



OACI

Organización de Aviación Civil Internacional  
Oficina Regional Sudamericana

NOTA DE ESTUDIO

GTE/21 — NE/09  
19/08/21

**Vigésimo Primera Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio del Grupo Regional de Planificación y Ejecución CAR/SAM (GREPECAS) GTE/21**  
Reunión en Zoom, 23-26 de agosto de 2021

**Cuestión 2 del  
Orden del Día:**

**Revisión de los resultados del análisis de Grandes Desviaciones de Altitud (LHD)**

**INFORME DE MONITOREO DE SEGURIDAD OPERACIONAL VERTICAL  
DEL ESPACIO AÉREO DE MÉXICO – 2020**

(Presentada por NAARMO)

**RESUMEN EJECUTIVO**

Esta Nota proporciona el informe de monitoreo de seguridad operacional vertical para el uso continuo y seguro de la separación mínima Vertical Reducida (RVSM) en el espacio aéreo de México. La evaluación de la seguridad se ha realizado de acuerdo con la metodología avalada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Este trabajo utiliza informes de grandes desviaciones de altura (LHD) y datos de muestras de tráfico para el espacio aéreo de México y GOMEX para el año calendario 2020. El propósito de este informe es comparar el desempeño real con los objetivos de seguridad relacionados con el uso continuo de la RVSM en el espacio aéreo de México. Este informe contiene un resumen de los informes de grandes desviaciones de altura recibidos por la NAARMO para el año calendario 2020. Se informaron diecisiete grandes desviaciones de altura en el año calendario 2020 para el espacio aéreo de México. Este informe también contiene una estimación del riesgo de colisión vertical. La estimación del riesgo de colisión vertical para el espacio aéreo de México cumple con el valor del nivel objetivo de seguridad (TLS) de  $5.0 \times 10^{-9}$  accidentes fatales por hora de vuelo.

<b>Acción:</b>	Se describe en la Sección 3
<b>Objetivos Estratégicos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguridad Operacional</li></ul>
<b>Referencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Doc 9574 - <i>Manual de Implantación de una separación vertical mínima de 300m (1000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive</i></li><li>• Doc 9937 - <i>Procedimientos y métodos operacionales para los organismos regionales de vigilancia en relación con el uso de una separación vertical mínima de 300 m (1 000 ft) entre FL 290 y FL 410 inclusive</i></li></ul>

## **1. Introducción**

1.1 México implementó la separación mínima Vertical Reducida (RVSM) entre el nivel de vuelo 290 y el nivel de vuelo 410, inclusive, en todo el espacio aéreo soberano y delegado de México el 20 de enero de 2005. De mutuo acuerdo, junto con México, Canadá y Estados Unidos, los Estados Trilaterales de Aviación de América del Norte, implementaron la RVSM simultáneamente en la misma fecha en todo el espacio aéreo de América del Norte.

1.2 La Organización de Monitoreo y Registro de Aprobaciones de América del Norte (NAARMO), un servicio proporcionado por el Centro Técnico de la FAA, cumple el rol de agencia de monitoreo regional (RMA) para el uso continuo y seguro de la RVSM en el espacio aéreo de América del Norte.

1.3 Este informe cubre el año calendario 2020. Dentro de este informe, el lector encontrará un resumen de los informes de grandes desviaciones de altura (LHD) recibidos por la NAARMO y la estimación del riesgo de colisión vertical correspondiente. La estimación de riesgo vertical resultante incluye partes del Golfo de México (GOMEX), el espacio aéreo nacional de México y el espacio aéreo marino/oceánico de México.

## **2. Discusión**

2.1 Muestra de datos del tráfico

2.2 La NAARMO aún no ha recibido una muestra de datos de tráfico (TSD) de diciembre de 2020 para el espacio aéreo de México. Estos datos incluirían observaciones de vuelo de cuatro centros de control de área (ACC): México (MMEX), Monterrey (MMTY), Mazatlán (MMZT) y Mérida (MMID). La información solicitada para cada operación de vuelo incluye la fecha, el distintivo de llamada de la aeronave, la marca de matrícula de la aeronave, el tipo de aeronave, el aeropuerto de origen, el aeropuerto de destino y la información de posición de la aeronave. Estos datos son necesarios para realizar el análisis de cumplimiento de tráfico RVSM (Auditoría RVSM).

2.3 La NAARMO tiene acceso al Sistema de Gestión de Flujo de Tráfico (TFMS) de la Administración Federal de Aviación (FAA), que incluye observaciones de aeronaves en el espacio aéreo de México. Cada registro de movimiento de tráfico dentro de la muestra de datos TFMS contiene la fecha, hora, latitud, longitud, nivel de vuelo, identificación de vuelo de la aeronave, tipo de aeronave, aeropuerto de origen y aeropuerto de destino. Los datos TFMS contienen estimaciones de posición frecuentes para cada vuelo; se proporciona una estimación de posición aproximadamente una vez por minuto. La Figura 2-1 presenta las posiciones de las aeronaves proporcionadas en los datos del TFMS para el 27 de diciembre de 2020.

2.4 Los diferentes colores que se muestran en la Figura 2-1 representan secciones de flujo de tráfico de las operaciones observadas en los datos TFMS. Las posiciones de las aeronaves observadas se colocan en uno de los tres flujos de tráfico. Partes de una operación de vuelo individual pueden aparecer en múltiples flujos de tráfico.

