
 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.1

**EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ**

**CAPITULO 4**

**PRÓXIMOS PASOS Y CONCLUSIÓN**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 19000447 H3 DE 2019  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL - AEROCIVIL**



3



**CONSORCIO DSNASVCES-PMO-001-2019**

**BOGOTÁ, D.C, 29 DE MAYO DE 2020**

VERSIÓN	FECHA	RAZÓN DE LA ACTUALIZACIÓN
V1.0	30/04/20	Primera versión radicada como parte del Entregable No. 6
V1.1	29/05/20	Versión actualizada tras los comentarios de AEROCIVIL
V1.2	29/05/20	Sin Modificaciones



**GRUPO QUE PARTICIPÓ EN LA ELABORACIÓN DE ESTE DOCUMENTO**

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
<b>Nombre:</b> Bernard Erreca / Equipo FRACS <b>Responsable:</b> Jefe de proyecto / Expertos <b>Fecha:</b> 29/05/20	<b>Nombre:</b> Gladys Mercan <b>Responsable:</b> Coordinadora de proyecto <b>Fecha:</b> 29/05/20	<b>Nombre:</b> Farid Zizi <b>Responsable:</b> Director de proyecto <b>Fecha:</b> 29/05/20

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.2</b>



FECHA	PAGINA	LISTA DE CONTROL DE CAMBIOS
<b>V1.1</b>		
28/05/2020	P 4.1	Actualizaciones: Versión, fecha, seguido de modificaciones
28/05/2020	P 4.2	Introducción de una Lista de cambios
28/05/2020	P 4.7 § 1.1 P 4.21 § 1.6 P 4.24 § 1.1	Corrección de la expresión "Tentativa de Plan de Transición"
28/05/2020	P 4.46 § 3.1	Referencias al Anexo 1 y Anexo 2 del contrato
28/05/2020	P 4.46 § 3.1	Aclaración sobre el escenario final optimizado
<b>V1.2</b>		
29/05/2020		Sin modificaciones

Nota: En la columna "PAGINA", P significa "página" y § significa "párrafo". Los cambios en el documento están resaltados en gris.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.3</b>

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 4 - PROXIMOS PASOS Y CONCLUSIÓN.....	6
1 POTENCIAL DE DESARROLLO ADICIONAL, FASES DE IMPLEMENTACIÓN Y CRONOLOGÍA – PROPUESTA DE PLAN DE TRANSICIÓN PARA EL TMA BOGOTA .....	7
1.1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.2 UNA NECESIDAD PERMANENTE EN TIEMPO: UTILIZAR LA CAPACIDAD DISPONIBLE .....	8
1.2.1 FUNCIONES FUERA DE LA SALA DE CONTROL .....	9
1.2.2 ATFM .....	11
1.2.3 GESTIÓN DE LLEGADAS .....	12
1.2.4 RED DE SEGURIDAD .....	12
1.2.5 TOMA DE DECISIONES COLABORATIVAS EN AEROPUERTOS .....	12
1.3 MIENTRAS TANTO: CREAR CAPACIDAD ADICIONAL EN EDR I .....	13
1.3.1 EXTENSION DE PISTA 13L/31R Y VARIAS MEJORAS DE AEROPUERTO .....	13
1.3.2 USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO.....	13
1.3.3 OPERACIONES INDEPENDIENTES SIMULTÁNEAS EN PISTAS PARALELAS .....	14
1.3.4 DESARROLLO AEROPORTUARIO.....	14
1.4 PREPARAR LA IMPLEMENTACION DE EDR II Y NUEVO CONCEPTO DE ESPACIO AEREO .....	15
1.4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA OPTIMIZAR EL NUEVO CONCEPTO .....	15
1.4.2 TRANSICION RNP-AR .....	16
1.4.3 DIÁLOGO PRODUCTIVO CON TODOS LAS PARTES INTERESADAS .....	16
1.4.4 FINALIZAR EL CONCEPTO DESARROLLADO Y EL DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO CORRESPONDIENTE .....	17
1.4.5 ELABORAR UNA NUEVA SECTORIZACION .....	18
1.4.6 RECURSOS HUMANOS: RECLUTAMIENTO Y CAPACITACIÓN.....	18
1.4.7 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS .....	19
1.5 IMPLEMENTACION EDR II.....	19
1.5.1 DESARROLLO DE UN ESCENARIO DE IMPLEMENTACIÓN OPERACIONAL .....	20
1.5.2 IMPLEMENTACION INICIAL EDR II: OPERACIONES SEGREGADAS DEPENDENTES .....	20
1.5.3 IMPLEMENTACION FINAL EDR II: OPERACIONES DE PARALELAS INDEPENDIENTES .....	20
1.6 CONCLUSIÓN.....	21
2 PROPUESTA DE INCLUSIÓN EN EL PLAN MAESTRO Y EN EL PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA .....	24
2.1 PROPUESTA DE INCLUSION EN EL PLAN MAESTRO.....	24
2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	24
2.1.2 EL DORADO I.....	25
2.1.3 EL DORADO II.....	26
2.2 PROPUESTA DE INCLUSION EN PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA.....	30
2.2.1 INTRODUCCION.....	30
2.2.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL PLAN DE NAVEGACION AEREA VOL 1 .....	31

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.4</b>

2.2.3	PROPUESTAS DE MODIFICACION DEL PLAN DE NAVEGACION AEREA VOL 2.....	37
2.2.4	PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA VOL 3.....	40
2.2.5	CONCLUSIÓN.....	45
3	CONCLUSIÓN.....	45
3.1	GENERALIDADES .....	45
3.2	MADURACIÓN PROGRESIVA .....	47
3.3	RETOS IDENTIFICADOS DEL ESPACIO AEREO DEL TMA DE BOGOTÁ.....	48
3.4	LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	51
3.5	COINCIDENCIA DE LA AMBICIÓN DE AEROCIVIL .....	52
3.6	IMPORTANCIA DE LA FASE DE TRANSICIÓN.....	52
3.7	CONSIDERACIONES FINALES.....	53



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.5</b>

## LISTADO DE TABLAS



Tabla 1: No Total de Pasajeros (Vuelos Comerciales) - Fuente: Base de Datos FRACS Air Transport Data (Datos de Transporte Aéreo) .....	25
Tabla 2: Resumen de operaciones EDRI RWYs 13, 31 y EDRII RWYs 04 o 22 .....	28
Tabla 3: Resumen de operaciones EDRI RWYs 13, 31 y EDRII RWYs 04.....	29
Tabla 4: Resumen de operaciones RWYs 22, 13, 31 y RWY04 .....	29

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Propuesta de Plan de Transición .....	8
Ilustración 2: Tentativa de Plan de Transición.....	23
Ilustración 3: Capacidades estimadas – extracto del Plan Maestro EDR II 2016, Fase 1 Capítulo 5 .....	28
Ilustración 4: Doc. 9750 Ed4 de la OACI: Imagen sintética del GANP .....	31
Ilustración 5: Hipótesis de tráfico -.....	32
Ilustración 6: Impacto de COVID-19 en la aviación mundial.....	33
Ilustración 7: Patrón de recuperación después de crisis de Tráfico aéreo.....	34
Ilustración 8: Fases : Corto, Mediano y Largo Plazo -.....	35
Ilustración 9: Objetivos estratégicos - Extracto del Plan de Navegación Aérea para Colombia, Volumen I, Versión 09 .....	36
Ilustración 10: Módulos publicados en AEROCIVIL Air Navigation Plan (PNA Colombia Vol III p10).....	42
Ilustración 11: ASBUs esenciales para el TMA BOGOTA .....	43
Ilustración 12: Objetivos de capacidad para 2040.....	46
Ilustración 13: Interdependencia del EDR I y el EDR II en el esquema convencional .....	49
Ilustración 14: Diseño de borrador utilizando capacidades RNP AR.....	49
Ilustración 15: Necesidades de rediseño de SKR 10 .....	50

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.6</b>

## CAPÍTULO 4 - PRÓXIMOS PASOS Y CONCLUSIÓN

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.7

## 1 POTENCIAL DE DESARROLLO ADICIONAL, FASES DE IMPLEMENTACIÓN Y CRONOLOGÍA – PROPUESTA DE PLAN DE TRANSICIÓN PARA EL TMA BOGOTÁ

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El plan de transición hacia la implementación final del nuevo sistema del TMA de Bogotá depende en gran medida de las decisiones que se tomarán como seguimiento del estudio actual. Los plazos aún deben definirse y AEROCIVIL tendrá que confirmar varias opciones.

Sin embargo, a partir de ahora parece posible identificar los pasos esenciales de la evolución del proyecto y las actividades correspondientes. Este es el propósito de la presente Tentativa de Plan de Transición para Bogotá TMA. No puede ser exhaustivo en esta etapa de la definición del proyecto, pero debe ofrecer una perspectiva clara sobre la progresión a la implementación final del EDR II y el nuevo Concepto de Espacio Aéreo para el TMA de Bogotá. AEROCIVIL debe entonces ponerse manos a la obra en esta propuesta y actualizarla en función de sus decisiones estratégicas.

Para definir la planificación de la transición, es necesario adaptar la previsión de tráfico e identificar y fechar los desafíos asociados con el tráfico.



La primera decisión obvia a tomar es iniciar la concepción y el desarrollo de EDR II. El plan maestro parece ser relativamente maduro, pero debe adaptarse para optimizar las operaciones futuras. La pista 13/31 que no forma parte del escenario propuesto no debe compilarse en primera instancia.

Si se considera que la decisión de poner en marcha la construcción de la EDR II es la fecha de inicio o T0 de las actividades, en función de la forma en que se pueda gestionar este tipo de proyecto, debe preverse una duración de entre 5 y 10 años antes de estar en una situación para utilizar la nueva infraestructura aeroportuaria EDR II.

Durante este período de tiempo, el tráfico del TMA de Bogotá todavía tendrá que ser manejado de una manera óptima, utilizando sólo EDR I. El tráfico crecerá progresivamente y dependiendo de la velocidad del crecimiento, conducirá a una saturación progresiva. Por lo tanto, una serie de actividades en este período de tiempo deben dedicarse a gestionar bien el tráfico y desarrollar métodos de trabajo y herramientas para utilizar mejor y optimizar la capacidad existente del TMA.

Al mismo tiempo, será necesario crear capacidad mediante el uso de herramientas y conceptos modernos de gestión del espacio aéreo como el uso flexible del espacio aéreo (FUA) o la implementación de operaciones independientes simultáneas en EDR I. Esta es primero una buena inversión para el futuro, ya que estas herramientas y métodos de trabajo permanecerán en su lugar con el nuevo sistema del TMA de Bogotá y ayudarán a gestionar el tiempo y no a sobrecargar la planificación de la transición y la implementación.

Por último, este período también será el necesario para preparar la implementación operativa definitiva del nuevo concepto del TMA de Bogotá y el inicio operativo de la EDR II. El concepto general tendrá que ser finalizado y completamente definido. La futura sectorización debe diseñarse y los recursos humanos deben adaptarse a los retos futuros en términos de volumen, pero también a los métodos de trabajo. Esta evolución debe ser organizada con las diversas partes interesadas con el fin de garantizar un completo y adhesión al proyecto y resiliencia a las dificultades inevitables que aparecerán.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.8

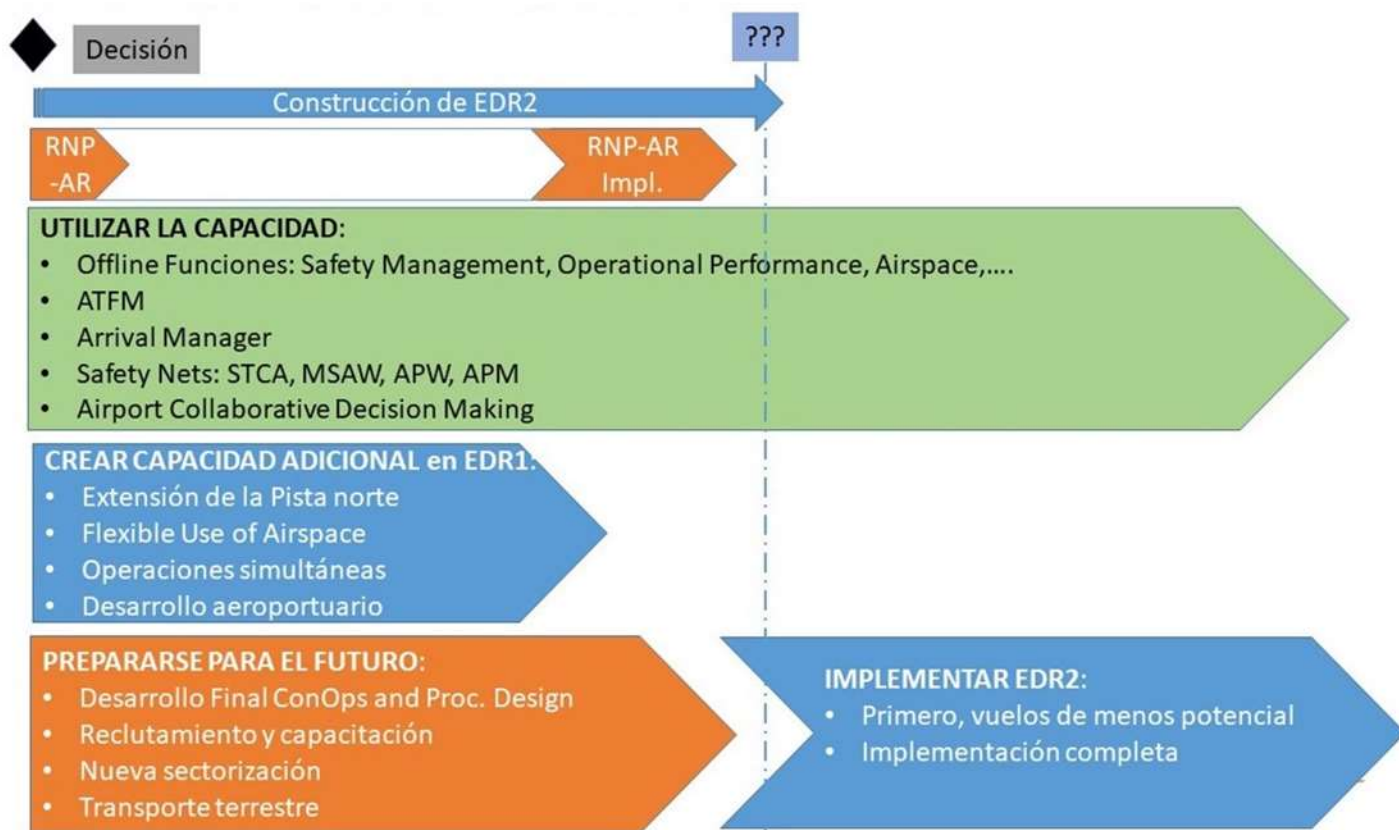


Ilustración 1: Propuesta de Plan de Transición

Para concluir este proceso de alrededor de una década, habrá que planificar un lanzamiento operativo de EDR II. En ese momento, los recursos humanos AEROCIVILes deberían estar disponibles, preparados y totalmente capacitados, la infraestructura EDR II debería estar lista, el espacio aéreo y los procedimientos deberían diseñarse y publicarse con esquemas de definición claros y acordados para los usuarios del espacio aéreo en relación con los procedimientos convencionales y RNP AR.



EDR II no necesita comenzar de una sola vez y puede evolucionar en diferentes fases, pero un esquema operativo claro y seguro con EDR I debería estar en vigor desde el comienzo de las operaciones EDR II.

## 1.2 UNA NECESIDAD PERMANENTE EN TIEMPO: UTILIZAR LA CAPACIDAD DISPONIBLE

Sea cual sea la evolución y el tráfico, AEROCIVIL tendrá que utilizar en cualquier caso la capacidad disponible de la mejor manera para optimizar el uso de los recursos, no sobrecargar la organización y afrontar futuros desafíos operativos. Esto es cierto y seguirá siendo cierto en la etapa presente, intermedia y futura de la evolución de Bogotá TMA.

El análisis de la organización actual de AEROCIVIL (inicializado en el contexto del Entregable No. 2 - Diagnóstico y consolidado a lo largo del estudio) muestra que el tráfico está bien gestionado pero más de forma táctica



	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.9

adaptativa que con una estrategia clara al tiempo que hace pleno uso de las herramientas disponibles. Los recursos se movilizan para privilegiar los cambios operativos y una serie de funciones fuera de la sala de control parecen faltar de recursos. Las herramientas también pueden existir y se han implementado, pero no parecen ser utilizadas operativamente con su máximo potencial para obtener cierta eficiencia adicional o simplemente reducir el estrés operativo.

