datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y oeste de Nueva York
$E_z(\text{same})$	Ocupación vertical en la misma dirección para un par de aeronaves en niveles de vuelo adyacentes en la misma ruta.	0.0235 y 0.0292	Estimado a partir de datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y oeste de Nueva York
$E_z(\text{opp})$	Ocupación vertical en direcciones opuestas para un par de aeronaves en niveles de vuelo adyacentes en la misma ruta.	0.0756 y 0.1133	Estimado a partir de datos de tráfico de Miami Oceánico/San Juan y oeste de Nueva York
$ \overline{\Delta V} $	Velocidad relativa absoluta promedio a lo largo de la trayectoria entre aeronaves en rutas en la misma dirección.	13 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo nacional del Atlántico Norte, el Pacífico y los EE. UU.
$ \overline{V} $	Velocidad absoluta promedio sobre el terreno de la aeronave.	480 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo nacional del Atlántico Norte, el Pacífico y los EE. UU.
$ \overline{y} $	Velocidad transversal relativa absoluta promedio para un par de aeronaves nominalmente en la misma ruta.	5 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo nacional del Atlántico Norte, el Pacífico y los EE. UU.
$ \overline{z} $	Velocidad vertical relativa absoluta promedio de un par de aeronaves que han perdido toda separación vertical.	1.5 nudos	Valor utilizado en las estimaciones de riesgo vertical del espacio aéreo nacional del Atlántico Norte, el Pacífico y los EE. UU.

<i>F(NY)</i>	Horas de vuelo estimadas dentro de la FIR oeste de Nueva York.	349,102	Estimado de FAA ATOP DR&A para el espacio aéreo del oeste de Nueva York
<i>F(MS)</i>	Horas de vuelo estimadas dentro de las FIRs Miami Oceánico y San Juan.	394,500	Estimado a partir de datos TFMS para el espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan

2.1.36 Resultados y conclusiones

2.1.37 Los LHD que asumen riesgos se separan según la ubicación del evento. Los LHD que conllevan riesgos dentro del espacio aéreo del oeste de Nueva York se aplican a las horas de vuelo estimadas y los valores de ocupación vertical para el espacio aéreo del oeste de Nueva York. El mismo método se aplica a los datos del espacio aéreo de Miami Oceánico y San Juan. La Tabla 2-8 proporciona las estimaciones ponderadas para 2023 del riesgo vertical técnico y operativo para el espacio aéreo de Miami Oceánico, oeste de Nueva York y San Juan. La última fila de la Tabla 2-8 contiene la suma ponderada del riesgo de las dos áreas.

Tabla 2-8. Estimaciones de riesgo vertical para 2023 para el espacio aéreo de Miami Oceánico, oeste de Nueva York y San Juan ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))

Espacio aéreo	Técnico	Operacional	En conjunto
Oeste de Nueva York	0.04	5.45	5.49
Miami Oceánico y San Juan	0.03	6.60	6.63
Total	0.07	12.05	12.12

2.1.38 El riesgo técnico estimado en el espacio aéreo RVSM es de 0.07×10^{-9} accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh). Esta estimación está significativamente por debajo de 2.5×10^{-9} fapfh, que es la parte del TLS establecida como objetivo de seguridad para el rendimiento técnico de mantenimiento de altura.

2.1.39 La estimación del riesgo vertical operacional para el espacio aéreo RVSM 12.05×10^{-9} fapfh. La suma de este valor y la estimación del riesgo técnico para el espacio aéreo es 12.12×10^{-9} fapfh, que es mayor que el objetivo de seguridad general de 5.0×10^{-9} fapfh.

2.1.40 LHD reportados y riesgo vertical correspondiente

2.1.40.1 La mayor contribución a la estimación del riesgo vertical proviene de un LHD de categoría D con una duración de 31 minutos. La estimación del riesgo asociado con esta ocurrencia es 4.5×10^{-9} fapfh, un valor que es más de un tercio de la estimación del riesgo vertical general.

2.1.40.2 La Figura 2-7 muestra las estimaciones de riesgo vertical por categoría de LHD. La estimación del riesgo vertical asociado con los informes LHD de categoría D es 7.53×10^{-9} fapfh; la mayor parte de este valor de riesgo vertical se atribuye a la ocurrencia de 31 minutos. La siguiente categoría más grande en términos de contribución al riesgo vertical es la categoría E1.