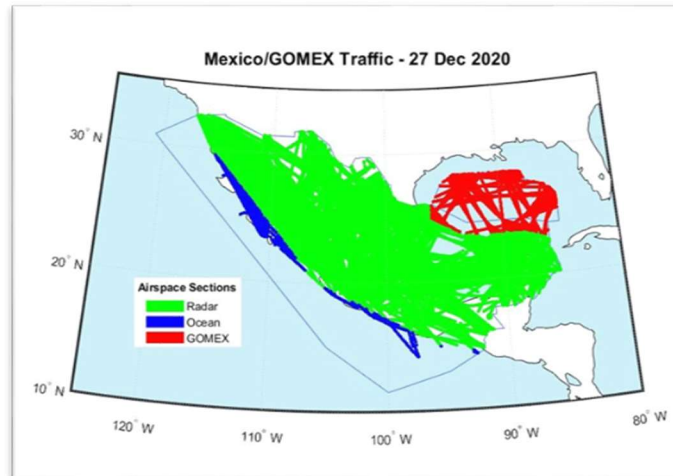


Figura 2-1. Datos de posición de aeronaves proporcionados en TFMS - 27 de diciembre de 2020

2.5 Los tres flujos de tráfico se basan en el volumen y los patrones de tráfico. Los tres flujos de tráfico incluyen una parte del Golfo de México (GOMEX), el espacio aéreo de México costa afuera/oceánico y el espacio aéreo interno de México. Estos tres flujos de tráfico se describen a continuación.

2.6 La porción del espacio aéreo del GOMEX considerada en este análisis incluye segmentos de vuelo que cruzan el límite de CTA/FIR Oceánica de Houston - FIR/CTA de México sobre el Golfo de México. En la Figura 2-1, estas son las operaciones que se muestran en color **rojo**.

2.7 El espacio aéreo marino/oceánico de México se refiere al tráfico aéreo observado sobre el Océano Pacífico donde la vigilancia por radar puede no estar disponible. En la Figura 2-1, estas operaciones se muestran en color **azul**.

2.8 El espacio aéreo nacional de México incluye todas las operaciones de aeronaves que no se consideran GOMEX ni espacio aéreo oceánico. La vigilancia por radar está disponible en el espacio aéreo nacional; en la Figura 2-1, las posiciones de estas aeronaves se muestran en color **verde**.

2.9 La Figura 2-2 muestra el número de vuelos por día en los datos TFMS para diciembre de 2020. La línea naranja horizontal representa el número promedio de operaciones de vuelo por día observado en la muestra de datos. El número medio de operaciones de vuelo por día observado en los datos de TFMS es de 2.469 vuelos por día. Este valor es un veinticinco por ciento más bajo que el observado en los datos de diciembre de 2019. Se espera que la variación en el número de operaciones de vuelo varíe mucho a lo largo del año calendario 2020 debido a la pandemia de COVID-19 y la reducción asociada en los viajes aéreos. Es posible que la instantánea de tráfico del mes de diciembre no represente la variación real en el volumen de tráfico que se produjo durante el año calendario 2020.

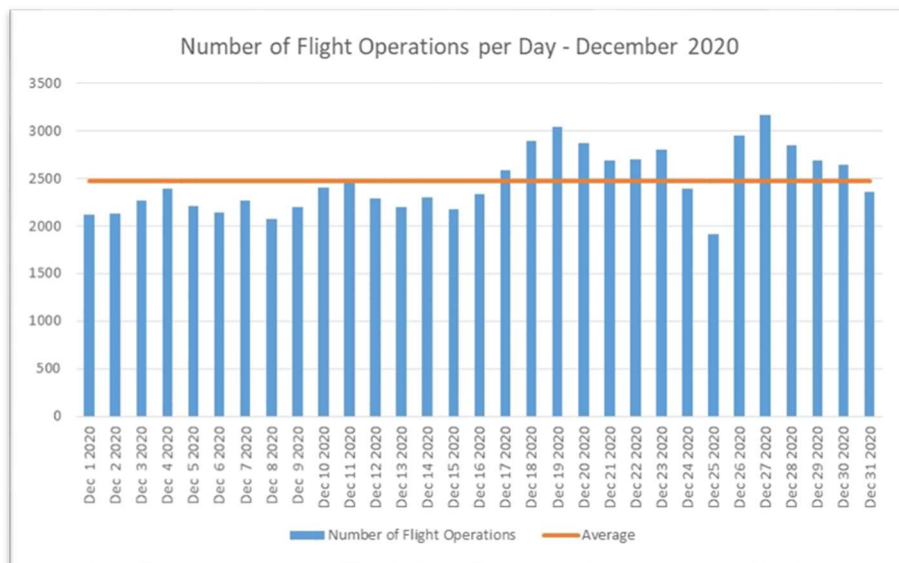


Figura 2-2. Número de operaciones de vuelo por día - diciembre de 2020

#### 2.10 Grandes Desviaciones de altura informadas (LHD)

2.11 La NAARMO recibe informes LHD mensuales para el espacio aéreo de México y GOMEX. Hubo diecisiete ocurrencias reportadas durante el año calendario 2020. Este total incluye seis ocurrencias reportadas de Houston CTA/FIR. Después de la revisión del grupo de escrutinio, se determinó que diez de los diecisiete sucesos notificados eran riesgosos. La Tabla 2-1 contiene un resumen de todos las LHD informadas calificados por mes. La última fila de la Tabla 2-1 muestra que hubo cinco minutos de tiempo de vuelo a niveles de vuelo inesperados/incorrectos y nueve niveles de vuelo cruzados sin autorización/incorrectamente.