Al escuchar los diversos desafíos de AEROCIVIL en términos de ATM y ATFM, el esquema estratégico/pretáctico/táctico tradicional y el feedback post-táctico, no parece formalizarse y apoyar mejoras progresivas del rendimiento colectivo. Además, la falta de cifras de capacidad sectorial parece ser perjudicial para el desempeño general de ATFM.

### 1.2.1 FUNCIONES FUERA DE LA SALA DE CONTROL

Al pasar por alto la organización de AEROCIVIL, parece que varias funciones fuera de la sala de control están con recursos bajos en comparación con la organización en línea. Debería disponerse de personal suficiente para apoyar los turnos operativos, pero el personal operativo podría optimizarse de acuerdo con el tráfico, la gestión de las competencias podría optimizarse, así como los turnos. La investigación en busca de eficiencia debe ser constante.

Esto sólo puede lograrse si se invierten suficientes recursos en funciones offline que es analizar las operaciones reales, detectar ineficiencias o proponer algunas mejoras, hacer algunas propuestas para adaptar esquemas estratégicos y tácticos y ganar experiencia analizando operaciones pasadas. Esto también es esencial que el personal a cargo de estas funciones mantenga una relación profunda y buena con la sala de operaciones con el fin de evitar el rechazo de sus propuestas por parte del personal operativo. Esto puede utilizar diferentes maneras, uno para secundar algunos empleados operativos en estas funciones fuera de la sala de control de forma regular. La segunda ventaja de abastecer las funciones fuera de la sala de control y analizar de forma clara y racional el rendimiento prestado operativamente y presentar este análisis de manera objetiva. Las propuestas de cambio o evolución serán bien entendidas y mejor aceptadas.



Se ha identificado que algunas funciones son esenciales para el éxito de la aplicación de la solución operativa propuesta. Sin embargo, una revisión general de la organización podría ser útil para identificar posibles mejoras.

- Gestión de la seguridad

El anexo 19 de la OACI crea la necesidad de desarrollar, mantener y actualizar un sistema de gestión de la seguridad que debe ser presentado y auditado por el regulador. Los informes obligatorios y voluntarios y la cultura no punitiva, o "Cultura Justa", son los activos esenciales de una buena y eficiente gestión de la seguridad. También es esencial implicar al personal operativo en los diversos análisis de eventos e informar adecuadamente, informar y comunicar sobre diferentes eventos, lecciones aprendidas con el fin de mejorar el nivel de seguridad.

El aumento previsto del tráfico y la gestión de los cambios sucesivos en el TMA requerirán un sólido análisis de seguridad y un equipo de seguridad reforzado, así como el desarrollo de un claro proceso de gestión, presentación de informes y análisis de la seguridad. La implementación de los sistemas de red de seguridad es inútil si no está bien ajustada y si no se analizan todas las alertas, ya sea para descartarlas, adaptar algún parámetro para evitar molestias o detectar un peligro real que necesita alguna mitigación.

Por todas estas razones, un equipo de seguridad reforzado es esencial para gestionar la evolución operativa futura y garantizar una mayor seguridad en nuevos cambios. Además, esto contribuirá en gran medida a la

	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.10

eficiencia, ya que un buen nivel de confianza y confianza en la seguridad permitirá aprovechar al máximo la capacidad disponible.

- Rendimiento operacional

Es necesario mejorar el sistema operativo del TMA de Bogotá. Pero, ¿hasta dónde? ¿Qué hay que mejorar? ¿Dónde están los desafíos? ¿Cuáles son los puntos fuertes de los esquemas operativos reales? ¿Cuáles son las debilidades? ¿Qué indicadores caracterizan las operaciones del Centro de Bogotá?

AEROCIVIL está informando naturalmente sobre su rendimiento sobre una base anual por muchas razones. Sin embargo, parece que no era posible para nosotros obtener datos de un sistema real de monitoreo del desempeño que caracterizaría las operaciones del Centro de Bogotá de forma diaria y regular permitiendo identificar las horas pico, los retrasos pico, las horas de bajo tráfico, la ocupación del sector, la ocupación de frecuencia, la tasa de fallas y la disponibilidad de diferentes sistemas, el uso en la operación real del concepto reciente de operaciones etc.

Con el fin de adaptar los métodos de trabajo y hacer algún desarrollo para identificar la fuente potencial de mejora del rendimiento, es necesario medir este de forma regular. Esto puede lograrse a través de herramientas adecuadas que recopilan datos de sistemas operativos, pero también manualmente. Lo que importa es haber definido los indicadores apropiados y tener un equipo para reunir, analizar e informar sobre esos indicadores de la forma más transparente posible. Esto tendría el beneficio de objetivar la percepción del desempeño operativo y ayudar a justificar cambios futuros, así como definir prioridades en futuros desarrollos.

Por lo tanto, los procesos de notificación y supervisión del rendimiento deben definirse para apoyar la estrategia y la evolución operativa. Esto será particularmente necesario en caso de escasez de recursos para definir adecuadamente las prioridades y los cambios futuros.



- Gestión de aeronaves mal equipadas y de bajo rendimiento

La gestión de aeronaves de bajo rendimiento en EDR I es actualmente una de las razones de algún uso indebido de la capacidad disponible en el aeropuerto. Como se mencionó anteriormente, el monitoreo regular de estos vuelos y un análisis sobre la forma en que influyen en el rendimiento general del sistema ayudarían a objetivar la situación e identificar posibles mejoras en su gestión específica, por ejemplo dándoles menos prioridad durante las horas pico del día mediante el privilegio de los aviones de rendimiento.

El comité de franjas horarias (gestión de los slots) y el programa aeroportuario también podrían dejarles menos espacio y tal vez podrían preverse incentivos financieros para no utilizar las horas pico.

- Diseño del espacio aéreo

Los expertos en espacio aéreo y diseño de procedimientos tienen un buen nivel de experiencia. A pesar de los plazos demasiado cortos dedicados a los intercambios técnicos durante el estudio, fue posible mantener discusiones fructíferas y desarrollar un buen nivel de entendimiento mutuo. Sin embargo, parece necesario dedicar o aumentar algunos recursos en el espacio aéreo y el proceso de diseño de procedimientos. Temas como el Uso Flexible del Espacio Aéreo, la negociación o adaptación de cartas de acuerdo (LOAs), el esquema de orientación al tráfico, así como la pequeña adaptación del Espacio Aéreo y la red de rutas requieren continuidad en la acción. Algunos análisis posteriores a la implementación son necesarios después de cualquier cambio para garantizar que el cambio implementado realmente trajo el rendimiento esperado, y evaluar si está bien utilizado o no.

	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.11

Además, en el Espacio Aéreo de Bogotá, que es un desafío con terreno montañoso y tráfico denso, puede ser útil asegurar que el concepto del espacio aéreo está bien utilizado y proceder con pequeños y adaptados ajustes cuando sea necesario, por ejemplo en caso de informes repetitivos de incidentes menores, retrasos o sobrecarga del sector.

Entonces un equipo de diseño del espacio aéreo sería muy valioso en el tiempo para preparar grandes cambios como la implementación de los procedimientos RNP AR y la red de rutas correspondiente y la implementación de EDR II.

- Comunicación con las partes interesadas

La comunicación con diversas partes interesadas: usuarios del espacio aéreo, operadores aeroportuarios, fuerzas estatales, etc. es esencial para gestionar adecuadamente una buena y productiva relación que cree un clima de confianza, evite disputas y argumentos recurrentes y facilite la cooperación cuando sea necesario.

Los resultados de supervisión del desempeño de objetivos compartidos ayudarán a demostrar los desafíos y la necesidad de soluciones cooperativas o justificar alguna decisión. La definición de un buen proceso de comunicación basado en el intercambio mutuo de información tanto a nivel estratégico como operativo sólo puede ayudar a crear el clima adecuado para trabajar de manera sostenible a los cambios comúnmente acordados, aceptar las limitaciones que van con él y anticipar o mitigar las posibles consecuencias negativas de estos cambios.



### 1.2.2 ATFM

En áreas de tráfico denso, ATFM es, por supuesto, un activo esencial para asegurar la gestión de la demanda de tráfico de la mejor manera. AEROCIVIL parece tener herramientas y competencias apropiadas en su Unidad de Gestión de Flujos para lograr adecuadamente un buen nivel de Gestión de Flujos, aunque se necesitarían más controladores de tráfico aéreo para fortalecer el equipo real. Sin embargo, no fue posible ver un análisis general de los retrasos, los cuellos de botella o los efectos estacionales sobre el tráfico anualmente. El equipo de la FMU parece bien equipado pero no está totalmente conectado a la sala de operaciones con el propósito de afinar o adaptar las medidas de gestión de flujo.

Además, el proceso general de gestión del flujo no parece ser el resultado de una preparación estratégica formalizada de la temporada, ajustada en la fase pretáctica y adaptada para la implementación táctica con cierto seguimiento de la carga de trabajo o capacidad instantánea y la presentación de informes post-táctica adecuados para el análisis. Por cierto, el registro de datos con fines posteriores al análisis es uno de los pilares de la mejora.

Parece que no existe una gestión de flujo coordinada regionalmente que pueda ayudar a coordinar las medidas de gestión de flujos a nivel regional. Sin embargo, el 70% del tráfico en Bogotá es nacional y la gestión de flujos podría coordinarse a nivel nacional. Además, intensificar el trabajo con los países vecinos, Panamá, Venezuela, etc. para obtener un aviso anticipado de los vuelos que llegan al espacio aéreo colombiano podría ayudar progresivamente a adaptar las medidas de gestión de flujo, pero también introducir cierta disposición cautelosa en la Carta de Acuerdo adecuada.

Los procesos de ATFM claros y robustos deben reforzar la confianza de la sala de operaciones en las medidas de protección adoptadas por la Unidad de Gestión de Flujos. Esto contribuirá en gran medida a utilizar toda la capacidad disponible y, en consecuencia, responderá mejor a la demanda de tráfico.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.12

### 1.2.3 GESTIÓN DE LLEGADAS

En una TMA tan concurrida como la de Bogotá, la secuenciación de llegadas ofrecería un beneficio real. AEROCIVIL parece tener herramientas adecuadas, pero no hacer un uso extensivo de ellas. La racionalización en tiempo real del flujo de tráfico para optimizar el rendimiento de la pista es esencial para garantizar el máximo uso de la capacidad de la pista.

La sección CNS (véase el capítulo 3) expone el beneficio de los sistemas AMAN y AMAN extendido y su posible contribución a una gestión fluida y de rendimiento del tráfico. Sin embargo, las herramientas o sistemas no aportan ningún beneficio si no se utilizan o no están totalmente integrados en los métodos de trabajo normales.

Por ejemplo, la gestión de llegadas en el TMA de París se implementó progresivamente a partir de los años 90 y ahora se ha convertido en vital para gestionar bien el tráfico. La secuencia se prepara de forma colaborativa a lo largo de esquemas comunes y pre-discutidos entre APP y ACC y luego es implementada por ambos de manera coordinada. El trabajo preparatorio logrado por el ACC está contribuyendo en gran medida a la eficiencia final de la secuencia, ya que el ACC está proporcionando un flujo pre-secuencializado a los sectores de enfoque que pueden ser marginalmente adaptados y optimizados para igualar la capacidad del aeropuerto. El uso de la gestión de llegadas ha aportado enormes beneficios y aumentos de capacidad a la TMA de París.

Una evolución similar para el TMA de Bogotá traería sin duda alguna mejora significativa y capacitiva. En cualquier caso, una cooperación eficiente entre ACC y APP contribuirá a un beneficio sustancial en la gestión del tráfico en el TMA de Bogotá.

Por último, con la implementación del EDR II y la necesidad de enviar tráfico en ambos aeropuertos significativos, se necesitarán procesos eficaces de gestión de llegadas. Se trata de una condición clara de gestión operativa de los pozos del esquema operativo propuesto.

### 1.2.4 RED DE SEGURIDAD



Ya abordado en la parte de Gestión de la Seguridad de este plan de transición provisional o en la sección CNS (ver Capítulo 3) de Entregable 6, las redes de seguridad son esenciales en la situación particular de la TMA de Bogotá. Como ya se ha mencionado, sólo serán útiles si las alertas se analizan y tratan adecuadamente con el fin de evitar molestias y contribuir al proceso general de gestión de la seguridad.

Además, el Espacio Aéreo de Bogotá es montañoso, contiene varias áreas restringidas y tendrá dos aeropuertos principales en las cercanías. Una buena condición para un uso capacitivo de este espacio aéreo es ayudar a los controladores en la vigilancia que deben ejercer hacia diversos parámetros como la penetración de la zona u obstáculos naturales. Con la implementación de NTZ en EDR I y ciertamente entonces en EDR II, esta necesidad sin duda aumentará.

Una correcta implementación de las redes de seguridad en el espacio aéreo del TMA de Bogotá sin duda contribuirá positivamente a la gestión eficiente de las limitaciones del espacio aéreo en la situación densa del tráfico.

### 1.2.5 TOMA DE DECISIONES COLABORATIVAS EN AEROPUERTOS

Al igual que la gestión de llegadas, los procesos de toma de decisiones colaborativas del aeropuerto son una forma de optimizar las operaciones en el aeropuerto y, en consecuencia, el rendimiento general del aeropuerto. Obviamente es necesario para EDR I, pero también podría preverse en la evolución del EDR II.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.13

La capacidad total del aeropuerto no puede ofrecer más que la capacidad de ambas pistas en términos de rendimiento. Sin embargo, muchos factores pueden contribuir a reducir la capacidad general del aeropuerto por debajo del rendimiento global de la pista y es esencial reducir la influencia negativa de estos factores en la capacidad mediante un proceso bien coordinado y colaborativo que optimizará las operaciones aeroportuarias, tendrá en cuenta las limitaciones del proveedor de servicios de navegación aérea y los usuarios del espacio, y optimizará el rendimiento global del sistema.

Al compartir información en tiempo real, los operadores aeroportuarios, los operadores de aeronaves, los servicios de asistencia en tierra y el control del tráfico aéreo pueden confiar en una mejor previsibilidad de las operaciones, incluido el progreso de los vuelos y los posibles eventos. El proceso de toma de decisiones de colaboración aeroportuaria, a través de procedimientos operativos y procesos automatizados, conducirá a una mejora de la eficiencia de todo el sistema.

Al igual que para ATFM y cualquier proceso de optimización, un esquema estratégico, pretáctico y táctico asociado con un monitoreo de rendimiento compartido contribuirá en gran medida al rendimiento general del proceso.

### **1.3 MIENTRAS TANTO: CREAR CAPACIDAD ADICIONAL EN EDR I**

En el capítulo anterior se identificaron varios puntos que con el tiempo contribuirían a la mejora general de las operaciones de Bogotá. Esas actividades, como se describe, son esenciales para aprovechar mejor la capacidad existente del sistema del TMA de Bogotá, hoy y en el futuro.

El presente capítulo tiene como objetivo destacar formas de crear capacidad adicional en Bogotá TMA con sólo EDR I entre el momento presente y el inicio de las operaciones de EDR II. Se han identificado algunos y prometedores elementos que, combinados con las mejoras identificadas en la sección 1.2 anterior, permiten gestionar el crecimiento previsto del tráfico durante la próxima década, suponiendo que este sea el tiempo necesario para desarrollar EDR II.

#### **1.3.1 EXTENSIÓN DE PISTA 13L/31R Y VARIAS MEJORAS DE AEROPUERTO**



La extensión de la pista 13L/31R no aporta en sí misma capacidad adicional en términos de número de movimientos. Sin embargo, EDR I es un aeropuerto importante para el tráfico de carga y es la ambición de Colombia de mantener y mejorar su posicionamiento para el transporte aéreo de carga en América del Sur. La ampliación de la pista 13L/31R contribuirá a este objetivo y también permitirá un mayor peso máximo de despegue para todas las aeronaves, en pasajeros, carga o configuraciones combinadas.

Dadas las características del aeropuerto de Bogotá, esto permitiría aumentar la capacidad de pasajeros, especialmente para la salida, sin aumentar significativamente el número de movimientos.

Además, la creación de pistas de rodaje adicionales de salida rápida en ambas pistas 13/31 debería contribuir a aumentar el rendimiento total de la pista.

#### **1.3.2 USO FLEXIBLE DEL ESPACIO AÉREO**

El uso flexible del espacio aéreo parece implementarse actualmente en el espacio aéreo de Bogotá de una manera relativamente reducida y el tráfico de las fuerzas estatales parece crear una serie de restricciones para

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.14

el manejo del TMA y el EDR I. Además, la importancia del volumen ocupado por SKR10 no permite una gestión flexible del tráfico en el Espacio Aéreo de Bogotá.

Las negociaciones deben esforzarse con la Fuerza Aérea y tal vez con otros usuarios del espacio aéreo estatal para limitar y adaptar las restricciones militares a la necesidad del aeropuerto de Bogotá. La zona SKR10 podría remodelarse para dar cierta flexibilidad adicional donde se necesita para el espacio aéreo de Bogotá. Las rutas condicionales deben crearse y utilizarse de forma regular y planificable para ofrecer trayectorias directas a las llegadas de vuelos a Bogotá cuando sea posible.

La definición de SKR10 se modificará en el Sur para permitir el posicionamiento del sistema Point Merge. Algunos bloques en la zona SKR10 podrían diseñarse con esquemas de activación o desactivación dependiendo de las necesidades de tráfico militar o civil. Por último, podría ofrecerse cierta flexibilidad adicional a los vuelos militares mediante la creación de una partición adicional del SKR10 en una parte del espacio aéreo utilizada actualmente por las partes interesadas civiles y, por lo tanto, que podría ser utilizada por las autoridades militares bajo un concepto avanzado de la FUA.

### 1.3.3 OPERACIONES INDEPENDIENTES SIMULTÁNEAS EN PISTAS PARALELAS

Las operaciones independientes simultáneas en pistas paralelas en EDR I forman parte del concepto de operaciones propuesto. Con la implementación de un NTZ en EDR I y después de asegurar el nivel adecuado de vigilancia, esto parece claramente posible como el siguiente movimiento significativo en EDR I para crear capacidad adicional.

Dependiendo de la gestión del tráfico a nivel del sistema Point Merge real, AMVES y combinado con la gestión de llegadas y CDM, esto podría ofrecer una ganancia significativa en capacidad (hasta un 10 %) que contribuiría en gran medida a hacer frente a los desafíos de la próxima década. De hecho, condicionado por un buen y validado estudio de seguridad, esto ofrecería comodidad adicional a los controladores.



Estos procedimientos requerirían una buena preparación y garantizarían la disponibilidad de todos los elementos necesarios descritos por la OACI PANS-ATM, pero están a mano. Tal evolución sería una buena inversión para AEROCIVIL y EDR I, ya que también se prepararía para los próximos pasos evolutivos para proporcionar experiencia en operaciones paralelas independientes y datos estadísticos sobre rupturas, peligros del MET y otros eventos temidos.

No obstante, si el rendimiento de la pista EDR I aumenta significativamente, se debe prestar atención a la gestión de superficies y al sistema de rodaje para garantizar que esta capacidad adicional no se pierda debido a una mala gestión del tráfico sobre el terreno.

### 1.3.4 DESARROLLO AEROPORTUARIO

El desarrollo del aeropuerto en términos de gestión de pasajeros no está trayendo en sí mismo capacidad adicional ATC en la plataforma. Sin embargo, EDR I actualmente está teniendo un alto número de movimientos en comparación con el número de pasajeros: alrededor de 1 Mpax para 10 000 Mvts en comparación con París con 1,5 Mpax para 10 000 Mvts.

Se podría realizar un estudio para comprender mejor este fenómeno que puede resultar de un gran número de aviones de pequeña capacidad o de vuelos con baja tasa de ocupación de asientos que asistan a Bogotá, lo que contradice la tendencia general de las aerolíneas a la gestión del rendimiento. En la primera hipótesis, un cambio

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.15

en la gestión de este tráfico de baja capacidad y en la organización física del aeropuerto podría conducir a algún beneficio para las aeronaves más capacitadas.

Esto conduciría sin duda a una reorganización de la zona terminal que debería preverse y planificarse con la visión de la distribución prevista del tráfico después de la apertura del EDR II.

#### **1.4 PREPARAR LA IMPLEMENTACION DE EDR II Y NUEVO CONCEPTO DE ESPACIO AEREO**

Después de la decisión definitiva de poner en marcha el proyecto EDR II y el concepto correspondiente de espacio aéreo, estará disponible alrededor de una década para prepararse para el nuevo sistema del TMA de Bogotá. Esto podría parecer grande, pero a pesar de todo el trabajo realizado en el presente proyecto, todavía se necesitan una serie de medidas preparatorias, y debería elaborarse un plan claro para cumplir con los plazos y gestionar adecuadamente un proyecto tan ambicioso.

Se debe designar un equipo de proyecto dedicado para coordinar esta importante evolución. Naturalmente, debe estar compuesto por personal competente de AEROCIVIL con buenas habilidades de gestión de proyectos, pero también coordinarse regularmente con todas las partes interesadas en el proyecto. A nivel político, debe demostrarse una intención firme y constante de llevar el proyecto a la etapa final a fin de protegerse de posibles perturbaciones, pero también garantizar una asignación adecuada de los recursos para tener éxito.



El equipo del proyecto iniciará la estrategia para la implementación gradual del plan final. Sin embargo, esta estrategia debe desarrollarse con la dirección de AEROCIVIL, que luego tendrá que implementarla y obtener apoyo de los usuarios y el personal. Se necesita una fuerte participación de la gestión de alto nivel de AEROCIVIL al menos del Director General, sus asesores y el Director de Navegación Aérea para asegurar y pilotar un plan de acción suficientemente consolidado para completar con éxito la estrategia de implementación.

##### **1.4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA OPTIMIZAR EL NUEVO CONCEPTO**

El consultor propuso un concepto óptimo para cumplir con la ambición de AEROCIVIL y alcanzar los objetivos estratégicos. Las actividades dirigidas en un apretado cronograma de proyectos ofrecen una muy buena visión del potencial de las operaciones futuras, y las mejoras adicionales podrían haber sido consideradas con un programa más cómodo. Todavía es necesario recopilar varios datos para consolidar las hipótesis del concepto propuesto y optimizarlo.

Este es especialmente el caso de los datos meteorológicos. Los datos disponibles sobre la localización de EDR II sólo abarcaban un período de 6 meses en el que habría sido necesaria al menos una duración de uno a dos años para tomar algunas opciones definitivas sobre artículos como la pista preferencial en uso, por ejemplo, o la variación de la visibilidad o los datos estadísticos sobre los vientos locales y los fenómenos de cizallamiento del viento. Esta recopilación de datos debe iniciarse lo antes posible.

Además, con el fin de optimizar el diseño del espacio aéreo y el procedimiento y mejorar significativamente las trayectorias RNP AR en la reducción o mitigación de posibles desviaciones y según lo permitido por la regulación, los datos estadísticos sobre el viento a diferentes capas de altitud (durante 5 años, 1000, 2000, 3000, 4000 pies) en las proximidades del aeropuerto podrían permitir afinar el diseño. Los modelos eólicos de la OACI son muy conservadores y pueden crear restricciones que no están justificadas.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.16

También deben comprobarse las condiciones de realización del proyecto. Este es, por ejemplo, el caso de las restricciones del CNS para asegurar el nivel adecuado de vigilancia o verificar la no perturbación de las señales ILS.

Además, un riguroso control de obstáculos durante toda la transición y después será una necesidad. AEROCIVIL debe estudiar todos los detalles prácticos necesarios para la finalización o aplicación del concepto de espacio aéreo y las operaciones de la EDR II en esta fase preliminar de transición.

#### 1.4.2 TRANSICIÓN RNP-AR

Una condición esencial para el éxito es la implementación de los procedimientos RNP AR en EDR I para gestionar la coexistencia en un área muy pequeña de EDR I y EDR II. Es esencial ofrecer la flexibilidad y precisión requeridas de las trayectorias respectivas y crear sistemas SID y STAR no conflictivos y procedimientos de aproximación para los respectivos aeropuertos. RNP 0.15 es necesario para asegurar la separación capacitiva de trayectorias entre El Dorado I y El Dorado II o mejor mínimo operacional.

Este es un desafío en sí mismo para garantizar que la flota sea lo suficientemente homogénea como para seguir atendiendo a EDR I. EDR II seguirá ofreciendo potencial para los aviones equipados convencionales, pero esto ya no será el caso para EDR I.

Una clara estrategia de comunicación con los principales usuarios del espacio aéreo para convencerlos del beneficio de equipar sus aviones con la tecnología adecuada. Este será naturalmente el caso de los aviones modernos, pero será más difícil y caro para los aviones más antiguos. Avianca, Copa, LATAM normalmente deberían estar inclinados a equiparse con un nivel suficiente de anticipación ya que ya vuelan en otros aeropuertos de RNP AR en América del Sur.

También es de suma importancia que este movimiento vaya acompañado por el regulador colombiano y que se elabore un marco regulatorio adecuado.

A continuación, debe abordarse la cuestión de la publicación de las limitaciones y el nivel obligatorio, así como la cuestión de las aeronaves estatales que siguen operando en EDR I. Tendrán que estar equipados con funciones RNP AR o pasar a EDR II.

Tras el primer anuncio de las limitaciones de RNP-AR y la publicación oficial del programa correspondiente, debería iniciarse un seguimiento de la flota que llega a EDR I para supervisar la situación y anticipar posibles dificultades que no deberían dar lugar a una situación de bloqueo en el momento de iniciar operaciones EDR II.



#### 1.4.3 DIÁLOGO PRODUCTIVO CON TODAS LAS PARTES INTERESADAS

Además de la cuestión esencial y delicada de la RNP-AR, debe establecerse un diálogo productivo con todas las partes interesadas a fin de asegurar el éxito común definitivo en el momento de la aplicación.

Este debería ser claramente el caso de los organismos externos: operadores aeroportuarios, operadores del espacio aéreo, fuerzas estatales, regulador, representantes políticos y todos los usuarios reales o futuros del sistema aeroportuario de Bogotá.

Este también debe ser el caso internamente con el personal de AEROCIVIL para asegurar una dinámica común hacia este proyecto tan desafiante.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.17

#### 1.4.4 FINALIZAR EL CONCEPTO DESARROLLADO Y EL DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO CORRESPONDIENTE

El desarrollo del concepto propuesto se llevó a cabo al máximo nivel posible en los plazos del contrato. No obstante, es necesario que AEROCIVIL continúe estudios y finalice el desarrollo del concepto y el diseño del procedimiento correspondiente para beneficiarse de un nuevo concepto de espacio aéreo totalmente maduro y apropiado antes de su implementación.

De hecho, el estudio del sistema también debería haber incluido trabajos adicionales para definir las trayectorias y sectorizaciones de los centros de Aproximación y Ruta de Bogotá, a fin de garantizar una gestión fluida y segura del tráfico desde todas las direcciones, ya sea que vuelen de acuerdo con los procedimientos de RNP AR o los procedimientos convencionales. El aumento de la densidad de tráfico en la TMA crea la necesidad de una fuerte colaboración entre el ACC y el TMA de Bogotá para la gestión del tráfico, la secuenciación y la distribución de los movimientos a diferentes llegadas. Del mismo modo, alimentar el tráfico en la TMA de Bogotá desde TMA adyacente requiere una mayor reflexión, en un sofisticado sistema de trayectoria, para encontrar soluciones que no penalicen en exceso los flujos de tráfico de TMA adyacentes.



Dado que estos puntos no forman parte del marco del estudio realizado hasta ahora por el consultor y no pueden abordarse en profundidad. No obstante, se han propuesto recomendaciones generales (véase el capítulo 3). En un sistema complejo y completo, deben ser explorados con más detalle para determinar, como mínimo, la viabilidad de un sistema de este tipo en términos de limitaciones e interfaces con centros adyacentes: los centros en ruta y los FIR adyacentes. También sería con beneplácito el trabajo adicional sobre los flujos de alimentación de las diferentes rutas aéreas. Esto probablemente requerirá una mayor participación de los equipos operativos en Bogotá (ACC y APP) para investigar las diversas limitaciones y posibles soluciones.

De manera idéntica, si bien los diversos puntos que se abordarán en la transición se habrán tratado con el Centro Bogotá, ya que los centros adyacentes participarán en esta evolución de la TMA de Bogotá, es importante que la estrategia de implementación sea considerada a un nivel más general y consolidada para consolidar el plan de desarrollo del TMA en Bogotá.

En cuanto a la sectorización, se debe trabajar en el análisis de los temas de sectorización y coordinación entre los sectores de rutas y los sectores de aproximación para el suministro de tráfico del TMA de Bogotá. Este trabajo tendrá como objetivo no sólo buscar los mejores esquemas de sectorización posibles, sino también determinar el sistema de colaboración y sectorización entre ACC y TMA que permita la disposición más capacitiva. Se realizarán trabajos similares con las TMAs adyacentes al TMA de Bogotá.

Estas actividades llevadas a cabo deben implicar, en la medida de lo posible, a los expertos operativos de AEROCIVIL. Idealmente, esto debe hacerse, en forma de talleres, desde el inicio del proyecto, con el fin de comprender plenamente las cuestiones operativas y técnicas y consolidar los objetivos con mucha antelación para tener tiempo para desarrollar propuestas y soluciones, hasta las versiones detalladas de los arreglos operativos propuestos.

La creación de un grupo de trabajo "Hacia el nuevo sistema del espacio aéreo de Bogotá" es conveniente. Este grupo de controladores analizaría el nuevo concepto de espacio aéreo, tomar posesión y probar todos los aspectos a través de simulaciones en tiempo real preparadas para este propósito. Estas simulaciones en tiempo real permitirán identificar posibles conflictos, defectos o aspectos que no aparecieron durante la concepción inicial. Idealmente, este grupo debería haber trabajado en colaboración con los realizadores iniciales del sistema. En el caso de que no fuera posible, es importante que una mayor evolución del concepto mantenga los mismos objetivos (capacidad, seguridad, eficiencia) y filosofía.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.18

Del mismo modo, se necesita la creación de un "Equipo de Seguridad" compuesto por coordinadores de seguridad, expertos de primera línea (ATCO, ATSEPs, Pilotos, ...). Los aspectos sucesivos del Concepto del Espacio Aéreo necesitarán una evaluación de Seguridad y AEROCIVIL debe una evaluación de seguridad del nuevo concepto que debe ser aprobado por el regulador colombiano. Este trabajo debe integrarse progresivamente y reaccionar al trabajo de finalización del Concepto y permitir una colaboración constructiva con el equipo de gestión del proyecto y todos los expertos movilizados en el proyecto.

Como principio general, las actividades deben organizarse de manera que se creen motivaciones e implicaciones de todas las partes interesadas internas de AEROCIVIL y en buena relación con las partes interesadas externas. Esto debe organizarse de manera estructurada para no poner en peligro el respeto de los plazos y los objetivos finales, sino que debe promoverse una energía colectiva buena y productiva para facilitar la propiedad final y el éxito.

Además, el concepto de espacio aéreo propuesto se basa en tecnologías avanzadas como los procedimientos RNP AR, GLS o PBN a XLS, que están evolucionando mucho y continuarán evolucionando en la próxima década en beneficio del concepto propuesto. Aparecerán nuevas normas, así como nuevas posibilidades que pueden ayudar a obtener un mayor nivel de optimización (véase el Anexo, donde se adjunta una lista extraída del Programa de Trabajo de Navegación Aérea de la OACI que toca PBN y GBAS). Es esencial que AEROCIVIL se organice para seguir activamente estas obras y beneficiarse de ellas para la finalización del Concepto del Espacio Aéreo.

Por último, todos los procedimientos deben desarrollarse, aprobarse y publicarse naturalmente antes del inicio operativo. También debería preverse un desarrollo progresivo y la aplicación de todos los procedimientos de RNP AR sobre EDR I.

#### **1.4.5 ELABORAR UNA NUEVA SECTORIZACIÓN**

La nueva sectorización final será el resultado de todos los estudios mencionados en el capítulo anterior. En el capítulo 2 de esta entrega se proponen principios y una tentativa de sectorización, pero AEROCIVIL debe elaborar uno final con suficiente antelación antes de que comience a ponerse en marcha, organizarse y activarse en el momento del inicio.



El número de sectores influirá en el número de puestos de trabajo para equipar e influir potencialmente en la salida de la sala de operaciones. Debe estimarse en un momento compatible con la adquisición de los equipos correspondientes.

Además, esta nueva sectorización influirá en gran medida en el esquema de capacitación y cualificación de los ATCO y se definirá y estabilizará a tiempo para permitir la planificación y organización de la formación de ATCO sin comprometer el trabajo operativo normal y regular para hacer frente al tráfico diario.

Mientras tanto, la gestión de llegadas de manera cooperativa entre ACC y APP se habrá convertido en la forma estándar de funcionamiento y esto debe tenerse en cuenta en el nuevo esquema de sectorización.