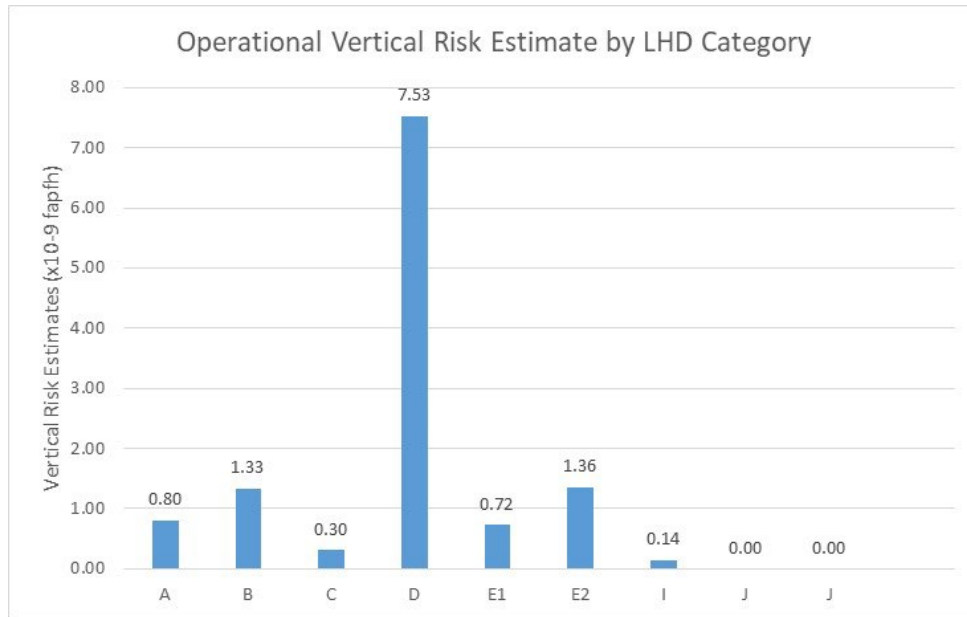


Figura 2-7. Estimaciones de riesgo vertical por categoría LHD ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))

2.1.40.3 La estimación del riesgo vertical estimada para 2023, que se muestra en la Tabla 2-8, es una disminución de la estimada para el año calendario 2022. La disminución en la estimación del riesgo vertical está directamente relacionada con el aumento en el tiempo pasado en niveles de vuelo inesperados, como se muestra en Figura 2-4. A modo de comparación, la Tabla 2-9 y la Figura 2-8 proporcionan las estimaciones de riesgo vertical para los años calendario 2018 a 2023.

Table 2-9. Vertical Risk Estimates for Miami Oceanic, New York West and San Juan Airspace ($\times 10^{-9}$ fatal accidents per flight hour (fapfh))

Año del calendario	Riesgo técnico	Riesgo operacional	Riesgo vertical en conjunto	TLS
2018	0.07	48.04	48.11	5
2019	0.07	20.67	20.75	5
2020	0.07	5.61	5.68	5
2021	0.08	14.28	14.36	5
2022	0.07	17.92	17.99	5
2023	0.07	12.05	12.12	5

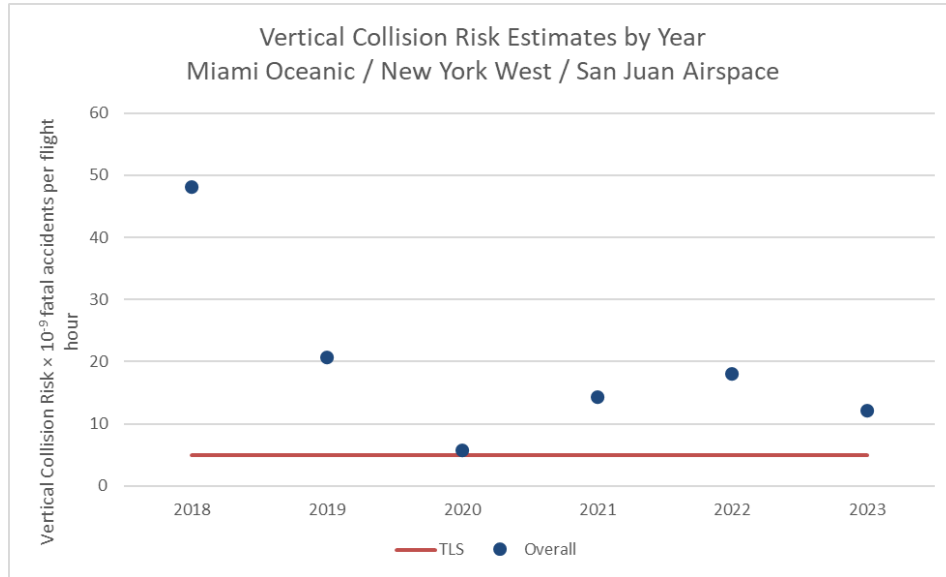


Figura 2-8. Estimaciones de riesgo vertical para el espacio aéreo de Miami Oceánico, oeste de Nueva York y San Juan ($\times 10^{-9}$ accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh))