



OACI

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

NOTA DE ESTUDIO

GTE/16 — NE/05  
01/08/16

**Décimo Sexta Reunión del Grupo de Trabajo de Escrutinio (GTE/16)**  
Ciudad de México, México, 5 – 9 de septiembre de 2016

**Cuestión 1 del  
Orden del Día:**

**Revisión de las conclusiones y recomendaciones de reuniones anteriores de  
CARSAMMA y el Grupo de Escrutinio**

**MODELO DE RIESGO DE COLISIÓN (CRM) EN 2015 PARA LAS REGIONES CAR/SAM**

(Presentada por CARSAMMA)

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	
Esta Nota de estudio presenta un resumen del cálculo del riesgo de colisión vertical en las Regiones de información de vuelo (FIR) CAR/SAM en 2015 utilizando la metodología CRM.	
<b>Acción:</b>	Acción sugerida en la sección 13
<b>Objetivos Estratégicos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguridad Operacional</li><li>• Capacidad y eficiencia de la navegación aérea</li></ul>
<b>Referencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Doc 9574 — <i>Manual sobre una separación vertical mínima de 300 m (1000 ft) entre FL 290 y FL 410 Inclusive AN/934</i>, Tercera Edición – 2012 de la OACI</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 (1000 ft) entre FL 290 y FL 410 Inclusive AN/477</i>, Primer edición – 2012 de la OACI</li><li>• Movimientos de aeronaves en el espacio aéreo RVSM en 2015</li><li>• Informe 2015 de las Grandes desviaciones de altura (LHD)</li></ul>

**1. Introducción**

1.1 El objetivo de esta nota es mostrar que los criterios de la seguridad operacional definidos en el Doc 9574 se siguen cumpliendo en el espacio aéreo RVSM de las Regiones Caribe y Sudamérica (CAR/SAM).

1.2 Este documento informa sobre el análisis de riesgo de colisión vertical en el espacio aéreo con Separación vertical mínima reducida (RVSM) en el 2015 para las FIR CAR/SAM. Para este trabajo, se utilizó una metodología de cálculo del Modelo de riesgo de colisión (CRM), como recomienda la OACI en el espacio aéreo RVSM.

## 2. Discusión

2.1 Este informe presenta los resultados de la evaluación de seguridad operacional del 2015 en el espacio aéreo RVSM en las Regiones CAR/SAM. Este paso corresponde a la contribución de la estrategia de implementación del RVSM.

2.2 De acuerdo al Doc 9574 y al 9937, las evaluaciones deben realizarse para asegurar que las operaciones en el espacio aéreo RVSM no induzcan a un incremento del riesgo de colisión así como que el total del riesgo vertical no exceda los niveles deseados de seguridad operacional (TLS) definidos.

2.3 Para la evaluación cuantitativa, se utiliza el modelo de riesgo de colisión vertical REICH, recomendado por la OACI. Este es un modelo de fundamentos matemáticos intensivos que, después de analizar los movimientos de la aeronave (hojas que contienen información sobre los vuelos realizados en el espacio aéreo RVSM), calcula el TLS de la región de vuelo bajo estudio. Varias herramientas y bases de datos para cálculos se utilizan para varios cálculos durante el proceso, así como varias horas de análisis por los expertos.

2.4 Esta nota contiene un resumen de los resultados de la evaluación de la seguridad operacional continua de la separación mínima reducida vertical de 300m (1000 ft) en el espacio aéreo del Caribe y Sudamérica en el 2015.

2.5 La evaluación de seguridad operacional RVSM cubre un periodo de doce meses consecutivos.

2.6 Se debe prestar especial atención a que:

- Todas las aeronaves operando en espacio aéreo con separación vertical mínima sea certificada RVSM
- Que la certificación de la aeronave sea vigente
- El TLS de  $5 \times 10^{-9}$  de accidentes mortales por hora de vuelo (para rastreo de altura en una muestra representativa de la aeronave) se siga cumpliendo
- El uso de RVSM no incremente el nivel de riesgo debido a los errores operacionales y procedimientos de contingencia
- Existe evidencia de estabilidad del Error del sistema altimétrico (ASE)
- La introducción del RVSM no incremente el nivel de riesgo debido a los errores operacionales y procedimientos de contingencia, de acuerdo a los niveles predefinidos de niveles de confianza estadísticos
- Medidas de seguridad operacional efectivas adicionales sean adoptadas para reducir el riesgo de colisión y cumplir con las metas de seguridad operacional debido a errores operacionales y procedimientos de contingencia
- Los procedimientos de control de tránsito aéreo sigan siendo efectivos

### 3. Espacio aéreo CAR/SAM

3.1 El espacio aéreo de las Regiones CAR/SAM está formado por 34 Regiones de información de vuelo (FIR) compuesto de los siguientes Estados: Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Ecuador, Granada, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Guiana Francesa, Haití, Honduras, Jamaica, Martinica, Antillas Neerlandesas, Nevis, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, San Bartolomé, San Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tabago, Uruguay y Venezuela.

3.2 Cada parte del espacio aéreo fue tratado como un sistema aislado, con sus propios parámetros estadísticos.

3.3 Recolección de datos de tránsito en movimiento – muestra utilizada para evaluar la frecuencia de parámetros de pasaje, físicos y dinámicos de aeronaves típicas para la evaluación de riesgo de colisión fue recolectada en un periodo del 1 al 31 de diciembre de 2015, de las 31 FIR de las Regiones CAR/SAM. En esta información de envíos, en términos de horas de vuelo de las muestras recolectadas se recibieron 12532,541 horas de vuelo de todas las FIR mencionadas, con 3021,665 horas para la Región CAR (~ 24%) y 9510,876 horas para la Región SAM (~ 76%). Como en años anteriores, mucha de la información recibida de algunos Estados no puede ser explotada en CRM por varias razones, incluyendo errores en los tiempos de entrada y salida (menos que o tiempo igual de entrada y de salida), falta de información completa para identificar y localizar rutas fijas y notificación, o enviar información más tarde de la fecha límite; sin embargo, la información enviada fue explotada en otro producto del CARSAMMA, el cual es la auditoría para el espacio aéreo RVSM.

3.4 Respecto a la ocurrencia de Grandes desviaciones de altura (LHD) verticales informados en las Regiones CAR/SAM, la CARSAMMA recibió un total de 1,406 LHD en 2015. Siguiendo el análisis y validación realizada a través de teleconferencias con representantes de las Oficinas Regionales de Lima y México, Las FIR involucradas, IATA y CARSAMMA, 1,225 de estas LHD fueron consideradas válidas para el cálculo del CRM vertical.

### 4. Recolección de información de aeronaves en movimiento

4.1 La muestra de información para estimar la frecuencia de pase y los parámetros físicos, así como las dinámicas de una aeronave típica para la evaluación del riesgo de colisión vertical fueron recolectados entre el 1 y el 31 de diciembre de 2015.

4.2 La información de la aeronave en movimiento de las 31 FIR CAR/SAM fue procesada y utilizada para evaluar la seguridad operacional del espacio aéreo RVSM, como recomienda la OACI. El número de horas de vuelo utilizado se muestra en la Tabla 1.

Región	Horas de vuelo	%
<b>CAR</b>	<b>3021,665</b>	<b>24.00 %</b>
<b>SAM</b>	<b>9510,876</b>	<b>76.00 %</b>

<b>CAR/SAM</b>	<b>12532,541</b>	<b>100.00 %</b>
----------------	------------------	-----------------

Tabla 1

## 5. Flotilla de aeronaves

5.1 Después de recibir información del movimiento de aeronaves procesada para filtrar y procesar la información. La tabla 2 abajo muestra los resultados, y enlista las aeronaves que volaron a través de las FIR CAR/SAM, con sus dimensiones y porcentajes de horas de vuelo, incluyendo un típico aeroplano, utilizado como dimensión del CRM vertical.

ACFT type	Length $\lambda_x$	Wingspan $\lambda_y$	Height $\lambda_z$	Number of flights	% of flights
<b>B738</b>	0.021328	0.018521	0.00675	43,162	22.2%
<b>A320</b>	0.020286	0.018413	0.0064	39,783	20.5%
<b>E190</b>	0.019568	0.015507	0.00571	21,097	10.8%
<b>B737</b>	0.018898	0.011852	0.00675	16,234	8.3%
<b>A319</b>	0.018272	0.018413	0.0064	15,508	8.0%
<b>B763</b>	0.029644	0.025702	0.007559	12,131	6.2%
<b>A332</b>	0.031749	0.032559	0.0094	7,360	3.8%
<b>A321</b>	0.024033	0.018413	0.0064	6,399	3.3%
<b>B772</b>	0.034395	0.032883	0.00999	5,484	2.8%
<b>B77W</b>	0.034395	0.034989	0.01004	4,504	2.3%
<b>B752</b>	0.025551	0.020788	0.00732	4,401	2.3%
<b>B788</b>	0.030778	0.032397	0.00918	3,501	1.8%
<b>A343</b>	0.034341	0.032559	0.0091	2,041	1.0%
<b>B739</b>	0.021328	0.018521	0.006749	1,644	0.8%
<b>A346</b>	0.040659	0.03426	0.00934	1,633	0.8%
<b>B767</b>	0.033153	0.028024	0.009071	1,410	0.7%
<b>B744</b>	0.038175	0.034773	0.01048	1,404	0.7%
<b>B733</b>	0.017279	0.016199	0.00648	1,356	0.7%
<b>B789</b>	0.034017	0.034017	0.009179	1,278	0.7%
<b>MD83</b>	0.024352	0.01771	0.048866	1,077	0.6%
<b>B734</b>	0.019708	0.015605	0.005994	1,056	0.5%
<b>B764</b>	0.033153	0.028024	0.007559	1,019	0.5%
<b>B77L</b>	0.034395	0.034989	0.010043	1,000	0.5%
<b>Typical Acft</b>	<b>0.0278024</b>	<b>0.025005</b>	<b>0.009772</b>		
<b>Total</b>				<b>194,482</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 2 – Aeronaves que volaron con RVSM en las FIR CAR/SAM  
(Medidas de dimensión se expresan en millas náuticas)

## 6. Procesamiento de información

6.1 Algunos productos pueden obtenerse ya del primer paso de procesamiento de información del programa de cálculo de riesgo, así como el radio entre el número de LHD y las características de la población de la aeronave que utiliza aerovías en niveles RVSM. Algunos de estos productos se enlistan en este capítulo.

6.2 Segmentos volados con mayor frecuencia en las FIR CAR/SAM:

**Tabla 3** abajo muestra el número de LHD ocurridos en un segmento de aerovía más volado:

FIR	Movements	Fix A	Airway	Fix B	Movements in the AWY segment	LHD in segment	Total LHD 2015
SACU	6058	PORKA	UL550	OPTIR	32	2	39
SAEU	11862	ROMUR	UA558	ISOPO	36	0	5
SAMV	3574	TOSOR	UA306	RYD	39	9	18
SARU	3858	TODES	UL793	KILIP	26	10	72
SAVU	2063	IREMO	UA570	VIE	22	4	61
SLLF	3117	SALBI	UA304	TERAX	50	1	35
SBAO	2699	ORARO	UN873	TASIL	27	0	61
SBAZ	3672	POPTI	UM417	OPVEX	14	0	89
SBBR	34097	USAMO	UZ14	MULAP	54	0	11
SBCW	17694	EDNAN	UM409	BBC	39	1	70
SBRE	8164	VUTNO	UZ14	LIBRA	24	5	33
SCCZ	600	EGOSA	UG550	NAS	16	0	0
SCEZ	7709	NUXUP	UL302	DALUS	21	1	1
SCFZ	127	LOA	UL550	XONOG	13	0	29
SCIZ	190	SAURI	UL348	SAKOB	8	0	0
SCTZ	1542	TOSET	UQ805	IRUNI	14	0	0
SKEC	18	OTAMO	UA301	SIPOK	3	0	28
SKED	5954	BUXOS	UL780	UGUPI	40	22	91
SEFG	7096	ENSOL	UM674	NEGAL	26	10	144
SYGC	2466	KORTO	UG449	LEPOD	25	1	3
SOOO	-	-	-	-	-	3	3
MPZL	18053	TORIL	UL780	ASIBO	35	4	26
SGFA	1925	REPAM	UA556	SAMGU	25	0	12
SPIM	15391	ISREM	UL780	TRU	27	12	92
SMPM	1784	KOXAM	UA312	ACARI	25	3	5
SUEO	-	-	-	-	-	12	12
SVZM	3675	ENPUT	UA567	STB	28	4	20
TNCF	7122	VESKA	UA315	PENKO	63	23	69
MHTG	13480	TALAG	UZ512	ILESU	27	4	52
MUFH	20562	UVA	UG448	TADPO	69	1	8
MTEG	3586	JOSES	UA315	MEDON	68	27	49

<b>MKJK</b>	-	-	-	-	-	<b>23</b>	<b>23</b>
<b>MDCS</b>	<b>8301</b>	<b>KATIN</b>	<b>UA315</b>	<b>VESKA</b>	<b>59</b>	<b>9</b>	<b>24</b>
<b>TTZP</b>	<b>4484</b>	<b>ANADA</b>	<b>UG449</b>	<b>PELMA</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>5</b>

Tabla 3 – LHD ocurridos en segmento de aerovía.

6.3 La siguiente Gráfica 1 muestra los LHD ocurridos en los segmentos de aerovía más frecuentemente volados en las Regiones CAR/SAM. Los segmentos de aerovía más frecuentemente volados con altos índices de LHD son:

JOSES/MEDOM – UA315 – PORT-AU-PRINCE FIR (MTEG);

VESKA/PENKO – UA315 – CURAZAO FIR (TNCF);

\*\*\*\*\*/\*\*\*\*\* – \*\*\*\*\* – KINGSTON FIR (MKJK);

BUXOS/UGUPI – UL780 – BOGOTA FIR (SKED);

ISREM/TRU – UL780 – LIMA FIR (SPIM);

\*\*\*\*\*/\*\*\*\*\* – \*\*\*\*\* – MONTEVIDEO FIR (SUEO);

TODES/KILIP – UL793 –RESISTENCIA FIR (MTEG) HAITI; and

ENSOL/NEGAL – UM674 – GUAYAQUIL FIR (SEFG);

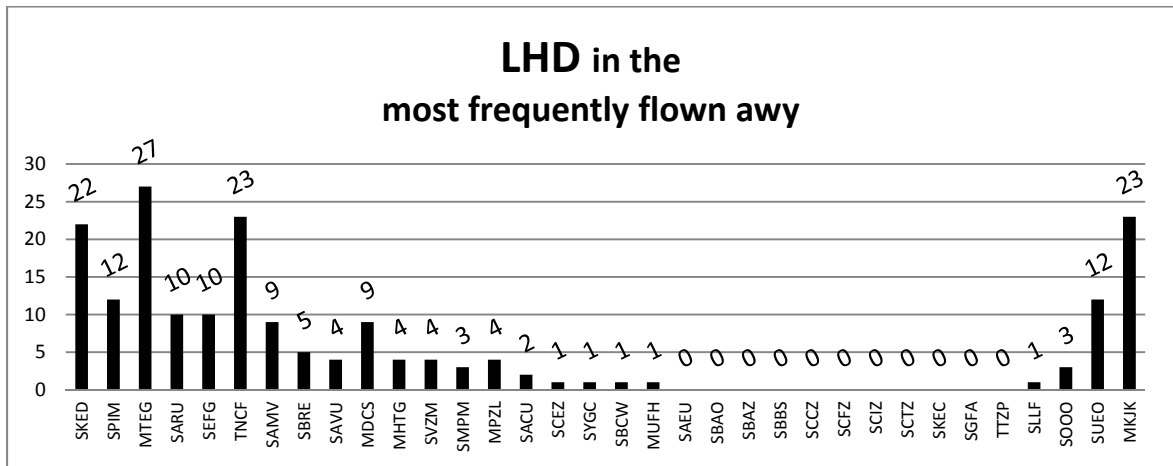


Gráfico 1 – LHD en la aerovía más frecuentemente voladas

6.4 La gráfica muestra que hay una incidencia alta de LHD en estos segmentos, aunque la FIR en la que los eventos ocurre no es necesariamente la responsable.

6.5 Los siguientes tres LHD ilustran las situaciones que ocurren en el espacio aéreo RVSM, el cual probablemente ha llevado a un nivel de extrema inseguridad del índice de riesgo de colisión.

## LHD 139 – FIR expuesta al riesgo: CENTRAL AMERICA –Día: 30 de enero de 2015

Report #:	139	POSITION: LIXAS	AMERICAN	LIXAS	MODE C: NO	HT LHD: 0
DATE:	30/01/2015	HOUR: 12:21	FLIGHT ID: AAL988	REGISTRATION: N388AA	CLRD FL: 0	DURATION: 1.860
ROUTE:	UZ512 - SPJC / KDFW			ACFT TYPE: B763	EVENT FL: 380	CODE: F
REPORTING UNIT:	CENTRAL AMERICA	FIR ERROR: GUAYAQUIL	IMC / VMC: I	XFL SAME: 0	XFL OPS: 0	
OTHER ACFT (2°):		#ND	DISTANCE:	POSITION 2° ACFT:	FL 2° ACFT:	
CAUSE:	AUSENCIA DE COORDINACION ATC			STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 1.860	GTE CODE: F
ACC GUAYAQUIL NO PASÓ ESTIMADO SOBRE LIXAS. LA AERONAVE LLAMÓ A LAS 12:21 UTC NOTIFICANDO HABER PASADO LIXAS A LAS 11:50 UTC. *** CARSAMMA: EN 18/05 GUAYAQUIL INFORMA QUE DESDE 29/01 HASTA EL 05/03 HUBO FALLA EN LOS EQUIPOS PARA PASAR TRANSFERENCIA. ***						
PROBABILIDAD:	4	DURACIÓN:	3	GRAVEDAD:	4	RADAR / ADS: 10
WEATHER:	5	OTRO TRAFICO:	0			
VALOR DEL RIESGO:	63			ACCIÓN MITIGADORA:	REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN	

## LHD 470 – FIR expuesta al riesgo: ATLANTICO –Día 19 de abril de 2015

Report #:	470	POSITION: 0624S 01441W	TOW/LINE	SBAODIII2	MODE C: NO	HT LHD: 0
DATE:	19/04/2015	HOUR: 07:26	FLIGHT ID: TOW2230	REGISTRATION: GVYGJ	CLRD FL:	DURATION: 900
ROUTE:	0624S01441W - ASI - FHAW			ACFT TYPE: A332	EVENT FL: 300	CODE: E2
REPORTING UNIT:	ATLANTICO	FIR ERROR: ABIDJAN	IMC / VMC:	XFL SAME: 0	XFL OPS: 0	
OTHER ACFT (2°):		#ND	DISTANCE:	POSITION 2° ACFT: 0	FL 2° ACFT: 0	
CAUSE:	ATC LOOP ERROR			STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 900	GTE CODE: E2
DAKAR AND ABDJAN DID NOT COORDINATE THE TRAFFIC. THE ATLANTIC ATCO WAS ONLY AWARE OF TRAFFIC WHEN ASCENCION CALLED TO INFORM THE LANDING OF THE AIRCRAFT.						
PROBABILIDAD:	3	DURACIÓN:	3	GRAVEDAD:	3	RADAR / ADS: 10
WEATHER:	5	OTRO TRAFICO:	0			
VALOR DEL RIESGO:	51			ACCIÓN MITIGADORA:	REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN	