#### **1.4.6 RECURSOS HUMANOS: RECLUTAMIENTO Y CAPACITACIÓN**

Muy pronto en el curso de la preparación de la aplicación, habrá que realizar una estimación aproximada de los recursos humanos necesarios para llevar a cabo la nueva sectorización. Esta estimación debe considerar una forma estabilizada de operar el nuevo sistema, incluidas las funciones fuera de la sala de control descritas en la

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.19

sección 1.2 de este plan de transición provisional. Esta estimación aproximada no es necesaria para la última, sino que debe ayudar a identificar los desafíos relacionados con el plan de recursos humanos a establecer. A partir de esta primera estimación, se debe establecer un plan de contratación provisional para evaluar todas las posibles consecuencias: presupuesto, tamaño de las instalaciones, programa inicial de capacitación y concesión de licencias, y todas las partes del proceso de recursos humanos.

Tras el análisis de todos los aspectos de este primer borrador de un plan de recursos humanos, la consolidación debe realizarse en completa coordinación con todos los actores del proceso de contratación respectivo: selección, formación inicial, formación en el trabajo, etc. Es esencial que el flujo de contratación sea coherente entre el posible para el proceso de formación inicial y el OJT (On-The Job Training) en el centro, y que todo se elabore hacia el objetivo operativo final. Debe considerarse la consolidación del plan de ejecución, los recursos humanos y el plan presupuestario de la EDR II a fin de determinar plazos sólidos para ambos procesos y prever una progresión coherente adecuada.

Un aspecto que debe estudiarse desde el principio debe ser el sistema de cualificación y concesión de licencias en consonancia con la sectorización y con el fin de buscar una mayor flexibilidad en la gestión de los recursos humanos operativos: esto puede afectar a los posibles sistemas de agrupación o desagrupación sectorial, los cambios correspondientes, así como la forma de adquirir diversas calificaciones.

Por último, se debe elaborar un plan de formación. Debe considerar la formación en la unidad operativa y la preparación y la necesaria conversión a nuevas competencias y conocimientos en relación con el nuevo concepto de espacio aéreo. La teoría, las sesiones informativas y las simulaciones de formación adaptadas deben formar parte de este plan.



#### **1.4.7 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS**

Naturalmente, la preparación de infraestructuras para la EDR II debería formar parte de todos los trabajos preparatorios que se lograrán en el período de transición. Esto debe comprender la ingeniería civil, así como la instalación de todos los equipos CNS. Es esencial que las decisiones sobre el posible traslado de la base militar de SKMA a la EDR II se tomen al principio del período de transición para asegurar el éxito de este movimiento y preparar las instalaciones. La consolidación de la planificación de la preparación de la infraestructura debe consolidarse con recursos humanos, desarrollo del espacio aéreo y planificación presupuestaria.

Además de la necesaria planificación preparatoria técnica y operativa, es necesario iniciar actividades para proteger la capacidad de iniciar operaciones en la próxima década en un área muy dinámica y en desarrollo que es la de Facatativá y Madrid. Es esencial controlar el desarrollo urbano en las proximidades del futuro EDR II y limitar las posibles molestias ambientales al vecindario de la futura EDR II.

Junto con el desarrollo de la infraestructura EDR II, un plan para el desarrollo del transporte terrestre entre la EDR II y la ciudad de Bogotá, respectivamente, y EDR II y EDR I. Una conexión rápida y eficiente entre EDR II y EDR I es adecuada para permitir primero a las aerolíneas desarrollar sus estrategias en términos de transferencia de pasajeros y uso de plataformas EDR II y EDR I. Si se pudiera decidir y desarrollar una conexión ferroviaria rápida entre EDR II y EDR I, esto beneficiará en gran medida la eficiencia global del sistema, ya que la corta distancia en línea directa entre EDR II y EDR I casi permitiría considerar los dos aeropuertos como una plataforma extendida al menos en términos de gestión de pasajeros.

### **1.5 IMPLEMENTACION EDR II**

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.20

La aplicación y el inicio operativo de la EDR II serán, en la medida de lo posible, progresivos. Sin embargo, tan pronto como las operaciones de EDR II comiencen regularmente, los procedimientos convencionales deben suspenderse en el EDR I. El escenario de implementación debe estudiarse cuidadosamente para definir las diferentes fases de la implementación del EDR II y los movimientos correspondientes de EDR I a EDR II. El debate que figura a continuación presenta ideas muy preliminares para ese plan de aplicación.

### 1.5.1 DESARROLLO DE UN ESCENARIO DE IMPLEMENTACIÓN OPERACIONAL

Durante la primera parte de la fase de transición y, lo antes posible, deben establecerse algunos escenarios para la aplicación operativa del EDR II. Estos escenarios deben prever todos los aspectos potenciales de la aplicación: ATC, operaciones aeroportuarias, operaciones de aeronaves, autoridades locales, etc. Deben discutirse con todas las partes interesadas y el regulador para elaborar un escenario de colaboración final y una hoja de ruta para todos los operadores que puedan ser preparados, coordinados y gestionados de manera colaborativa para una implementación final y exitosa.

Esta implementación debe identificar al menos 2 fases:

- Una fase inicial de plena explotación de la EDR II que requerirá la especialización de EDR I en RNP AR: esta fase consideraría operaciones segregadas dependientes en el EDR II.
- Una fase final de plena explotación de la EDR II que ofrecerá plena capacidad con operaciones paralelas independientes en EDR II.

### 1.5.2 IMPLEMENTACIÓN INICIAL EDR II: OPERACIONES SEGREGADAS DEPENDENTES

La implementación inicial de EDR II debe ofrecer la capacidad de trasladar todas las llegadas y salidas convencionales a EDR II y especializar EDR I a RNP AR. Esto ofrecería claramente un paso significativo en términos de capacidad adicional para la TMA y ofrecería beneficios globales en relación con el nuevo concepto de espacio aéreo sin agotar todo el potencial de mejora. Las simulaciones han demostrado una capacidad clara del espacio aéreo y el sistema operativo propuestos para que coincidan con 2029 como se presionó actualmente para 2029.



Los sistemas Point Merge, la sectorización y todo el sistema estarán en su lugar en esta etapa, así como los métodos de secuenciación.

En esta etapa, la explotación completa está en su lugar y el tráfico puede crecer. Una evolución tendenciosa del sistema del espacio aéreo puede tener lugar para ofrecer progresivamente el máximo potencial que será posible con la etapa final y las operaciones de pista paralelas independientes.

### 1.5.3 IMPLEMENTACIÓN FINAL EDR II: OPERACIONES DE PARALELAS INDEPENDIENTES

En la etapa de esta fase final de implementación, EDR II operará con operaciones paralelas independientes con operaciones mixtas, semi mixtas o segregadas en ambas pistas.

El sistema TMA debe ser capaz de ofrecer todo el potencial de capacidad y cumplir con los objetivos de tráfico previstos para 2040.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.21</b>

## 1.6 CONCLUSIÓN

Como conclusión de esta presentación de la **tentativa de plan de transición**, es importante considerarlo como un primer borrador o una lista inicial de todos los puntos o actividades a considerar por AEROCIVIL para la transición hacia la implementación del EDR II con el nuevo concepto de Espacio Aéreo.

El siguiente calendario de alto nivel intenta resumir y sintetizar estas actividades en una misma cifra. Es importante que se dé suficiente tiempo a cada paso de progreso del proyecto. Sin embargo, el proyecto de transición debe evolucionar a velocidad regular para cumplir con los objetivos globales y los desafíos de tráfico identificados, pero también para mantener la motivación y una participación dinámica de todas las partes interesadas, desde dentro y fuera de AEROCIVIL.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.23

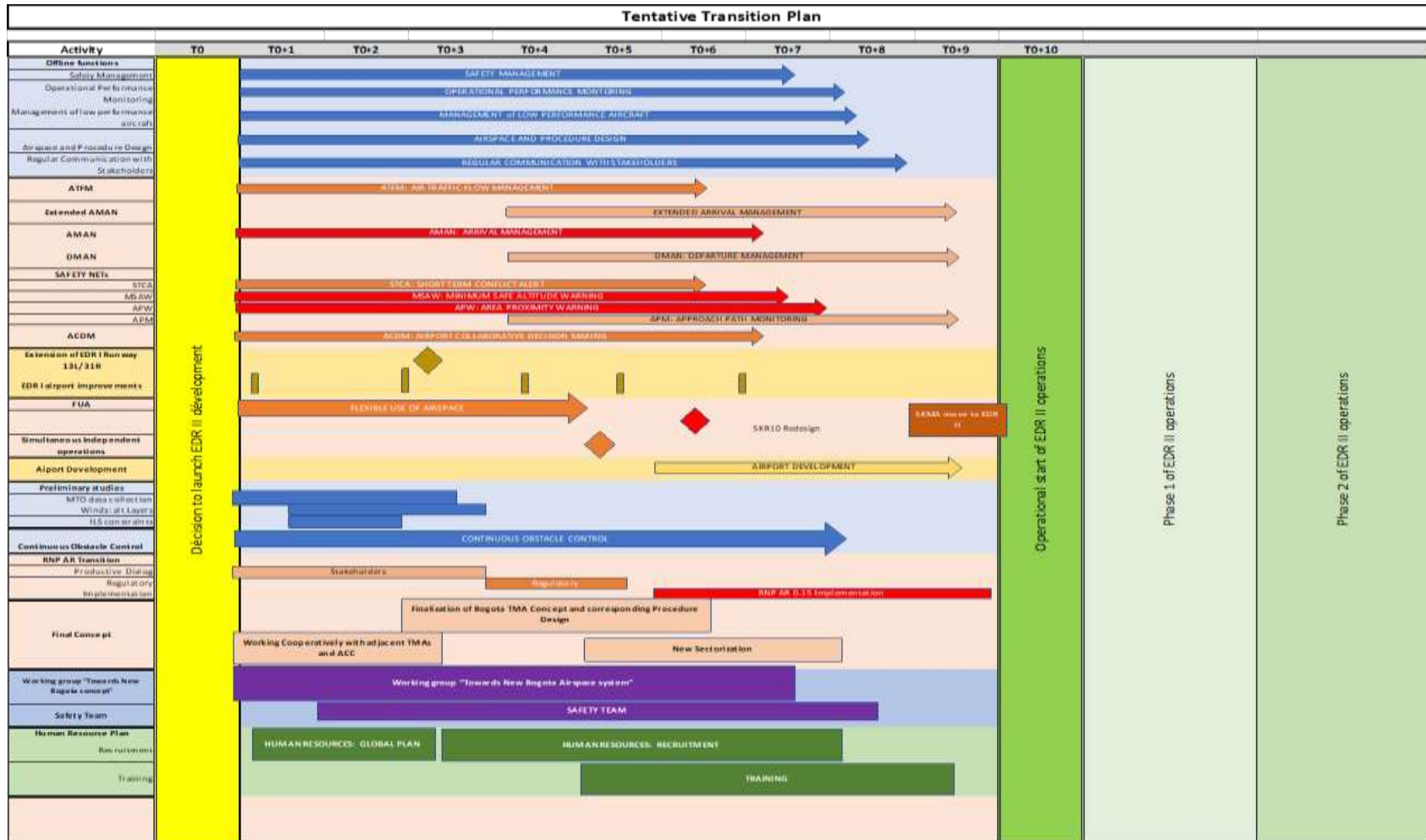




Ilustración 2: Tentativa de Plan de Transición

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.24</b>

Un compromiso fuerte y sostenible del equipo de gestión superior de AEROCIVIL en el proyecto de transición es una condición esencial para mantener las horas extras de energía y recursos.

La duración de la transición durará aproximadamente una década durante la cual se producirán muchas evoluciones: la flota de aeronaves se modernizará, la regulación evolucionará y ofrecerá una mayor flexibilidad, se borrarán los obstáculos técnicos y aparecerán soluciones. Es importante que AEROCIVIL siga siendo consciente de todas estas evoluciones y se beneficie plenamente de ellas para mejorar el sistema TMA de Bogotá. AEROCIVIL podría participar aún más de una manera muy activa a algunas evoluciones regulatorias o experimentos con el fin de acelerar la progresión en algunos elementos de gran interés para el nuevo concepto de espacio aéreo. Este podría ser especialmente el caso en RNP, SBAS, GBAS o PBN a XLS, trabajo relacionado en la OACI y en la región SAM.

Por último, el rendimiento general del sistema se beneficiará en gran medida de la evolución de los métodos de trabajo. Esto se puede poner en marcha y comenzar muy rápidamente antes de que se convierta en una necesidad y contribuirá en gran medida al éxito general de la transición.

Es de suma importancia que durante toda esta transición, AEROCIVIL vaya acompañado del regulador y que los retos y las correspondientes mitigaciones en el manejo de los cambios sucesivos sean bien manejadas en plena cooperación entre la ANSP colombiana y la Autoridad de Supervisión de Colombia.

## **2 PROPUESTA DE INCLUSIÓN EN EL PLAN MAESTRO Y EN EL PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA**

### **2.1 PROPUESTA DE INCLUSIÓN EN EL PLAN MAESTRO**

#### **2.1.1 INTRODUCCIÓN**

El Plan Maestro del Aeropuerto presenta la visión a largo plazo y el potencial de desarrollo de una plataforma. En esta sección, se establece un vínculo entre la solución optimizada propuesta de concepto de operaciones para el TMA de Bogotá y lo siguiente:

- EDR I



El documento de referencia considerado es: Actualización del Plan Maestro de Aeropuerto Internacional EL DORADO – Resumen Ejecutivo, 2014, de TYLIN INTERNATIONAL para AEROCIVIL

- EDR II

Los documentos de referencia considerados son extractos del estudio dirigido en 2015 y 2016 por TALIN INTERNATIONAL para AEROCIVIL: CONSULTORÍA PARA EL ANALISIS TECNICO DE LA VIABILIDAD OPERACIONAL PARA EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELDORADO II DE LA CIUDAD DE BOGOTA, COLOMBIA, liderado en 2 etapas y cubriendo varios aspectos de este futuro proyecto. Para cubrir el perímetro del estudio actual sobre la definición del escenario óptimo de operaciones para el TMA BOGOTA, se centrará en las consideraciones estratégicas y operativas del Plan Maestro para el EDR II.

Los documentos antes mencionados han sido proporcionados por AEROCIVIL durante el proyecto. Sirvieron como insumos para definir y actualizar las diversas hipótesis para el diseño del concepto de espacio aéreo



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.25</b>

propuesto, ya que el escenario final optimizado está en fase con el objetivo y la ambición para los aeropuertos de TMA Bogotá.

## 2.1.2 EL DORADO I

En referencia a la Actualización del Plan Maestro del Aeropuerto Internacional EL DORADO – Resumen Ejecutivo, el documento resume los objetivos de desarrollo y capacidad a corto, mediano y largo plazo desde 2014.

### Infraestructura aeroportuaria EDR I

Las infraestructuras de la zona aérea y zona terrestre constituyen un sólido facilitador para alcanzar los objetivos de desarrollo. El análisis de las infraestructuras fue fuera del alcance del estudio actual. Sin embargo, para la zona aérea, la ampliación de la pista 13L, las nuevas salidas rápidas y las optimizaciones de los puestos de estacionamiento previstas en los próximos años contribuirán en gran medida a una mejor y eficiente gestión de las operaciones.

Con respecto a la infraestructura EDR I, gran parte del estudio anterior puede ser retenido. Si la aviación de estado se traslada a EDR II, se puede considerar un estudio sobre la recuperación del espacio ocupado y permitiría una revisión de las opciones para la ampliación de las áreas de terminal y estacionamiento.

También, una buena, rápida y eficiente medida de transporte terrestre entre los dos aeropuertos (EDR I y EDR II) facilitaría el equilibrio entre la demanda de pasajeros y la conectividad en ambos aeropuertos.

### Pronósticos de la demanda

En 2014, la previsión de pasajeros preveía un aumento del 7,6% a corto plazo (2014 – 2019), del 5,3% a medio plazo (2014 – 2024) y del 3,4% a largo plazo (20 años).



En cuanto a la fase a corto plazo, el diagnóstico desarrollado en el contexto del Entregable 2 correlacionada con los Datos de Transporte Aéreo FRACS llegó a las siguientes conclusiones:

	2014	2015	2016	2017	2018	Crecimiento 2014/2018
En Colombia	57,610,164	63,295,382	66,415,707	65,573,749	68,866,344	20%
Aeropuerto EDR I	27,395,004	29,924,090	31,008,516	30,950,290	32,685,035	19%
	48%	47%	47%	47%	47%	

Tabla 1: No Total de Pasajeros (Vuelos Comerciales) - Fuente: Base de Datos FRACS Air Transport Data (Datos de Transporte Aéreo)

La realidad superó notablemente las ambiciones iniciales, lo cual es altamente beneficioso para el TMA de Bogotá y demuestra el dinamismo de la región. No obstante, también alienta a AEROCIVIL y a sus partes interesadas a que prosigan las iniciativas de modernización de la infraestructura general de tráfico aéreo para apoyar la creciente demanda y proporcionar servicios óptimos.