Tabla 2-1. LHD reportados calificados para México y el espacio aéreo de GOMEX – 2020

Month	Count	Duration at Incorrect FL	Number of FLs Crossed
January 2020	3	1	0
February 2020	0	0	0
March 2020	2	1	1
April 2020	0	0	0
May 2020	0	0	0
June 2020	0	0	0
July 2020	2	1.5	0
August 2020	0	0	0
September 2020	0	0	0
October 2020	0	0	0
November 2020	3	1.5	8

<b>December 2020</b>	0	0	0
<b>Total 2020</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>9</b>

2.12 Un evento LHD con una duración de veinte minutos o más se considera un evento de larga duración. No se informaron eventos de LHD de larga duración en 2019 y 2020. En 2018, se informaron tres LHD de larga duración.

2.13 NAARMO no organizó revisiones de escrutinio virtual de los sucesos notificados entre Houston y México debido al bajo número de sucesos de LHD notificados. La confirmación de los LHD notificados se realizó por correo electrónico. NAARMO iniciará revisiones grupales de escrutinio para sucesos notificados en el año calendario 2021. Seis de los diez informes LHD implican errores de coordinación en la transferencia ATC (categorías LHD E y F). La Tabla 2-2 resume los informes de LHD calificados por causa.

Tabla 2-2. Informes LHD calificados por causa – 2020

LHD Category Code	LHD Category Description	Number of LHD	Duration at Incorrect FL	Number of FLs Crossed
<b>D</b>	ATC Loop Error	1	0	1
<b>E</b>	Coordination errors in the ATC -to-ATC transfer of control responsibility as a result of human factors issues	6	5	2
<b>F</b>	Coordination errors in the ATC -to-ATC transfer of control responsibility as a result of an outage or technical issues	0	0	0
<b>G</b>	Aircraft contingency event leading to sudden inability to maintain assigned flight level (e.g. pressurization failure, engine failure)	1	0	6
<b>I</b>	Turbulence or other weather related cause	2	0	0
	<b>TOTALS</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>9</b>

2.14 La Figura 2-3 muestra las ubicaciones aproximadas de las aeronaves de cuatro de los diez LHD informados calificados en 2020. El tamaño del círculo representa la duración en FL incorrectos o inesperados. Hay cuatro LHD reportados con una duración superior a cero en 2020.

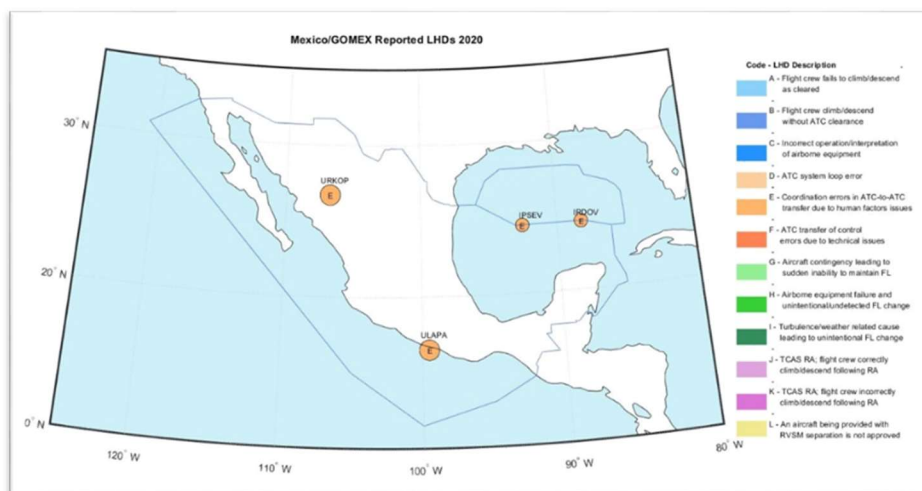


Figura 2-3. Informes LHD calificados - 2020

2.15 Los LHD notificados se resumen en los flujos de tráfico descritos en el párrafo 2.4. Los tres flujos de tráfico identificados incluyen GOMEX, espacio aéreo de alta mar/oceánico y nacional de México.

2.16 Espacio aéreo del GOMEX

2.17 Debido al bajo número de ocurrencias reportadas en 2020, la NAARMO no organizó teleconferencias grupales de escrutinio entre ATC de México y ATC de Houston para revisar los eventos reportados durante 2020. Hubo cinco LHD reportados para el flujo de tráfico de GOMEX en 2020. Los detalles de estos sucesos notificados se comunicaron a través de correos electrónicos. Tres de los cinco LHD notificados involucraban LHD de categoría E. La actual Carta de Acuerdo (LOA) para la transferencia de operaciones de aeronaves entre México y Estados Unidos requiere coordinación verbal en espacio aéreo no radar. Cuando los datos de vigilancia dependiente automática - transmisión (ADS-B) están disponibles en las instalaciones ATC de EE. UU. Y México, la LOA puede cambiar para permitir transferencias automáticas. La regla ADS-B de EE. UU. Entró en vigencia en enero de 2020; México indicó que se espera pronto el mandato ADS-B.

2.18 Los tres LHD de categoría E reportados en 2020 fueron una disminución con respecto a los catorce LHD reportados de categoría E en 2019 para el espacio aéreo GOMEX. La pandemia de COVID y las disminuciones relacionadas en los viajes aéreos fueron la razón principal de la disminución observada.

2.19 Los dos LHD restantes notificados en el espacio aéreo de GOMEX involucraron informes de turbulencia. Estos sucesos se clasifican como riesgo técnico. Los informes no incluyeron información sobre la desviación de altura.

2.20 Espacio aéreo oceánico/fuera de costa

2.21 No hubo LHD reportados dentro del flujo de tráfico oceánico en 2020. Esta es una disminución con respecto a los tres reportados en 2019.

## 2.22 Espacio Aéreo Nacional de México

2.23 Hubo cinco LHD reportados para el espacio aéreo de México en 2020. Tres de estos LHD reportados involucraron errores en la transferencia ATC de responsabilidad de control entre FIR adyacentes clasificados como categoría E. La duración total asociada con los LHD de categoría E fue de tres minutos.

2.24 Uno de los LHD reportados involucra un evento de contingencia (categoría G) con el piloto reportando un descenso de emergencia de F350 a F270, a través de seis niveles de vuelo.

2.25 La Figura 2-4 muestra la tendencia observada en el número de LHD reportados relacionados con causas ATC desde 2017 hasta 2020. Los datos muestran la disminución en el número de LHD reportados debido a causas ATC en el año calendario 2020.

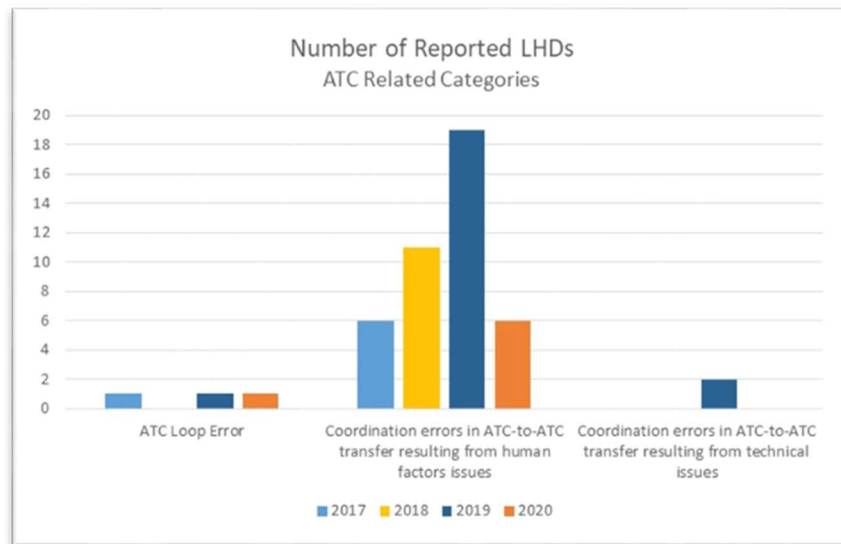


Figura 2-4. Tendencia observada en el número de LHD notificados: causas relacionadas con el ATC

## 2.26 Informes de fallas de comunicación

2.27 Se notificaron siete sucesos que especificaban fallas de comunicación entre el ATC y la aeronave durante un período de tiempo. Cinco incidentes informados de México y dos incidentes informados por el centro de Houston. No hubo indicios de desviación del piloto de la ruta autorizada o de la altitud durante el período de falla de comunicación. Debido a que no hubo indicios de desviación de la ruta o la altitud autorizadas, no hay ninguna contribución a la estimación del riesgo de colisión vertical.

2.28 La tendencia en el número de informes de fallas de comunicación ha disminuido. La figura 2-5 muestra la tendencia. El número de fallas de comunicación en el año calendario 2020 se ve afectado por la pandemia de COVID-19 y las reducciones relacionadas en los viajes aéreos

Figura 2-5. Número de fallas de comunicación notificadas por año

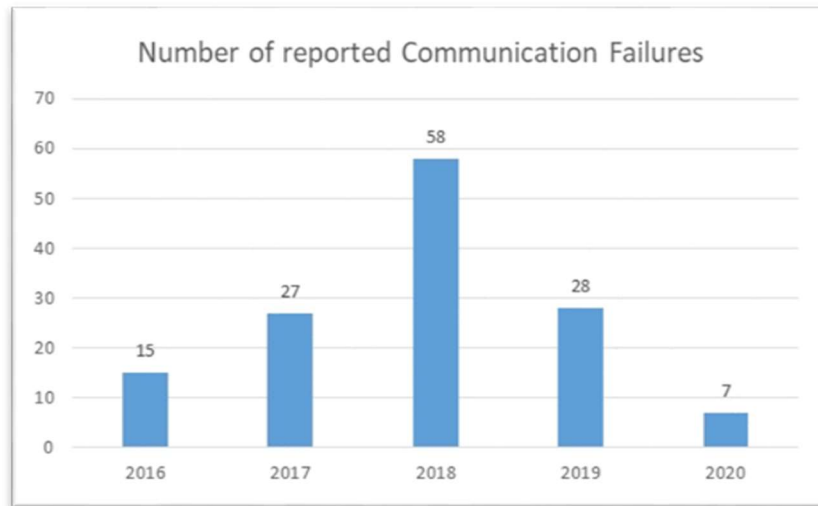


Figura 2-5. Número de fallas de comunicación notificadas por año

2.29 La Figura 2-6 muestra las ubicaciones asociadas con las fallas de comunicación informadas. Seis de las fallas de comunicación reportadas ocurrieron dentro del espacio aéreo del GOMEX. Hubo un informe en el espacio aéreo de vigilancia. La cantidad de minutos en los que ATC no pudo comunicarse con una aeronave fue de 258 minutos en el año calendario 2020. Esta es una disminución significativa con respecto a años anteriores, en el año calendario 2019, hubo veintiocho informes de fallas de comunicación que representan 842 minutos en los que ATC no pudo comunicarse con un avión.

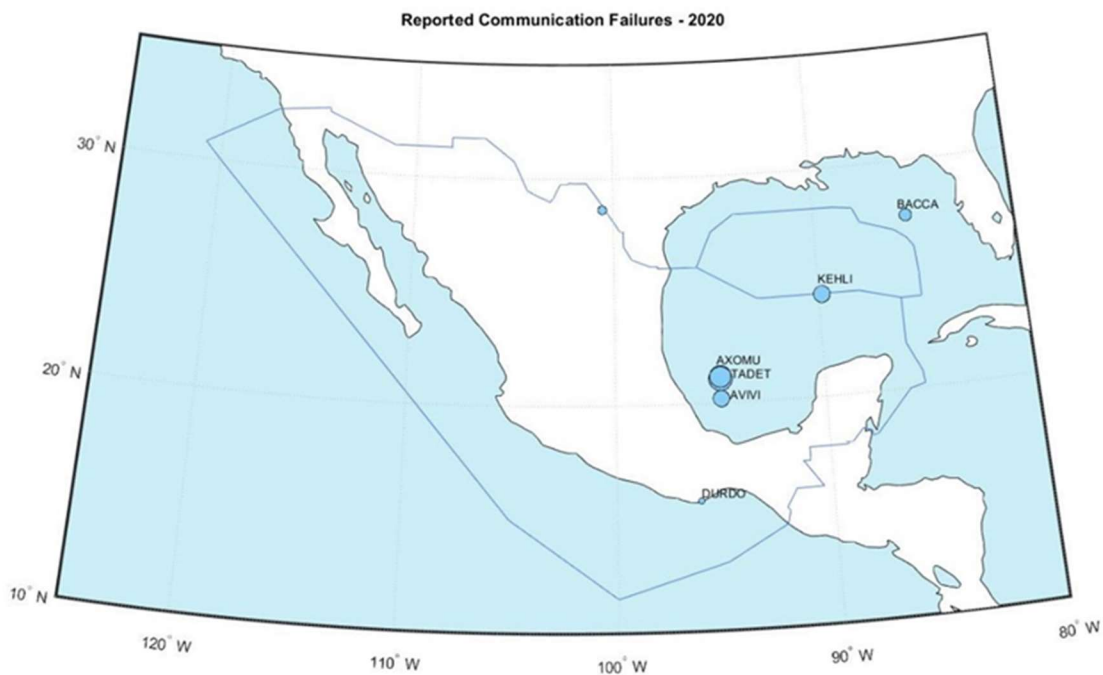


Figura 2-6. Fallos de comunicación reportados – 2020

2.30 Hay cuatro aeronaves de aviación general internacional (IGA) y tres operadores de aeronaves comerciales involucradas en los siete informes de fallas de comunicación notificados. No hubo operadores o fuselajes comunes en ninguno de los siete sucesos informados.

2.31 Estimación del riesgo de colisión vertical

2.32 Esta sección de la Nota 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 utilizadas para estimar los parámetros del modelo de riesgo.

2.33 El TLS acordado internacionalmente para el estándar de separación vertical de 1,000 pies se especifica por separado para el riesgo técnico y operacional. El riesgo técnico vertical proporciona el riesgo asociado a los efectos de la turbulencia, la pérdida de retención 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 altitud. La estimación del riesgo operativo vertical proporciona el riesgo asociado con los 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 mortales en 109 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 mortales en 109 horas de vuelo.

2.34 Con base en los datos TFMS de diciembre de 2020, la NAARMO estima aproximadamente 884,879 horas de vuelo anuales para 2020 en México y el espacio aéreo de GOMEX donde se aplica RVSM. La Tabla 2-4 muestra las horas de vuelo dentro de cada flujo de tráfico identificado. Dado que se supone que una colisión debido a la pérdida de una separación vertical de 1,000 pies da como resultado dos accidentes fatales, el TLS se puede expresar como 2.5 colisiones en el aire fatales por todas las causas en 109 horas de vuelo.

2.35 El espacio aéreo de México y GOMEX consiste en una combinación de rutas paralelas y de cruce; por lo tanto, el riesgo total se expresa como la suma de tres tipos básicos de riesgo de colisión de la siguiente manera:

$$2.36 \quad N_{az} = N_{az}(same) + N_{az}(opp) + N_{az}(cross) \quad (1)$$

2.37 Los términos del lado derecho de la ecuación representan el número esperado de accidentes por hora de vuelo de aeronave resultantes de colisiones de pares de aeronaves en la misma ruta, rutas opuestas y cruzadas, respectivamente, debido a la pérdida de separación vertical entre aeronaves en niveles de vuelos adyacentes.

Tabla 2-4. Horas de vuelo por flujo de tráfico – 2020

Traffic Flow	2020 Flying hours	Proportion of Traffic
<b>GOMEX</b>	148,090	16.7%
<b>Offshore/Oceanic</b>	20,000	2.3%
<b>Domestic</b>	716,789	81.0%
<b>Total</b>	<b>884,879</b>	<b>100%</b>

2.38 Los modelos para los tres tipos diferentes de riesgo de colisión (dirección opuesta, misma dirección y rutas de cruce) tienen básicamente la misma estructura. La estimación del riesgo operacional vertical para el tráfico en la misma dirección y en la dirección opuesta se compone de dos partes: la debida al tiempo transcurrido en niveles incorrectos y la debida a niveles transitados sin autorización.

2.39 Tipos de aeronave observados en los espacios aéreos de México y del GOMEX

2.40 La Figura 2-7 proporciona los 25 tipos de aeronaves principales observados en los datos de tráfico de TFMS México y GOMEX de diciembre de 2020 por horas de vuelo. Estos tipos de aeronaves representan el 95 por ciento del total de horas de vuelo observadas en México y el espacio aéreo de GOMEX. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Boeing 737 NGX; incluyendo B737, B738 y B739, es el 21,3 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico. El porcentaje de horas de vuelo observadas para la familia Airbus A320; incluidos los A319, A320 y A321, representan el 27 por ciento de todas las horas de vuelo observadas en los datos de tráfico.

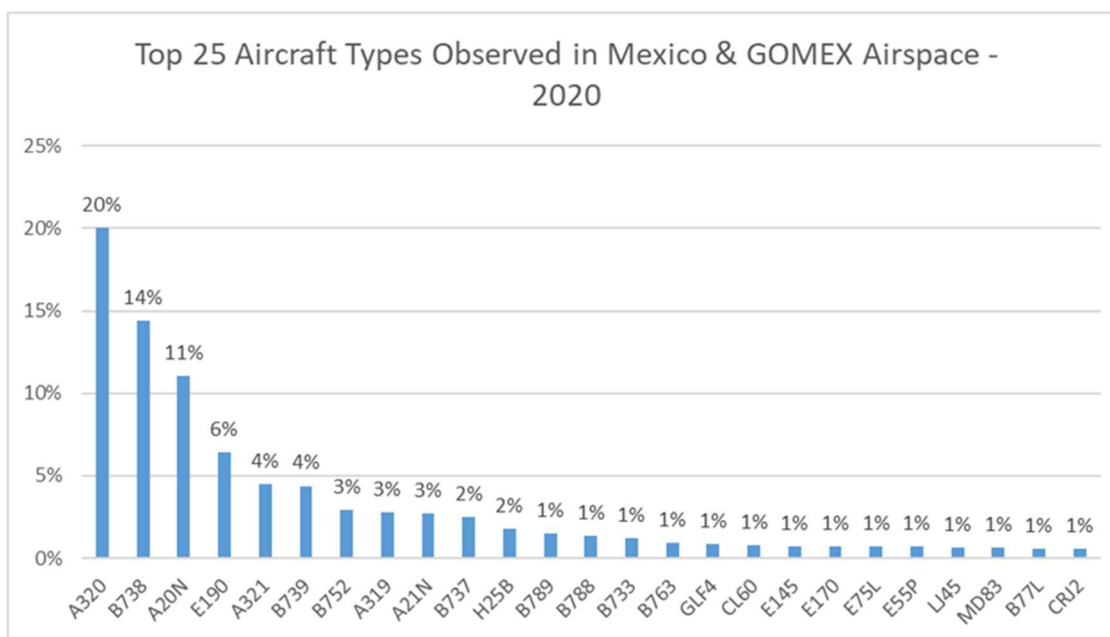


Figura 2-7. Tipos de aeronaves observados en términos de horas de vuelo en México y el espacio aéreo de GOMEX (2020)

## 2.41 Tamaño de la aeronave

2.42 Los parámetros del modelo de riesgo de colisión relacionados con el tamaño de la aeronave son: longitud, envergadura y altura. Estos parámetros se estiman directamente a partir de los datos del TFMS de diciembre de 2020 y las especificaciones de aeronaves relacionadas. Las dimensiones ponderadas se calculan utilizando las dimensiones reales del tipo de aeronave multiplicadas por la proporción del tiempo de vuelo total observado para el tipo en la muestra de tráfico. Los parámetros de CRM resultantes para la longitud, envergadura 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

Length $\lambda_x$ (NM)	Wingspan $\lambda_y$ (NM)	Height $\lambda_z$ (NM)
0.0208	0.0184	0.0063
[126.2 ft]	[111.6 ft]	[38.3 ft]

## 2.43 Ocupaciones verticales en la misma dirección, en la dirección opuesta y en la ruta de cruce

2.44 Los datos TFMS se utilizan para estimar el número de pasadas verticales de aeronaves por hora para cada uno de los tres flujos de tráfico; GOMEX, offshore/oceánico y doméstico. El tráfico se divide en tres flujos separados para tener en cuenta las áreas de baja y alta densidad de tráfico. La Tabla 2-6 proporciona ocupaciones verticales en la misma dirección y en direcciones opuestas por flujo de tráfico. El flujo de tráfico con la densidad de tráfico más baja es el flujo de tráfico oceánico/mar adentro, seguido del espacio aéreo de GOMEX. Como se esperaba, el espacio aéreo nacional de México tiene los valores de ocupación vertical más altos en comparación con los otros dos flujos de tráfico. Las estimaciones de ocupación para el año calendario 2020 disminuyeron en un promedio del veinticinco por ciento de las estimaciones de ocupación calculadas para el año calendario 2019.

Tabla 2-6. Ocupaciones verticales por flujo de tráfico

Traffic Flow	Same Direction Vertical Occupancy	Opposite Direction Vertical Occupancy
<b>GOMEX</b>	0.054	0.126
<b>Offshore/Oceanic</b>	0.000	0.006
<b>Domestic</b>	0.032	0.047

2.45 La ocupación vertical de la ruta de cruce se estima por el número de pares de aeronaves verticalmente próximos en las rutas que se cruzan en un ángulo específico,  $\theta$ . Tanto las consideraciones matemáticas como la experiencia en evaluaciones de seguridad previas han establecido que la ocupación vertical estimada para pares de aeronaves en las intersecciones de rutas es generalmente menor en un orden de magnitud que la de pares de aeronaves en la misma ruta en niveles de vuelo adyacentes. Por lo tanto, se espera que la estimación del riesgo de colisión para las rutas de cruce estará por debajo del riesgo para los niveles de vuelo adyacentes a la misma ruta. El número de pares de aviones que cruzan la ruta para el año calendario 2019 es de 146.000 pares de aviones. Este valor es aproximadamente un veintitrés por ciento más bajo que el número de pares cruzados observados en el año calendario 2019.

2.46 Probabilidad de superposición vertical atribuible al rendimiento técnico de mantenimiento de altura y LHD informados.

2.47 Los factores que contribuyen al riesgo técnico RVSM incluyen; los efectos de la turbulencia, la pérdida de retención de altitud y la respuesta de la tripulación a las alertas del sistema de prevención de colisiones de a bordo, así como los errores en la altimetría de la aeronave y el rendimiento 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.

2.48 Las estimaciones del error del sistema altimétrico de la aeronave (ASE) se obtienen de los procesos de monitoreo de altura de la aeronave desarrollados por NAARMO. Estos procesos requieren varios conjuntos de datos, incluidos datos meteorológicos y de altura geométrica de aeronaves. Los datos geométricos de las aeronaves se obtienen del elemento de monitoreo de altura geométrica de las aeronaves de los EE. UU. (AGHME), de los datos de vigilancia dependiente automática - transmisión (ADS-B) o del sistema de la unidad de monitoreo de GPS (GMU). El control del ASE de la aeronave es uno de los principales objetivos del proceso de aprobación RVSM estatal, el cual debe estar a cargo de los explotadores en el espacio aéreo donde se aplica la RVSM.

2.49 La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en niveles de vuelo adyacentes, Pz (1,000), utilizada en la estimación del riesgo técnico vertical es  $1.93 \times 10^{-9}$ . La estimación de NAARMO para la probabilidad de superposición vertical para pares de aeronaves que operan en el mismo nivel de vuelo, Pz (0), utilizada en la estimación del riesgo operacional vertical es 0,42.

2.50 Tiempo pasado en FL inesperado

2.51 La proporción de tiempo de vuelo gastado en niveles incorrectos, Pi, 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 de México durante el período en que ocurrieron los eventos de nivel de vuelo incorrecto. Los LHD que califican para el año calendario 2020 contienen 5 minutos de tiempo de vuelo a un nivel de vuelo inesperado. Este tiempo se divide en los tres flujos de tráfico identificados según la ubicación proporcionada en el LHD informado. La Tabla 2-7 proporciona el desglose de la duración de LHD informada y los niveles de vuelo cruzados por el flujo de tráfico identificado

Tabla 2-7. Duración reportada de LHD y niveles de vuelo cruzados por flujo de tráfico

Traffic Flow	Reported LHD duration (min)	Number of flight levels crossed without clearance
<b>GOMEX</b>	2	2
<b>Offshore/Oceanic</b>	0	0
<b>Domestic</b>	3	7
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>9</b>

2.52 Parámetros del modelo de riesgo de colisión

2.53 Los parámetros individuales de los modelos, sus definiciones, estimaciones y fuentes se dan en la Tabla 2-8. Estos parámetros son comunes a la estimación de riesgo vertical para todos los flujos de tráfico identificados.

Tabla 2-8. Estimaciones de los parámetros del modelo de riesgo de colisión vertical

Term	Definition	Estimate	Source
$P_z(S_z)$	Probability that two aircraft operating on the same route nominally separated by the vertical separation minimum $S_z$ are in vertical overlap.	$1.93 \times 10^{-9}$	Value used in the US CONUS vertical risk estimate
$P_z(0)$	Probability that two aircraft operating on the same route and flight level are in vertical overlap.	0.42	Value used in the US CONUS vertical risk estimate
$P_y(0)$	Probability that two aircraft on the same track are in lateral overlap.	0.1	Value used in the vertical risk estimates for Pacific airspace
$\lambda_x$	Average aircraft length.	0.0208 NM	Estimated using December 2020 Mexico TFMS sample
$\lambda_y$	Average aircraft wingspan.	0.0184 NM	Estimated using December 2020 Mexico TFMS sample
$\lambda_z$	Average aircraft height with undercarriage retracted.	0.0063 NM	Estimated using December 2020 Mexico TFMS sample
$ \overline{\Delta V} $	Average absolute relative along-track speed between aircraft on same-direction routes.	13 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{V} $	Average absolute aircraft ground speed.	480 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{\dot{y}} $	Average absolute relative cross-track speed for an aircraft pair nominally on the same route.	5 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates
$ \overline{\dot{z}} $	Average absolute relative vertical speed of an aircraft pair that have lost all vertical separation	1.5 knots	Value used in the North Atlantic, Pacific, and US Domestic airspace vertical risk estimates

## 2.54 Resultados y Conclusiones

2.55 La Tabla 2-9 proporciona estimaciones de 2020 del riesgo vertical técnico y operativo para el espacio aéreo de México y GOMEX.

Tabla 2-9. Estimaciones de riesgo vertical 2020 para México y el espacio aéreo RVSM de GOMEX

Description	Risk Estimate ( $\times 10^{-9}$ fapfh)
Estimate of Technical Risk	0.05
Estimate of Risk Due to Operation at Incorrect Flight Levels	1.46
Estimate of Overall Risk	1.51

2.56 El riesgo técnico estimado en el espacio aéreo de México y GOMEX RVSM es de  $0.05 \times 10^{-9}$  accidentes fatales por hora de vuelo (fapfh). Esta estimación está significativamente por debajo de  $2,5 \times 10^{-9}$  fapfh, que es la parte del TLS establecida como objetivo de seguridad para el rendimiento técnico de mantenimiento de altura.

2.57 La estimación del riesgo operacional para México y el espacio aéreo RVSM de GOMEX es  $1.46 \times 10^{-9}$  fapfh. La suma de este valor y la estimación de riesgo técnico para el espacio aéreo de México es  $1.51 \times 10^{-9}$  fapfh, que está por debajo del objetivo general de seguridad operacional de  $5.0 \times 10^{-9}$  fapfh.

2.58 La Tabla 2-10 y la Figura 2-8 proporcionan las estimaciones de riesgo vertical general para los años calendario 2015 - 2020 para el espacio aéreo RVSM de México. El aumento en la estimación de riesgo vertical para el año calendario 2018 se produjo debido a tres LHD informados de larga duración. En 2019, el método de cálculo se modificó para tener en cuenta los diferentes flujos de tráfico. Los tres flujos de tráfico se identificaron y utilizaron para estimar los parámetros asociados en el modelo de riesgo. Por ejemplo, el riesgo calculado para un LHD informado que ocurrió en una sección del espacio aéreo sin radar de baja densidad de tráfico tendrá un valor de riesgo menor en comparación con un LHD dentro de un área de alta densidad de tráfico.

Tabla 2-10. Estimaciones generales de riesgo vertical para el espacio aéreo RVSM de México

Calendar Year	Vertical Collision Risk Estimate ( $\times 10^{-9}$ fapfh)
2015	4.8
2016	4.8
2017	3.2
2018	16.7
2019	4.92
2020	1.51

Description	Risk Estimate ( $\times 10^{-9}$ fapfh)
Estimate of Technical Risk	0.05
Estimate of Risk Due to Operation at Incorrect Flight Levels	1.46
Estimate of Overall Risk	1.51

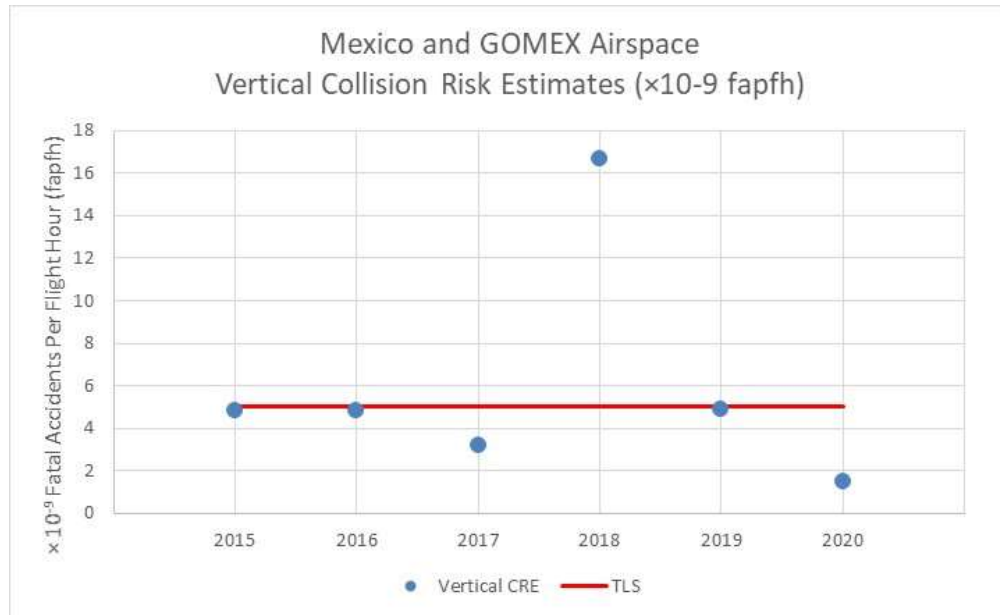


Figura 2-8. Estimaciones de riesgo de colisión vertical, México y espacio aéreo de GOMEX 2015-2020

### 3. Acción por la reunión

#### 3.1 Se invita a la Reunión a tomar nota y discutir la información proporcionada