## LHD 1155 – FIR expuesta al riesgo: LIMA –Día: 20 de octubre de 2015

Report #:	1155	POSITION: ELAKO	PERUVIAN	ELAKO	MODE C: NO	HT LHD: 0
DATE:	20/10/2015	HOUR: 14:40	FLIGHT ID: PVN330	REGISTRATION: OB2037	CLRD FL:	DURATION: 480
ROUTE:	UA304 - SLLP ( LA PAZ ) / SPZO ( CUSCO )			ACFT TYPE: B733	EVENT FL: 360	CODE: E2
REPORTING UNIT:	LIMA	FIR ERROR: LA PAZ	IMC / VMC: I	XFL SAME: 0	XFL OPS: 0	
OTHER ACFT (2°):		#ND	DISTANCE: 0	POSITION 2° ACFT: 0	FL 2° ACFT: 0	
CAUSE:	ATC LOOP ERROR			STATUS RVSM: APPROVED	GTE TIME: 480	GTE CODE: E2
SLLP OMITTE TRANSFERENCIA, SIENDO LAS 14:47 SE OBSERVA EN COBERTURA RADAR AL PVN330 FL360 10 MILLAS DE JUL VOR. SPIM NO TENIA LA TRANSFERENCIA.						
PROBABILIDAD:	3	DURACIÓN:	3	GRAVEDAD:	3	RADAR / ADS: 10
WEATHER:	5	OTRO TRAFICO:	0			
VALOR DEL RIESGO:	51			ACCIÓN MITIGADORA:	REQUIERE MONITOREO Y GESTIÓN	

## 7. Evaluación de la seguridad operacional del riesgo de colisión

7.1 Esta sección analiza los resultados de la evaluación de la seguridad operacional del espacio aéreo RVSM en las FIR CAR/SAM.

7.2 El CRM internacionalmente aceptado ha sido utilizado para evaluación de seguridad del espacio aéreo RVSM en el Caribe y Sudamérica.

7.3 En esta etapa de análisis de información, se hace uso masivo de IT para conocer los resultados finales del modelo de riesgo de colisión. Brevemente describimos cómo la información derivada de una muestra de aeronave en movimiento es utilizada y combinada, junto con la información LHD validada.

7.4 La información de movimiento filtrado de aeronave fue combinado con la información LHD emitida en 2015 para la FIR bajo estudio. Esta información se compiló y analizó durante las teleconferencias mensuales sostenidas con expertos de las FIR involucradas, con los especialistas de las Oficinas Regionales de Lima y México y la CARSAMMA. IATA únicamente participó en éstas teleconferencias como consultor invitado.

7.5 Durante las teleconferencias, el LHD es validado y los valores de parámetro son unidos e insertados en la fórmula general del modelo de riesgo de colisión REICH el cual se muestra en el siguiente capítulo.

## 8. Estimaciones del parámetro CRM

$$N_{ax} = 2P_y(0)P_z(0) \left( \frac{|\dot{x}(m)|}{2\lambda_x} + \frac{|\dot{y}_0|}{2\lambda_y} + \frac{|\dot{z}_0|}{2\lambda_z} \right) \frac{2\lambda_x}{|\dot{x}(m)|} \frac{1}{T} \sum_s E(s)Q(s)$$

Figura 1 – Fórmula general del Modelo de riesgo de colisión REICH

8.1 El material y cantidad del recurso utilizado para estimar los valores de cada parámetro del CRM aceptado internacionalmente para evaluar la seguridad operacional del espacio aéreo RVSM se resume en la Tabla 4.

Parámetro	Descripción	Valor
$\lambda_x$	Mean length of the aircraft sample	0.0278024 nm
$\lambda_y$	Mean extent of the aircraft sample	0.025005 nm
$\lambda_z$	Mean height of the aircraft sample	0.009772 nm
$ \dot{V} $	Mean speed of the aircraft sample (module)	430.7261 kt/h
$ \Delta\dot{V} $	Relative same-direction speed of the aircraft sample (module)	40.16171 kt/h
$ \dot{y} $	Mean speed relative to the transverse approach of the aircraft sample (module)	13 kts
$ \dot{z} $	Mean relative vertical speed during loss of vertical separation of the aircraft sample (module)	1.5 kts
$P_z(0)$	Probability that two aircraft with the same nominal level overlap laterally in the aircraft sample	0.397646

Tabla 4 – Estimaciones del parámetro CRM



## 9. Demostración de la viabilidad técnica del RVSM en las Regiones CAR/SAM

9.1 Esto involucra la evaluación de resultados de los valores de parámetros del Modelo de riesgo de colisión REICH:

- Frecuencia de pase **Nx**
- Probabilidad de traslapeo vertical **Pz (1000)**
- Probabilidad de traslapeo lateral **Py (0)**

Para demostrar esto, los siguientes objetivos fueron establecidos:

- Generar confianza en el cumplimiento con TLS técnico; y
- Certificar la estabilidad ASE

## 10. Especificaciones de la performance del sistema

10.1 **Frecuencia de pase, Nx** – Este es el parámetro del espacio aéreo donde la aeronave es expuesta al riesgo de colisión vertical. La frecuencia de pase equivalente se estimó tomando en cuenta la aeronave en vuelo en la misma dirección y en direcciones opuestas, como muestra la tabla 5:

Frecuencia de pase	Misma dirección	Dirección opuesta	Equivalente	Tiempo de vuelo (h)
CAR/SAM	0,00772065	0.01416411	0.02485241	12532,541

Tabla 5 – Frecuencia de pase

10.2 Los valores están relacionados con el Sistema de espacio aéreo CAR/SAM. Se debe anotar que la frecuencia de paso mostrada en la Tabla 5 (**0.02485241**) fue calculada sobre la base de total de horas en vuelo filtradas en las 31 FIR CAR/SAM

- El valor estimado de **Pz (1000)** utilizada en nuestros cálculos fue **2.46 x 10<sup>-8</sup>**

## 11. Estimando el riesgo de colisión

11.1 La Tabla 6 contiene los equipos físicos y de parámetros dinámicos estimados en el modelo de riesgo de colisión REICH, así como el seguimiento a los parámetros principales de las FIR CAR/SAM. Todos los parámetros fueron determinados con base en el espacio aéreo de cada región siendo considerado como un sistema aislado.

	Ez (same)	ΔV (same)	Ez (0p)	ΔV (op)	Ez (cross)	V
CAR/SAM	0.03639376	40.16171	0.00354103	915,7849	0,051583	430.7261

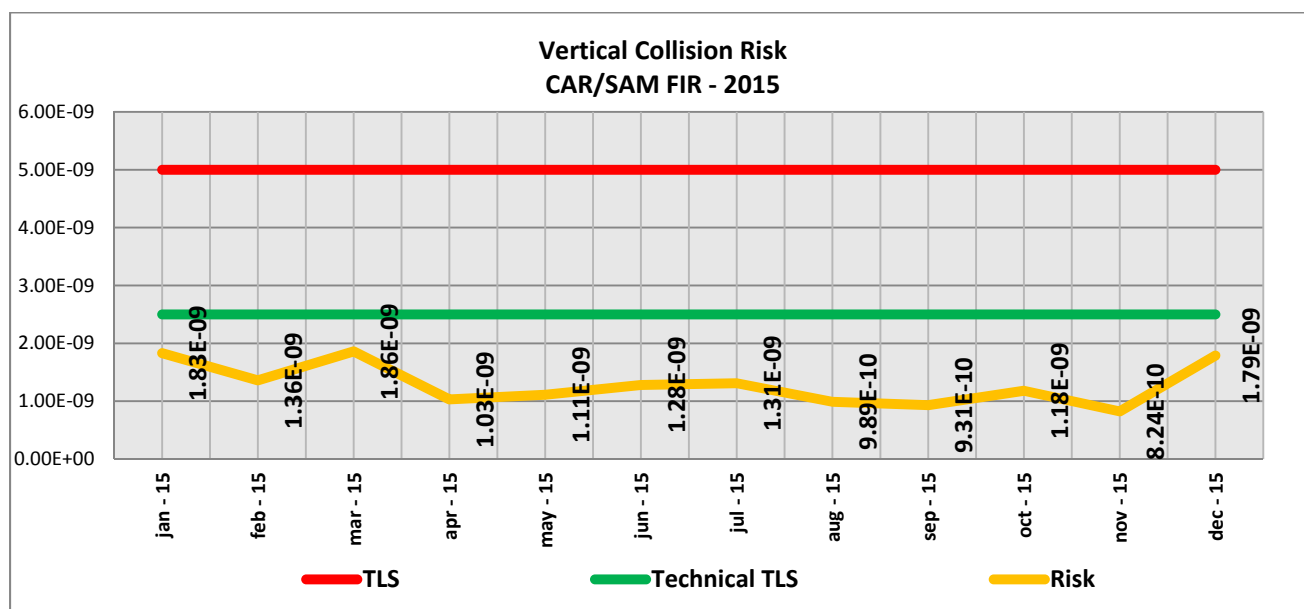
Tabla 6 – Parámetros físicos y dinámicos

## 12 Conclusiones de la evaluación de la seguridad operacional (CRM)

12.1 Riesgo de colisión – Los valores estimados del Error operacional se presentan en la Tabla 7, la cual resulta del procesamiento de todas las LHD recibidas y validadas en 2015, más los archivos que contienen aeronaves en movimiento en el espacio aéreo RVSM, como procesado en el software específico CRM

Mes	Error técnico	Error operacional	Riesgo
January	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.808 \times 10^{-9}$	$1.83 \times 10^{-9}$
February	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.333 \times 10^{-9}$	$1.36 \times 10^{-9}$
March	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.836 \times 10^{-9}$	$1.86 \times 10^{-9}$
April	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.000 \times 10^{-9}$	$1.03 \times 10^{-9}$
May	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.090 \times 10^{-9}$	$1.11 \times 10^{-9}$
June	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.256 \times 10^{-9}$	$1.28 \times 10^{-9}$
July	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.289 \times 10^{-9}$	$1.31 \times 10^{-9}$
August	$2.46 \times 10^{-11}$	$9.642 \times 10^{-10}$	$9.89 \times 10^{-10}$
September	$2.46 \times 10^{-11}$	$9.066 \times 10^{-10}$	$9.31 \times 10^{-10}$
October	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.156 \times 10^{-9}$	$1.18 \times 10^{-9}$
November	$2.46 \times 10^{-11}$	$7.990 \times 10^{-10}$	$8.24 \times 10^{-10}$
December	$2.46 \times 10^{-11}$	$1.765 \times 10^{-9}$	$1.79 \times 10^{-9}$

Tabla 7 – Evaluación de la seguridad operacional



Gráfica 2 – Riesgo de colisión vertical

12.2 El error técnico de las FIR CAR/SAM satisface la meta que establece que no debe exceder  $2.5 \times 10^{-9}$  de accidentes mortales por hora de vuelo debido a la pérdida de separación estándar vertical de 1000 ft y todas las demás causas.

- El riesgo operacional no tiene un límite predeterminado en referencia al Doc 9574 de la OACI
- En el caso de la FIR bajo estudio, el riesgo medio estimado es  $1.29 \times 10^{-9}$  abajo del TLS, que es  $5.0 \times 10^{-9}$ .

<b>Espacio aéreo RVSM CAR/SAM</b>			
<b>Horas de vuelo estimadas = 12532,541 horas</b>			
<b>Source of Risk</b>	<b>Estimated Risk</b>	<b>TLS</b>	<b>Remarks</b>
<b>Technical Error</b>	<b><math>2.46 \times 10^{-11}</math></b>	<b><math>2.5 \times 10^{-9}</math></b>	<b>Below</b>
<b>Operational Error</b>	<b><math>1.27 \times 10^{-9}</math></b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Risk</b>	<b><math>1.29 \times 10^{-9}</math></b>	<b><math>5.0 \times 10^{-9}</math></b>	<b>Below</b>

Table 8

**13. Acciones sugeridas:**

13.1 Se invita a la Reunión a:

- a) Tomar nota y revisar los contenidos de esta nota de estudio; y
- b) compartir experiencias y expresar opiniones respecto a las acciones de la CARSAMMA en este asunto.