En cuanto al tráfico de carga, FRACS observó una actividad ligeramente por debajo de los objetivos del Plan Maestro a corto plazo (más detalles se exponen en la Entregable 2); la misma tendencia se ha observado para el número total de movimientos. Esta última observación puede estar relacionada con el creciente uso de aeronaves con más capacidad y una tasa de ocupación de asientos más alta a lo largo de los años.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.26</b>

Teniendo en cuenta la crisis actual que afecta al mundo de la aviación debido a la difusión de COVID-19 (ver la sección 2.2 para obtener más información), será necesario que AEROCIVIL evalúe sus consecuencias en el tráfico y actualice los diversos objetivos de demanda y capacidad para el futuro.

### Capacidad del aeródromo

El Plan Maestro declaró una capacidad de pista de 76 movimientos por hora en 2014 sólo para EDR I y fijó el objetivo de 100 movimientos por hora. Esta capacidad de pista optimizada en EDR I es posible reduciendo la separación entre aeronaves y reduciendo en gran medida el tráfico Cat A.

El concepto de operaciones propuesto está totalmente en consonancia con este objetivo. En efecto, para todo el sistema aeroportuario compuesto por EDR I y EDR II, el nuevo concepto aeroportuario propone una capacidad de pista equilibrada perfecta entre las plataformas, teniendo en cuenta al mismo tiempo las diversas limitaciones vinculadas a las operaciones simultáneas en ambos aeropuertos (véase el capítulo 2 para más detalles). De hecho, el diseño del nuevo concepto de operaciones se centró en una capacidad global de hasta 180 movimientos por hora para todo el sistema de 4 pistas (2 pistas paralelas en EDR I, 2 pistas paralelas en EDR II).

Los números de capacidad deberán actualizarse con los del nuevo concepto de espacio aéreo (ver sección 2.1.4).

### Demanda/Capacidad

El análisis de la demanda y la capacidad en el Plan Maestro puso de relieve la necesidad de reducir, e incluso, reducir las operaciones militares y de aviación general para optimizar mejor la capacidad de la plataforma EDR I.

El enfoque estratégico tendrá que mejorarse con las propuestas del escenario final optimizado. De hecho, la reducción de las operaciones militares y de aviación general debería resultar naturalmente de la reducción de los procedimientos convencionales con la apertura de la EDR II. La capacidad global del TMA de Bogotá debe igualar la demanda prevista. Un desafío esencial será entonces equilibrarlo en ambos aeropuertos.

Naturalmente, el tráfico de pasajeros sería mayoritariamente en EDR I, donde la mayor parte de la carga, aviación de estado y el tráfico convencional alimentarían a EDR II. Además, la identificación de la accesibilidad de EDR I a RNP AR 0.15 aeronaves aprobadas obligará a menos tráfico deficiente y ruido para transferir a EDR II.



Para el mismo número de movimientos, sustituyendo algunos vuelos de carga y aviones estatales no comerciales por aviones de transporte tipo A320 o B737 permitirá incrementar el número de movimientos (más homogeneidad y menos complejidad para el control del tráfico aéreo) y, por supuesto, el número de pasajeros.

### 2.1.3 EL DORADO II

Diseñado en 2016, el Plan Maestro para EDR II destaca los beneficios de un futuro aeropuerto para la región y el país. EDR II se presenta como una oportunidad de desarrollo en términos de tráfico aéreo, pero también en términos de empleo, transporte terrestre y economía.

### Operaciones

El estudio desarrollado en el Plan Maestro EDR II se refiere a una plataforma aeroportuaria con dos o tres fases de evolución. La primera fase se refiere a la construcción de RWY 13/31, mientras que la segunda y tercera fases planifican la construcción de las pistas paralelas, respectivamente RWY 04L/22R y 04R/22L.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.27</b>

Si bien el Plan Maestro establecía que las operaciones de EDR II en la pista 13 se integrarían fácilmente a las operaciones de EDR I, el análisis desarrollado en el actual estudio sobre el concepto óptimo de operaciones para el sistema aeroportuario de Bogotá demostró lo contrario (véase la demostración detallada en Entregable 5). No obstante, el escenario final optimizado propone dos pistas paralelas 04/22 en EDR II, con operaciones totalmente compatibles con EDR I (véase la descripción detallada en el capítulo 2 de este Entregable). En términos de capacidad, incluso con sólo dos pistas paralelas, el escenario final optimizado alcanza las expectativas para el TMA de Bogotá.

Como consecuencia, es necesario actualizar la sección de operaciones del Plan Maestro EDR II con las descritas en E6.

### **Infraestructuras**

Sin conocer las conclusiones definitivas del estudio del Plan Maestro EDR II, y de acuerdo con las conclusiones del escenario final optimizado, es necesario actualizar el Plan Maestro, ya que hay un fuerte cambio de infraestructura (aeropuerto de 2 pistas en lugar de 3 pistas a largo plazo).

### **Estudios ambientales y meteorológicos**

Se necesita actualizar el estudio de Medio Ambiente con los resultados descritos en E6 (véase el capítulo 2). También hay una necesidad para promover la instalación de una o más estaciones meteorológicas en el futuro sitio EDR II para registrar los vientos (fuerza y dirección) para la comparación con las lecturas EDR I, y para refinar las opciones operativas.

## **2.1.2 ACTUALIZACIONES PRINCIPALES COMUNES A LOS PLANES MAESTROS EDR I Y EDR II**



### Concepto de operaciones

Tanto para los planes maestros EDR I como para los planes maestros EDR II, será necesaria una actualización del concepto de operaciones.

### Datos de capacidad de pista

Además, se sugiere una actualización del Plan Maestro EDR I y EDR II con los datos de capacidad de la pista propuestos en E6 (véase el capítulo 2).

De hecho, el Plan Maestro EDR II examinó las previsiones para el actual aeropuerto existente y planificó lo siguiente:

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
Principio de procedencia: 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.28

**Tabla 8 Capacidades Estimadas De La Alternativa Híbrida y Las Alternativas Preseleccionadas**

<b>13/31</b>	<b>DIRECCIÓN DE FLUJO</b>	<b>13L/R @ EL DORADO I</b> <b>13L/R @ EL DORADO II</b>	<b>31L/R @ EL DORADO I</b> <b>31L/R @ EL DORADO II</b>
	Capacidad de El Dorado I	86	42
	Capacidad de El Dorado II	70	42
<b>04/22</b>	<b>DIRECCIÓN DE FLUJO</b>	<b>13L/R @ EL DORADO I</b> <b>22L/R @ EL DORADO II</b>	<b>31L/R @ EL DORADO I</b> <b>04L/R @ EL DORADO II</b>
	Capacidad de El Dorado I	86	70
	Capacidad de El Dorado II	70	70
<b>HÍBRIDA</b>	<b>DIRECCIÓN DE FLUJO</b>	<b>13L/R @ EL DORADO I</b> <b>13-22 @ EL DORADO II</b>	<b>31L/R @ EL DORADO I</b> <b>22-31 @ EL DORADO II</b>
	Capacidad de El Dorado I	Est. 86	Est. 70
	Capacidad de El Dorado II	Est. 70-100	Est. 70-75

Ilustración 3: Capacidades estimadas – extracto del Plan Maestro EDR II 2016, Fase 1 Capítulo 5

El diseño del escenario final y las operaciones optimizadas permiten la siguiente capacidad de pista global para EDR I y EDR II:



La capacidad global de las pistas EDR I y EDR II tendrá en cuenta la cronología de las implementaciones. Los nuevos procedimientos EDR I precederán a la implementación de procedimientos para EDR II RWYs 04 y 22 con configuración de operaciones segregadas (fase 1), luego la implementación de procedimientos en EDR II para operaciones simultáneas de pistas paralelas independientes en RWYs 22L y 22R (fase 2).

Fase 1:

EDR I RWYs 13, 31 dentro de operaciones simultáneas de pistas paralelas independientes; EDR II RWYs 04 o 22 dentro de operaciones de pista segregadas no simultáneas.

RWY (mvts/h)	Arr	Dep	Total
EDR I 13L (o 31R) operaciones mixtas	22	23	45
EDR I 13R (o 31L) operaciones mixtas	23	22	45
EDR II 22L o 04R (o 04L)	30	30	60
<b>Total</b>	75	75	150

Tabla 2: Resumen de operaciones EDRI RWYs 13, 31 y EDRII RWYs 04 o 22

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.29</b>

Fase 2/A:

EDR I RWYs 13, 31 dentro de operaciones simultáneas de pistas paralelas independientes; EDR II RWYs 04 dentro de operaciones de pista segregadas no simultáneas.

RWY (mvts/h)	Arr	Dep	Total
EDR I 13L (o 31R) operaciones mixtas	22	23	45
EDR I 13R (o 31L) operaciones mixtas	23	22	45
EDR II 22L o 04R (o 04L)	30	30	60
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>150</b>



Tabla 3: Resumen de operaciones EDRI RWYs 13, 31 y EDR II RWYs 04

Fase 2/B:

EDR I RWY 13 (o RWY 31) con operaciones simultáneas de pistas paralelas independientes, EDR II RWY 22 con operaciones simultáneas de pistas paralelas independientes.

RWY (mvts/h)	Arr	Dep	Total
EDR I 13L (o 31R) operaciones mixtas	22	23	45
EDR I 13R (o 31L) operaciones mixtas	23	22	45
EDR II 22L operaciones mixtas	22	23	45
EDR II 22R operaciones mixtas	23	22	45
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>180</b>

Tabla 4: Resumen de operaciones RWYs 22, 13, 31 y RWY04

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.30

## 2.2 PROPUESTA DE INCLUSIÓN EN PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA



### 2.2.1 INTRODUCCIÓN

El Plan de Navegación Aérea de AEROCIVIL describe la situación real de la Navegación Aérea en Colombia, así como toda la evolución prevista en línea con el Plan Global de Navegación Aérea de la OACI:

- Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen I: Nivel Nacional Estratégico, Versión 09, publicado el 9 de marzo de 2020;
- Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen II: Instalaciones y Servicios, Versión 08, publicado el 20 de octubre de 2017;
- Plan de Navegación Aérea para Colombia Volumen III: Regulación, Versión 01, publicado el 14 de abril de 2015.

El desarrollo del proyecto actual para el TMA de Bogotá y el nuevo concepto de espacio aéreo propuesto en el escenario final optimizado está capitalizando mucho un uso consistente de las nuevas tecnologías y nuevas capacidades en desarrollo en todo el mundo.

El máximo beneficio de las nuevas tecnologías y capacidades funcionales se considera para resolver los desafíos del área del TMA de Bogotá y ofrecer soluciones modernas a algún problema complejo.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.31

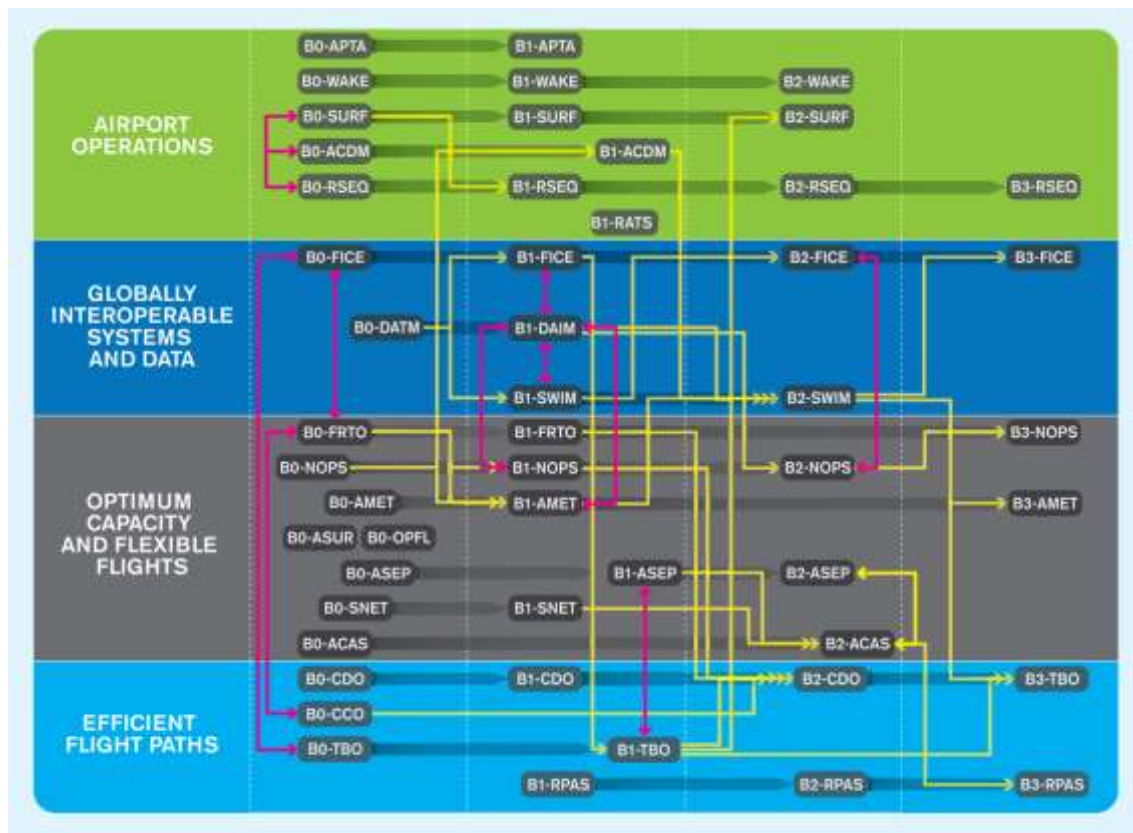


Ilustración 4: Doc. 9750 Ed4 de la OACI: Imagen sintética del GANP

La mayoría de las capacidades funcionales identificadas por la OACI para mejorar potencialmente el dominio "Operaciones Aeroportuarias" se proponen para su implementación operativa en el concepto de espacio aéreo propuesto.



El presente documento está utilizando la estructura real del Plan AEROCIVIL de Navegación Aérea con el fin de identificar cambios y evoluciones en relación con el proyecto Bogotá TMA. No obstante se ha llevado a cabo la identificación de los módulos ASBU correspondientes de la OACI.

## 2.2.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL PLAN DE NAVEGACION AEREA VOL 1

El Plan de Navegación Aérea colombiana Vol. 1 define las ambiciones estratégicas del país con respecto a la aeronáutica. No cambian, y no necesitan ser cambiados con este proyecto ya que contribuye al cumplimiento de estos objetivos. Por lo tanto, los párrafos siguientes muestran cómo el proyecto está contribuyendo a los objetivos de alto nivel de AEROCIVIL.

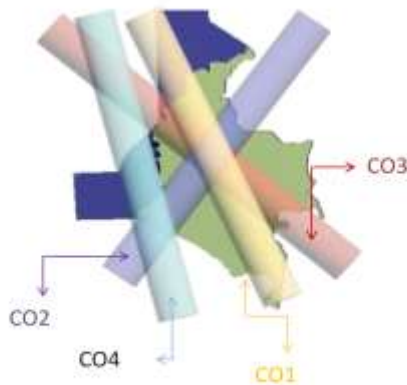
### **Hipótesis de tráfico**

La hipótesis de tráfico presentada actualmente en el Plan Colombiano de Navegación Aérea ha servido de referencia para el diseño del proyecto TMA de BOGOTA. La siguiente ilustración muestra los números clave que se han utilizado para definir y dimensionar los desafíos para la TMA de Bogotá.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.32

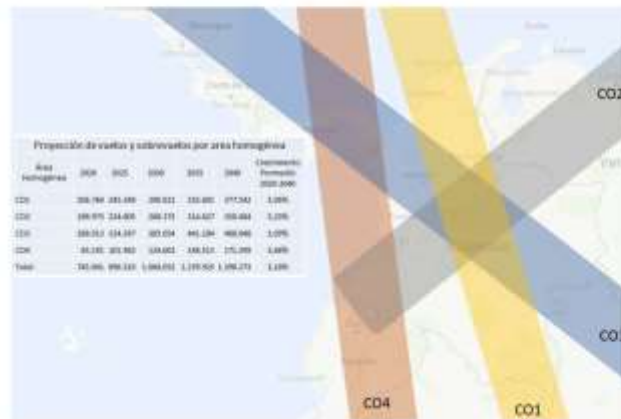
**Resumen general por área homogénea**

En el año 2040 se estima que el total de vuelos y sobrevuelos en las rutas analizadas sea de 1 millón 396 mil, con un crecimiento promedio anual de 3,18% para el periodo 2020-2040. En este periodo de tiempo, a través del área homogénea 3 se efectuarán el 35,75% de los vuelos y sobrevuelos, mientras el área homogénea 1 será afectada por el 27% del total. El área homogénea 4 concentrará el 11,75% de vuelos y sobrevuelos y tendrá el mejor crecimiento promedio de todas.



Proyección Mapa de Menores Operando y Aeronavegación por áreas homogéneas

MAPA, ÁREAS HOMOGÉNEAS EN COLOMBIA



Con respecto al impacto del tráfico de vuelos y sobrevuelos en las TMA y considerando que una misma ruta puede afectar a varias de ellas, se tiene el siguiente análisis:



Se estima que la TMA de Bogotá para 2040 sea afectada por un total de 637 mil vuelos y tendrá un crecimiento promedio anual de 2,83% en ese periodo; entre 2020 y 2040 los vuelos domésticos representarán el 66% del tráfico a través de esta TMA, con un crecimiento promedio anual de 2,31%. Por su parte los vuelos internacionales tendrán una media anual de crecimiento del 4,28% y abarcarán el 34% de los vuelos en ese periodo de 20 años.

Ilustración 5: Hipótesis de tráfico -  
Extracto del Plan de Navegación Aérea para Colombia, Volumen I, Versión 09

Sin embargo, desde enero de 2020, la crisis COVID-19 está dañando gravemente al sector de la aviación, y se prevé una desaceleración prevista de varios años.

Naturalmente, es difícil anticipar la evolución futura del tráfico, ya que nadie sabe realmente qué escenario de crisis será realista.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.33

**Impacto de COVID-19 en la aviación mundial**

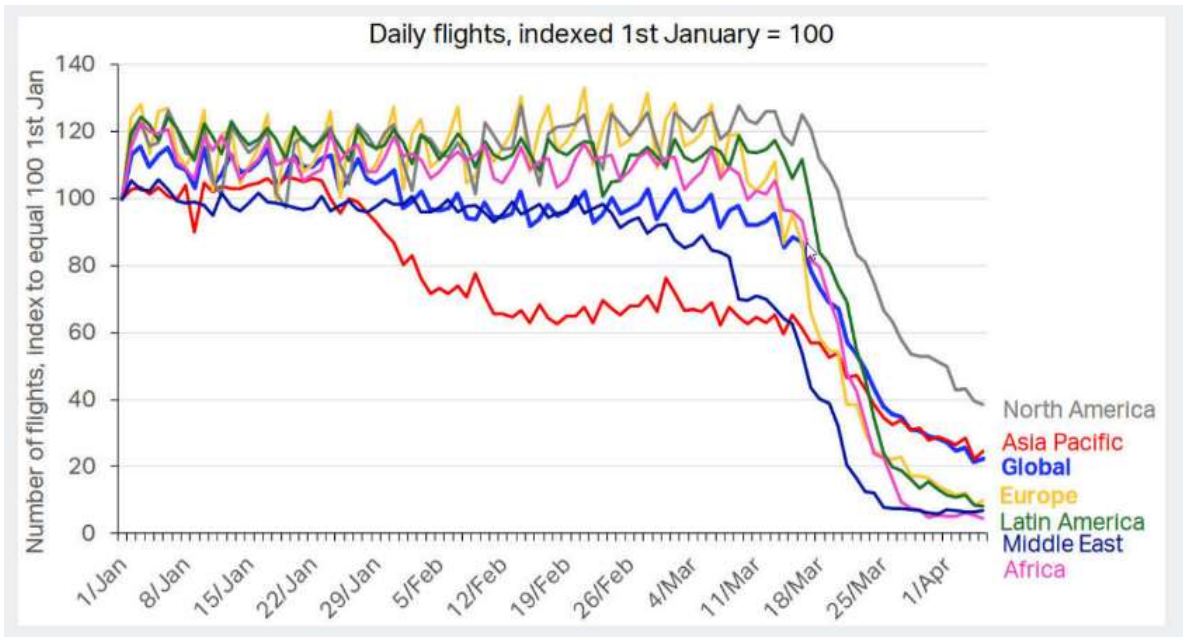



Ilustración 6: Impacto de COVID-19 en la aviación mundial

(Fuente: Perspectives pour le secteur aérien en sortie de crise COVID-19, de Xavier TYTELMAN, CGI Aviation)

Sin embargo, incluso si hay cierta desaceleración de unos pocos años en el crecimiento del tráfico, la crisis ha demostrado en el pasado afectar de manera duradera a la aviación. El presente proyecto es un proyecto a largo plazo para el que se puede prever la plena ejecución alrededor de 2030. Se puede prever en el mejor de los casos que la previsión de tráfico se mantenga igual o tome unos años más para alcanzar las cifras esperadas.

Sin embargo, esto no requiere un cambio importante en el desafío que debe afrontarse para el TMA de Bogotá, pero tal vez el año de sucesión que podría retrasarse de dos a cinco años, como se muestra en las siguientes imágenes sobre el análisis de las crisis mundiales de tráfico aéreo pasadas:

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.34

## Analyses des crises passées

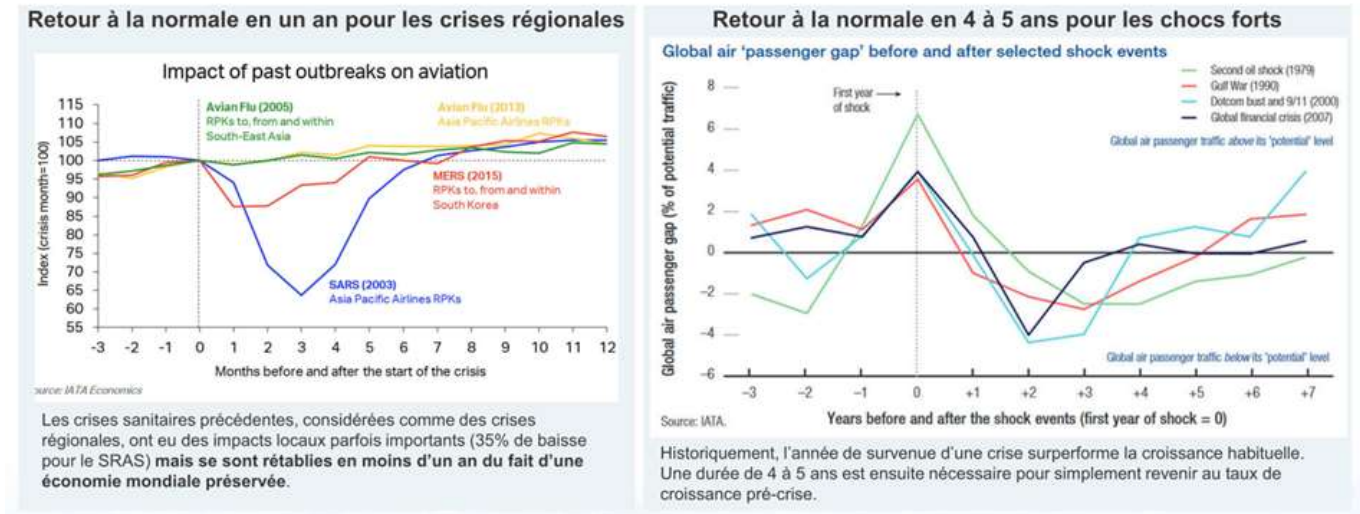




Ilustración 7: Patrón de recuperación después de crisis de crisis de Tráfico aéreo  
(Fuente: Perspectives pour le secteur aérien en sortie de crise COVID-19, de Xavier TYTELMAN, CGI Aviation)

AEROCIVIL tendrá que monitorizar diversos datos y adaptar su previsión de tráfico para adaptar la hipótesis de su Plan de Navegación Aérea. Sin embargo, esto sólo se puede hacer cuando hay suficientes datos históricos disponibles para identificar algunos patrones.

La parte del tráfico interno en Bogotá es actualmente del 70% y se puede prever que la crisis afectará principalmente al tráfico internacional. Esto podría reducir el impacto de la crisis en Bogotá si Avianca no es seriamente afectada.

### Diferentes pasos en el Plan Colombiano de Navegación Aérea

El Plan Colombiano de Navegación Aérea se estructura a corto plazo, mediano plazo y a largo plazo, fases totalmente adaptadas al actual proyecto TMA de Bogotá. Como se presenta en el plan de transición provisional (véase el capítulo 4, sección 4.1), los pasos identificados y las mejoras funcionales corresponderán a esta secuencia la cual corresponde aproximadamente al período de transición de la implementación del EDR II.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.35

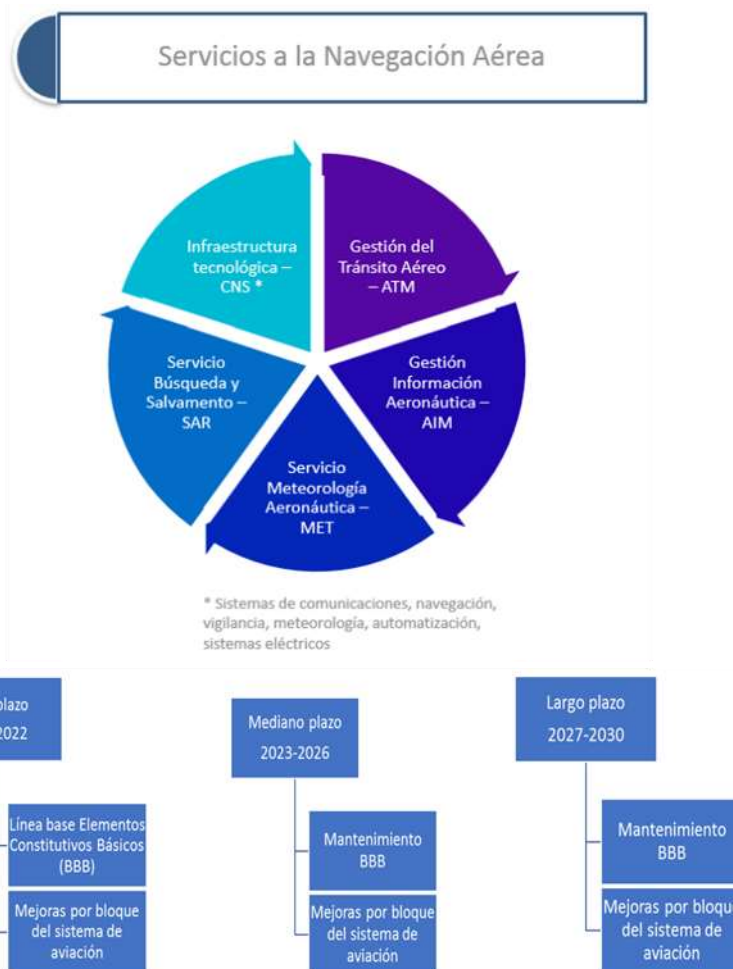




Ilustración 8: Fases : Corto, Mediano y Largo Plazo -  
 Extracto del Plan de Navegación Aérea para Colombia, Volumen I, Versión 09

### **Ambiciones de alto nivel**

Las ambiciones del Plan de Navegación Aérea AEROCIVIL se reforzarán y se podrán materializar mediante la implementación del escenario final optimizado propuesto. Reforzará y desafiará los objetivos del Plan Estratégico Aeronáutico (PEA) 2030 ya que requerirá muchas sinergias entre la comunidad aeronáutica colombiana y en todos los actores del aeropuerto de Bogotá.

La solución propuesta contribuye a todos los aspectos estratégicos de la PEA 2030 para favorecer:

- Conectividad al ofrecer la capacidad adecuada para satisfacer la demanda y apoyar la economía nacional,
- Competitividad al posicionar a Bogotá como un jugador aeronáutico clave en la región,
- Infraestructura mediante la creación de EDR II y la correspondiente red de transporte terrestre,

	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.36

- Sostenibilidad ambiental al proponer un sistema de espacio aéreo orientado al RNP que privilegian la flota de aeronaves modernas y respetuosas con el medio ambiente,
- Industria aeronáutica,
- Seguridad operacional, con solicitudes de llegadas y salidas estándar PBN personalizadas requiriendo menos intervención humana y desarrollo posterior del Sistema de Gestión de Seguridad de AEROCIVIL,
- Y el desarrollo del talento humano con el desarrollo de competencias en temas avanzados de aviación, y un necesario plan de recursos humanos y capacitación.

Obviamente, la mejora de la eficiencia y la previsibilidad resultarán de la implementación de la solución propuesta, evaluada y simulada durante el estudio. La mejora de la capacidad, que son los criterios esenciales de éxito del proyecto, obviamente resultará de su ejecución.

Sin embargo, será importante una buena estrategia de comunicación que insista en los beneficios para que las partes interesadas desarrollen capacidad adicional en Bogotá y eviten las restricciones relacionadas con la saturación del tráfico, a fin de que acepten invertir en nuevos equipos necesarios para las operaciones de RNP AR.

### Posicionamiento estratégico

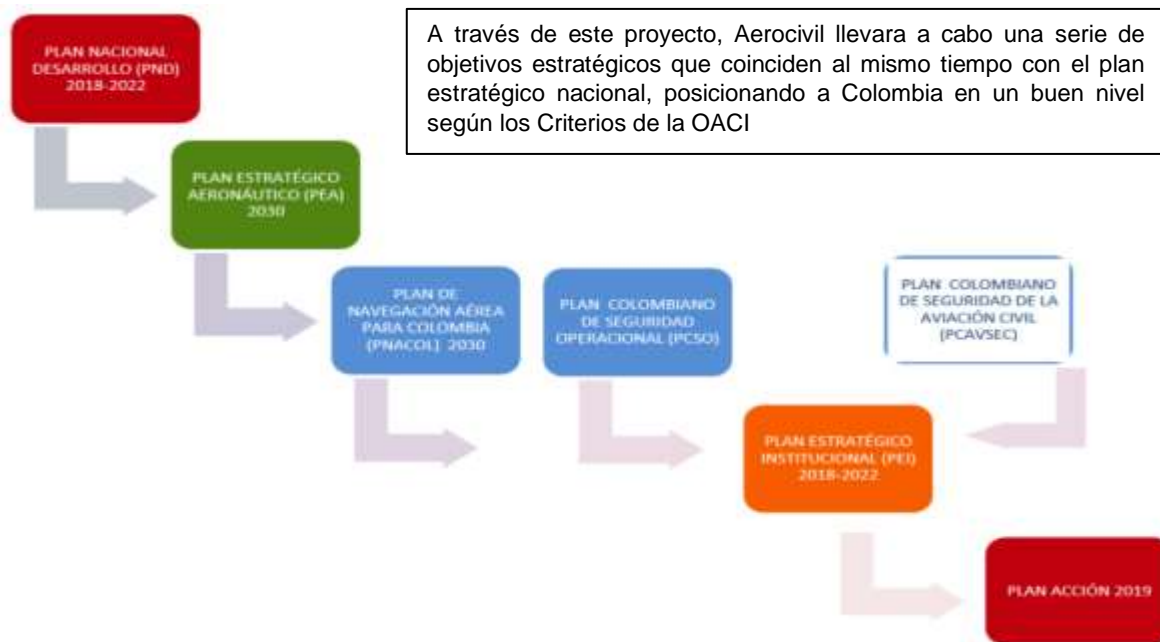




Ilustración 9: Objetivos estratégicos - Extracto del Plan de Navegación Aérea para Colombia, Volumen I, Versión 09

El enfoque innovador adoptado para el estudio actual reforzará una serie de puntos fuertes, como se destaca en el Plan de Navegación Aérea real:

- Cambio cultural versus planificación, con visión y proyección a más de una década;

	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.37

- Alta dirección comprometida que genera confianza en la industria;
- Infraestructura moderna del CNS con capacidad disponible;
- Asignación presupuestaria madura y significativa de inversiones de AEROCIVIL;
- Imagen positiva en la prestación de servicios;
- Fortalecimiento institucional que permite afrontar los nuevos retos de la aviación civil en Colombia;
- Habilidades positivas de talento y habilidades humanas en AEROCIVIL

También debería permitir trabajar en algunas debilidades identificadas reforzando los SMS del proveedor de servicios, adoptar una cultura de rendimiento basada en datos y un enfoque estratégico, pretáctico, táctico y posttáctico de la gestión de operaciones.

### 2.2.3 PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA VOL 2

El Plan de Navegación Aérea Volumen 2 está dedicado a instalaciones y servicios en Colombia. Está describiendo múltiples instalaciones, sistemas y servicios en uso en Colombia. En el presente capítulo se enumerarán las diversas actualizaciones que puedan ser necesarias cuando se inicie la implementación de la propuesta de solución de concepto operativo.

#### Infraestructura y servicios CNS, MET y Automatización

- **COMUNICACIONES (COM) Y AUTOMATIZACIÓN AIM (AUT AIM)**

En términos de sistemas de comunicación de voz (VCCS), el escenario operativo final optimizado no crea grandes necesidades adicionales, excepto la necesidad de una comunicación rápida, funcional y directa de sector a sector.



Deben implementarse frecuencias adicionales e instalaciones de recepción de emisiones para todos los nuevos sectores y posiciones en el ACC, el Centro de aproximación y las respectivas TWRs.

En términos de Automatización, no debería evolucionar mucho.

En cuanto a la interfaz de automatización entre las regiones de información de vuelo, la implementación de las comunicaciones de datos interfazadas de AIDC (ATS) con todos los países vecinos ayudaría mucho a mejorar el nivel de información de ATFM y garantizaría una actualización precisa del plan de vuelo.



- **NAVEGACIÓN**

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.38</b>

A efectos de navegación por radio, EDR II debe estar equipado con ILS al menos en la pista 22L y la pista 04R (glide path 3°), y en la pista 04L (glide path 3,3°). La categoría ILS debe decidirse después de alguna campaña de evaluación de fenómenos meteorológicos, pero la categoría 3 se puede anticipar debido a la niebla pesada regular en alguna temporada al comienzo del día.

EDR I se especializará con procedimientos RNP AR y la cuestión de las ayudas a la navegación por radio está íntimamente relacionada con la solución técnica para el aterrizaje de precisión en condiciones LVP. GBAS debe ser la solución para este propósito de aterrizaje GLS Cat 3. Sin embargo, Bogotá está en baja latitud, puede ocurrir interferencia ionosférica, y los algoritmos aún no están disponibles para garantizar la integridad de la señal. El trabajo está en desarrollo por la industria y GBAS DFMC sin duda traerá una solución a largo plazo.

Mientras tanto, RNP para ILS parece ser la solución más prometedora. Todavía está por consolidar para un segmento final de menos a 3 NM, pero combinado con RNP 0.15, parece prometedor.

SBAS sería recomendado para Colombia cuando esté disponible y después de reforzar los algoritmos debido a la influencia ionosférica.

Los procedimientos RNP-AR serán obligatorios para EDR I. Es esencial que la flota esté equipada.

- **VIGILANCIA AERONÁUTICA (VIG)**

El ADS-B se debe desplegar en todo el TMA.

La multilateración tiene que ser estudiada y sin duda sería útil para proporcionar un buen nivel de rendimiento de vigilancia.

La cadena de vigilancia debe evaluarse desde el captor hasta la pantalla para garantizar la calidad, exactitud y disponibilidad de la vigilancia para proporcionar normas de separación de 3 NM en todo el TMA.

Un sistema avanzado de guía y control de movimiento de superficie (A-SMGCS) sin duda debe instalarse tanto en EDR I como en EDR II.



- **AUTOMATIZACIÓN ATM**

En términos de Automatización, AEROCIVIL parece estar bien equipada. Hay algunos progresos que lograr en la Interconexión Automática entre los FIR y los países vecinos, pero esto no depende sólo de la voluntad de AEROCIVIL.

Las redes de seguridad tendrán que ser instaladas e implementadas y utilizadas: La Alerta Conflicto a Corto Plazo (STCA) ya está en su lugar. MSAW (Advertencia de Altitud Mínima Segura) y APW (Advertencia de Proximidad de Zona) deben implementarse.

En cuanto a las herramientas de secuenciación, aparece instalado un sistema de gestión de llegadas, pero no se utiliza. Es necesario evaluar el uso actual de AMAN y ampliarlo. DMAN también sería útil pero con menos prioridad que AMAN.

AMAN extendido es un concepto moderno y prometedor todavía en la etapa de R&D de la maduración hoy en día. Sin embargo, puede ser muy útil apoyar los procesos de ATFM para algunos flujos internos como Medellín. En el futuro debería preverse una AMAN ampliada.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	Clave:	Versión: 1.1	Fecha: 29/05/2020	Página 4.39

Los sistemas de gestión de flujo están disponibles y deben utilizarse cada vez más.

Sin embargo, deben implementarse herramientas y sistemas de supervisión y análisis de rendimiento.

- **METEOROLOGÍA AERONÁUTICA**

No se necesita ningún equipo meteorológico adicional en el EDR I.

EDR II tendrá que estar completamente equipado con el mismo nivel que EDR I.

A mediano plazo, el desarrollo de los servicios MET SWIM sería un activo real, especialmente para el período estacional de actividades de tormentas eléctricas.

- **INFRAESTRUCTURA SAR**

No hay cambio.

- **PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES DE AERÓDROMO (AOP)**

*Infraestructura Aeroportuaria*

En términos de infraestructura aeroportuaria, el desarrollo del TMA de Bogotá impulsa importantes evoluciones como la creación completa de un nuevo aeropuerto con EDR II y la ampliación de EDR I 13.

En EDR I, la extensión de la pista 13L/31R ofrecerá mejoras para los transportistas pesados. Hay que estudiar salidas de velocidad adicionales, así como la adaptación y planificación de soportes adicionales.

Las actividades de SKMA normalmente deberían pasar del aeródromo de Madrid al EDR II. Habrá que decidir la cuestión del futuro del aeródromo de Madrid.

*Gestión Ambiental y Control de Fauna*

En términos de gestión del ruido, el desarrollo de los procedimientos RNP AR para EL EDR I, la reducción de la dispersión de la trayectoria y la consiguiente modernización de la flota debería ser muy positivo.



Los procedimientos se han diseñado utilizando los requisitos máximos de CCO y CDO para tener en cuenta las limitaciones del TMA de Bogotá.

Como ya ha asumido AEROCIVIL, el seguimiento de los aspectos ambientales debe seguir e incluso reforzarse.

- **SERVICIOS AEROPORTUARIOS**

Este tema está fuera del alcance del estudio. No obstante, se puede suponer que no es necesario ningún cambio para los servicios de extinción de incendios, seguridad, facilitación, servicios médicos, excepto el desarrollo de los servicios correspondientes en relación con la creación de EDR II.

- **SERVICIO DE OPERACIONES AEROPORTUARIAS**

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.40

La gestión de las operaciones aeroportuarias desde la perspectiva del gestor aeroportuario y los procesos en tierra están fuera del ámbito del estudio. Sin embargo, la toma de decisiones colaborativas es muy adecuada para EDR I y EDR II para la gestión del proceso de giro y vuelta para la zona aérea, y los procesos de pasajeros y equipaje para la zona de tierra. Será necesario con un tráfico densificado.

El período de saturación progresiva del EDR I antes del inicio de la operación de EDR II se beneficiará mucho de la implementación del MCD.

En cuanto a la EDR II, los procedimientos del MDC podrían aplicarse desde el principio.

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, AYUDAS VISUALES Y NO VISUALES, CONDICIONES DE PISTA Y SERVICIO DE ENERGÍA, SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS, AIRES ACONDICIONADOS**

Este tema está fuera del alcance del estudio. No obstante, se puede suponer que no es necesario ningún cambio, salvo el desarrollo de los sistemas correspondientes en relación con la creación de EDR II.

#### **2.2.4 PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE NAVEGACIÓN AÉREA VOL 3**

El volumen 3 del Plan Colombiano de Navegación Aérea está dirigido al ajuste de la regulación nacional, necesario para cumplir objetivos estratégicos en relación con el enfoque ASBU. El siguiente análisis se centra en las regulaciones nacionales necesarias para implementar el nuevo Concepto del Espacio Aéreo con el fin de guiar la migración progresiva de los usuarios del espacio aéreo colombiano y los proveedores de servicios hacia su implementación y ayudar a la Autoridad del Estado a definir el marco regulatorio apropiado.

#### **ADAPTACIONES DEL MARCO REGULATORIO COLOMBIANO PARA ASEGURAR NUEVO CONCEPTO DE ESPACIO AÉREO**

- **RNP AR 0.15**



El desafío esencial para implementar el nuevo concepto de espacio aéreo es pasar a una situación en la que la gran mayoría de los aviones que vuelan en el TMA de Bogotá están equipados y están utilizando procedimientos RNP AR. Esto debería ser el resultado de una buena comunicación y promoción al comienzo del período de transición.

Sin embargo, las acciones de comunicación sólo pueden ser suficientes para empujar a los operadores de aeronaves a equipar su flota de manera homogénea a un nivel 0,15. RNP AR 0.3 es relativamente habitual en América del Sur, pero sólo unos pocos aeropuertos exigen su uso.

En el caso del TMA de Bogotá, sería apropiada una estrategia que combinara una fase de comunicación y sensibilización seguida de algún mandato. Esta fase debe involucrar a todas las partes interesadas de esta evolución, incluidos los ATCO y el regulador, para garantizar la adhesión total a los nuevos principios y generar beneficios operativos e incentivos sobre los procedimientos RNP AR existentes. La fase de comunicación podría iniciarse lo antes posible para identificar el nivel existente de equipamiento, dar algún tiempo para elaborar escenarios de aplicación de forma cooperativa e incentivar a los operadores aéreos a equipar. El objetivo del mandato sería crear certidumbre sobre la transición a la RNP AR.

- **ADS-B**



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.41</b>

El equilibrio ADS-B no debe ser un tema difícil: cuando se abra EDR II, Europa y Estados Unidos tendrán durante mucho tiempo ADS-B en sus respectivos espacios aéreos y todas las aeronaves deben estar equipadas. Sin embargo, puede ser apropiado un marco regulatorio claro que ordene a ADS-B en el espacio aéreo de Bogotá o Colombia.

### **CONTRIBUCIÓN A LOS DESARROLLOS REGULATORIOS DE LA OACI**

La reciente publicación de normas para los sistemas de aterrizaje GBAS (Modificación 91 del Anexo 10 Vol. 1) de la OACI que permiten un rendimiento equivalente a ILS Cat III está abriendo un futuro muy prometedor en el caso del TMA de Bogotá. De hecho, la combinación de RNP-AR, Radius Fixed, procedimientos y la instalación de una estación GBAS debería conducir lógicamente progresivamente a la implementación de aterrizajes simultáneos paralelos curvos en el futuro.

Al mismo tiempo, RNP a XLS también se están desarrollando. En términos más generales, todos los progresos regulatorios en el dominio PBN, RNP beneficiarán en gran medida el desafío de actualización de la TMA de Bogotá.

En este proyecto, el tiempo es un activo. La aplicación no se llevará a cabo antes de cinco o diez años. La evolución tecnológica y los desarrollos regulatorios tendrán más flexibilidad y oportunidades. Según lo promovido por la OACI, la implementación de PBN es una prioridad. En estos tiempos críticos, donde las preocupaciones ambientales y económicas son esenciales para la aviación, la necesidad de aviones modernos capaces de utilizar los máximos beneficios de PBN es primordial. Los perfiles de vuelo y las trayectorias reducidas deben optimizarse.

Por lo tanto, es de suma importancia que AEROCIVIL participe y apoye todos los esfuerzos de la OACI para desarrollar aún más el marco regulatorio, al menos en los dominios PBN, GBAS y SBAS. En el anexo se proporciona un resumen del Programa de Trabajo de Navegación Aérea de la OACI (véanse los Anexos). Demuestra movimientos claros que se producirán en la próxima década. Sin embargo, esto sólo puede progresar bien si es apoyado por los Estados miembros.

#### **4.2.2.1 PLAN DE NAVEGACIÓN AEREA DE COLOMBIA Y ICAO GANP**

La versión real del Plan Colombiano de Navegación Aérea se centra principalmente en el Bloque 0- ASBs de la OACI GANP. El nuevo proyecto TMA de Bogotá está impulsando la alineación de las capacidades funcionales del Bloque 1 e incluso del Bloque-2. El presente capítulo es simplemente para establecer la correspondencia entre los módulos y hojas de ruta del GANP y las necesidades funcionales de la solución operativa propuesta para la TMA de Bogotá.



 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.42





Ilustración 10: Módulos publicados en AEROCIVIL Air Navigation Plan (PNA Colombia Vol III p10)

La implementación del Nuevo Concepto del Espacio Aéreo de Bogotá requerirá la implementación de capacidades avanzadas. La mayoría de ellos requieren un nivel B1 para el que existen la mayoría de las normas y requisitos. Algunas capacidades del nivel B2 traerían beneficios reales al desempeño general del Sistema de Bogotá.

Este capítulo analiza y enumera todos los módulos GANP que son necesarios o útiles para la plena implementación del nuevo concepto de espacio aéreo del TMA de Bogotá. Los módulos y elementos identificados con un rectángulo rojo en el documento ASBU se estiman esenciales para la implementación del concepto. Los módulos y elementos identificados con un rectángulo verde son importantes y deben ser considerados por AEROCIVIL. Todos estos módulos pueden implementarse progresivamente durante el período de transición (véase anexos: ASBU, identificación de módulos y elementos para su uso en el TMA de BOGOTÁ en el futuro).

Los hilos esenciales para el proyecto Bogotá TMA son los siguientes:

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.43

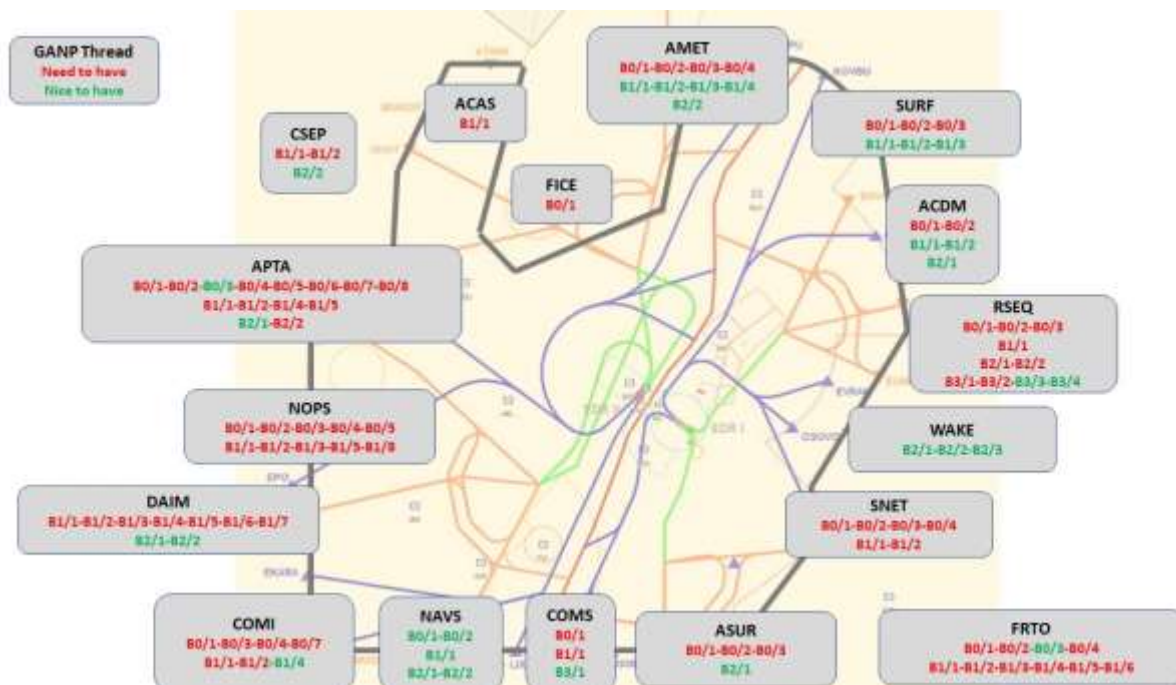




Ilustración 11: ASBUs esenciales para el TMA BOGOTÁ



- APTA: Mejorar las operaciones de llegada y salida**  
 Este subproceso es esencial para todas las mejoras relacionadas con PBN y RNP AR. Nivel B2 a tener en cuenta.
- RSEQ: Flujo de tráfico mejorado a través de la secuenciación de la pista**  
 Este hilo es esencial para aprovechar al máximo toda la mejora operativa para ofrecer un rendimiento óptimo de ambos aeropuertos EDR I y EDR II y el sistema TMA de Bogotá. Nivel B3 a tener en cuenta.
- FRTO: Mejora de las operaciones a través de trayectorias mejoradas en ruta**  
 A pesar de su título en el GANP que lo dirigen para propósito en ruta, este hilo se ocupa de la sectorización y flexibilidad del espacio aéreo que son de suma importancia para Bogotá TMA. Se debe conservar la filosofía más que el detalle. Nivel B1 a tener en cuenta.
- SNET: Redes de seguridad basadas en tierra**  
 Este hilo es esencial para mantener un buen nivel de seguridad en el TMA de Bogotá en un tráfico desafiante y un entorno complejo y montañoso. Nivel B1 a considerar.
- NOPS: Operaciones de red**  
 Este subproceso es esencial para proteger los sectores de control de la sobrecarga y garantizar el mejor uso de la capacidad disponible. Nivel B1 a considerar.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.44</b>

- **ACDM: Toma de decisiones colaborativas en el aeropuerto**  
Este hilo es esencial para ofrecer el mejor rendimiento de los aeropuertos EDR I y EDR II. Nivel B2 a considerar.
- **ASUR: Sistemas de Vigilancia**  
Esta tecnología es esencial para mantener una separación óptima, segura y eficiente de mínima y redes de seguridad de alimentación. Nivel B2 a considerar.
- **SURF: Operaciones de superficie**  
Las capacidades y tecnologías de este hilo son importantes para mantener la seguridad en la superficie y optimizar las operaciones en EDR I y EDR II. Nivel B1 a considerar.
- **NAVS: Sistemas de navegación**  
Estas tecnologías de aumento GNSS están madurando y, cuando maduran, se convertirán en esenciales para Bogotá TMA. Nivel B2 a considerar.

Como se muestra brevemente en la lista anterior, la solución propuesta está haciendo el mejor uso de las capacidades y funciones de desarrollo como se describe en el GANP. No todos los hilos se mencionan aquí porque sólo se resaltaron los claves para el proyecto. Sin embargo, algunos otros módulos o elementos se enumeran en el Anexo: GANP BOGOTÁ - ASBU, Identificación de Módulos y Elementos para su uso en el TMA de BOGOTÁ a futuro porque constituyen facilitadores esenciales para el proyecto.

La mayoría de los módulos son de nivel de madurez B0 o B1. Esto significa que o bien existen todas las normas o deben entregarse en un tiempo compatible con el proyecto TMA de Bogotá para el futuro.

	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.45

### 2.2.5 CONCLUSIÓN

Después de la planificación del proyecto Bogotá TMA para el futuro, se debe actualizar el Plan Colombiano de Navegación Aérea. Esta actualización demostrará claramente las ambiciones de AEROCIVIL para la modernización y colocará a Colombia en la parte principal de la Región SAM OACI.

Será esencial para el éxito del proyecto que AEROCIVIL invierta en el trabajo de la OACI para RNP AR y procedimientos avanzados como GLS, PBN a XLS y operaciones paralelas de pista.

La actual crisis de COVID-19 influirá sin duda en las cifras de tráfico a muy corto plazo. Como sea, la necesidad de repensar el futuro del TMA de Bogotá no desaparecerá.

## 3 CONCLUSIÓN

### 3.1 GENERALIDADES

Entregable No. 6 es el producto final del proyecto relacionado con la definición del escenario operativo más adecuado para Bogotá TMA. El objetivo global del proyecto Bogotá TMA era desarrollar un concepto suficientemente capacitivo y seguro del Espacio Aéreo para permitir el crecimiento previsto del tráfico durante las próximas dos décadas. El proyecto se organizó en fases sucesivas con entregas asociadas:



1. Plan inicial
2. Diagnóstico de la situación actual
3. Análisis y selección de tres escenarios entre 20 incluyendo Tocancipá (inicialmente, el proyecto estaba considerando sólo 14 escenarios sin Tocancipá)
4. Análisis detallado de los 3 escenarios seleccionados
5. Selección del mejor escenario
6. Análisis final, recomendaciones y conclusiones

Esta forma de estructurar la progresión del trabajo fue beneficiosa para identificar los desafíos asociados con cada escenario, eliminar los callejones sin salida y madurar el análisis global de los desafíos del TMA de Bogotá.

Cada fase caracterizó un nuevo nivel de maduración en el análisis. E5 aprovechó el análisis detallado de E4 para finalizar la evaluación multicriterio y propuso la elección final entre los 3 escenarios, que habían sido seleccionados durante el proceso E3.

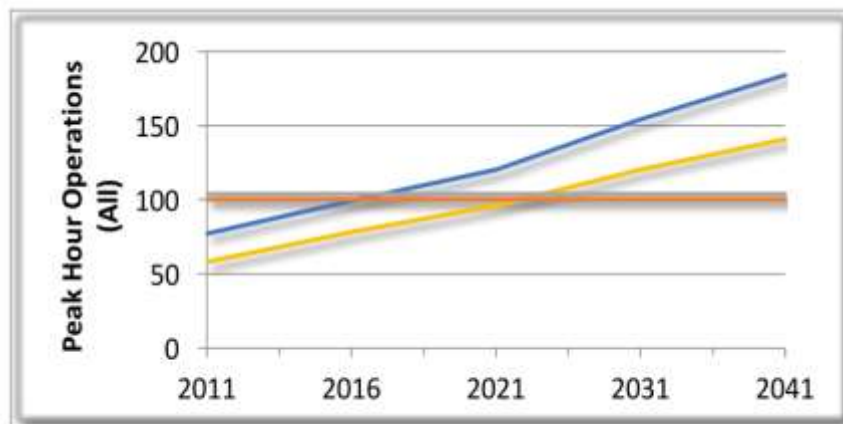
De esta manera, fue posible hacer frente progresivamente a numerosos desafíos, madurando progresivamente la propuesta final que aquí se presenta para el mejor escenario posible. Por lo tanto, este escenario, que está capitalizando la tecnología moderna y las capacidades avanzadas, debe ofrecer la capacidad esperada y coincidir con las ambiciones de AEROCIVIL.

En cualquier caso, muchos factores: medio ambiente, tráfico, aeronaves, etc. evolucionarán vivamente hasta la implementación del EDR II y el nuevo concepto de espacio aéreo correspondiente. Es importante controlar estos factores, especialmente el desarrollo urbano en el área de EDR II, para asegurar mantener y crear las condiciones para una implementación eficiente, segura y de ejecución.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.46

Con Entregable No. 6, se analizó en profundidad el escenario de mejor rendimiento, optimizado finalmente. Se consideraron todos los criterios y se analizaron exhaustivamente para generar la mayor mejora posible. Sin embargo, el rendimiento final dependerá en gran medida de la aceptación de todas las partes interesadas, internas y externas a AEROCIVIL. Su nivel de preparación y rendimiento influirá en gran medida en el rendimiento general del sistema en su lugar.

Como se indica en el Anexo 2 del contrato que define el alcance, el objetivo general del proyecto es determinar la mejor opción para hacer frente a los desafíos y al crecimiento del tráfico hasta 2040. En el Anexo 1 del contrato se menciona además la necesidad de considerar un sistema de 4 a 5 pistas de aterrizaje con una capacidad de absorción máxima de 180 movimientos/hora.



FUENTE PNA COL VOL 1. 2017.



Ilustración 12: Objetivos de capacidad para 2040  
(fuente: PNA Colombia 2017)

Esto se hace con el Escenario 10+, que ofrece un sistema equilibrado y sostenible que cumple con todos los objetivos:

- Los dos aeropuertos son independientes;
- Ambos dobles de pista pueden ser manejados independientemente;
- El sistema es simple, capacitivo y seguro;
- Se mantiene la accesibilidad en toda el TMA, incluso para el tráfico convencional;
- El mejor beneficio se deriva de los desarrollos tecnológicos y regulatorios;
- El impacto ambiental en la ciudad de Bogotá se reduce;
- Las trayectorias están optimizadas;
- Se mantienen las actividades en Guaymaral;
- El sistema es equilibrado y puede adaptarse a todas las situaciones climáticas.

No obstante, este sistema puede mejorarse aprovechando los avances normativos y tecnológicos que se producirán en el próximo decenio.

Por lo tanto, es de suma importancia que la transición esté bien gestionada y que los diversos componentes del Airspace Concept se pongan progresivamente en marcha. La capacidad real nunca es la teórica óptima. Este es

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.47</b>

el resultado de toda la capacidad de las partes interesadas para desempeñarse de manera operativa y coherente con los principios propuestos. Por lo tanto, deben prepararse y adaptar sus propias estrategias operativas. Cada paso de desarrollo será seguro y estable.

A partir del Entregable No. 3, quedó claro que los procedimientos convencionales no podían ajustarse a los objetivos del proyecto y que RNP AR sería esencial para resolver los desafíos del TMA de Bogotá. El escenario propuesto es coherente y coherente en el mantenimiento de EDR II compatible con aeronaves equipadas convencionalmente y la potencia de EDR I en un entorno RNP completo.

### 3.2 MADURACIÓN PROGRESIVA



En cada etapa del proyecto, el estudio siguió los mismos pasos sucesivos:

- Análisis de diseño de procedimiento inicial para dar forma a trayectorias, dibujar soluciones potenciales y excluir algunas otras;
- Análisis ATM del diseño de procedimientos propuso soluciones para identificar formas de gestionar el tráfico, descartar soluciones de riesgo operacional de alta a moderada y mitigar algunos peligros identificados, incluidos los aspectos meteorológicos, con el fin de garantizar la accesibilidad y alcanzar una eficiencia operativa óptima;
- Evaluación de la seguridad global de las soluciones propuestas por ATM y Diseño de Procedimiento;
- Evaluación de la capacidad y simulaciones rápidas de tiempo para comprobar la viabilidad operativa de las soluciones propuestas, estimar el rendimiento global, incluida la eficiencia operativa y la carga de trabajo;
- Análisis del CNS de las soluciones propuestas e identificación de sistemas técnicos necesarios o útiles;
- Modelado y análisis ambiental de impactos meteorológicos.

Dadas las diversas fases y actividades de los proyectos a desarrollar, la gestión del tiempo ha sido muy desafiante; y la medida de mitigación aplicada para poder abordar cada paso del proyecto fue centrarse en eliminar algunos escenarios no prometedores mientras se imaginaban nuevas soluciones para hacer frente a los desafíos identificados de los escenarios prometedores. Las soluciones se introdujeron después de un análisis y consolidación en profundidad.

Las fases 4 y 5 del proyecto se llevaron a cabo para la selección del escenario 10 sin la pista 13/31 del EDR II, como escenario más prometedor. De hecho, el escenario 10 se estaba abordando todos los desafíos y además era prometedor y ofrecía cierto potencial para una mayor evolución. El escenario 10.1 era demasiado complejo y no realmente más capacitivo; y el escenario 15.1 no ofrecía la capacidad esperada, al mismo tiempo que era complejo y bloqueaba la evolución futura de la TMA.

Todos los procedimientos han sido diseñados con el mayor detalle posible. Sin embargo, no se puede esperar que en esta fase todavía conceptual del proyecto desarrolle cada detalle. Idénticamente, cuando RNP AR 0.15 demuestra la posibilidad sin ninguna ayuda de aterrizaje de precisión adicional de obtener 250 pies de altura de despeje de obstáculos, se puede esperar que en un futuro próximo esta norma operativa podría reducirse a 200 pies. En términos de ayudas de aterrizaje de precisión, la forma tradicional de interceptar ILS crearía algunas

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.48</b>

dificultades en las pistas EDR I 13 debido a la proximidad EDR II. Sin embargo, la comunidad de la aviación está trabajando activamente en el desarrollo de soluciones avanzadas para los procedimientos RNP a XLS que permitirán reducir la longitud del segmento final para el aterrizaje de precisión a menos de 3 NM.

Por todas estas razones, es importante considerar que el concepto propuesto de Espacio Aéreo del TMA de Bogotá seguirá madurando durante los próximos años e incluso nunca dejará de evolucionar, durante la fase de transición y después del inicio de las operaciones de EDR II.

### 3.3 RETOS IDENTIFICADOS DEL ESPACIO AÉREO DEL TMA DE BOGOTÁ

El TMA de Bogotá presenta grandes desafíos que resolver para desarrollar un sistema de espacio aéreo que permita prever la gestión segura y eficiente del tráfico previsto en las próximas dos décadas. Los números empujan para un sistema de 4 pistas que sólo se puede obtener con al menos un aeropuerto grande adicional en la TMA.

Después de un análisis en profundidad, la hipótesis de una tercera pista 14/32 en EDR I fue abandonada porque, además de todas las perturbaciones ambientales que habría generado, no estaba ofreciendo ninguna capacidad adicional real debido a la interferencia con las operaciones EDR I 13L/31R.

Por todas estas razones, el mayor reto a resolver para Bogotá TMA fue gestionar la coexistencia de dos importantes aeropuertos en una zona muy cercana.

#### A. EDR I VERSUS EDR II

Por razones similares a las de la pista adicional de EDR I, la pista propuesta 13/31 en EDR II no ofrecía realmente una buena solución, ya que sus operaciones habrían interferido con las operaciones EDR I 13R/31L. Entregable 6 contiene un resumen completo que expone todos los argumentos para no elegir esta pista como parte del escenario final optimizado.

Se mantuvo un desafío para resolver la ecuación de la interferencia de las operaciones EDR II con las operaciones EDR I.





 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.49




Ilustración 13: Interdependencia del EDR I y el EDR II en el esquema convencional

No fue posible aplicar tradicional y convencional soluciones para resolver esta ecuación. La única manera de resolverlo era beneficiarse de las capacidades RNP AR con la posibilidad de aterrizaje curvo que permitía estar completamente separado de las trayectorias de EDR II.



Ilustración 14: Diseño de borrador utilizando capacidades RNP AR

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.50</b>

Esta es la base del escenario final optimizado propuesto que, además, utiliza ambas pistas paralelas EDR II 04/22 para ofrecer la capacidad solicitada.

De esta manera, un sistema de cuatro pistas en Bogotá TMA se hace posible. Puede ofrecer todo el potencial ya que las operaciones en ambos aeropuertos no interfieren. Este es el propósito del escenario final optimizado llamado "Escenario 10+".

### B. SKR 10

En cuanto al rediseño del espacio aéreo, el área SKR10, Palanquero, en su volumen actual y sus horas de operaciones, representa un reto y está limitando la evolución futura del TMA. En el curso del proyecto se identificó muy pronto una revisión de los límites verticales y una definición de las normas prioritarias de esta zona militar o el desarrollo de un concepto de uso flexible del espacio aéreo en el curso del proyecto como altamente contribuido a ofrecer capacidad adicional al TMA que permite equilibrar el concepto de operaciones.

Sin embargo, todo se hizo durante varias fases del proyecto para no condicionar el proyecto a la renegociación de los límites del SKR10. Sin embargo, equilibrar la distribución del tráfico entre ambos aeropuertos y optimizar los flujos imponen para equilibrar el diseño del espacio aéreo y los cuatro sistemas Point Merge asociados, tal como se presenta en el capítulo 2.





Ilustración 15: Necesidades de rediseño de SKR 10

Por lo tanto, el SKR10 se reduciría a 16 500 pies para dejar el lugar para la creación del PMS en el noroeste de la TMA. El capítulo 2 y el capítulo 3 (ASM) identifican posibles puntos de discusión con la Fuerza Aérea para rediseñar de forma cooperativa el SKR10 con el fin de hacer frente a las necesidades de tráfico tanto militar como civil.

### C. GUAYMARAL

Tanto Guaymaral como Madrid fueron considerados en cada fase del proyecto. Si bien no son parte de la solución para crear cierta capacidad adicional para el TMA de Bogotá, podrían impedir su desarrollo potencial o sufrir graves consecuencias en sus actividades.

Las actividades en Guaymaral habrían sido muy perturbadas en el escenario 15.1 con el desarrollo de Tocancipá. Algunas zonas de entrenamiento habrían tenido que moverse y la gestión del espacio aéreo para la formación

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.51

habría tenido que estar estrictamente coordinada. Los vuelos desde o hacia Guaymaral habrían interferido potencialmente y regularmente con las operaciones de Tocancipá.

El escenario propuesto limita el impacto en el ATZ de Guaymaral y las áreas de capacitación. Los vuelos desde y hacia Guaymaral no interfieren con EDR I. Hay algunas consecuencias en el enrutamiento VFR alrededor de EDR II que tendrán que ser rediseñados, pero las consecuencias en las actividades de Guaymaral son limitadas.

#### **D. MADRID (SKMA)**

En frente de Guaymaral, las actividades de Madrid se verán seriamente afectadas por el escenario propuesto si se mantienen. De hecho, cada escenario que comprende el EDR II habría tenido una gran influencia en las operaciones de Madrid. Naturalmente, es el caso en el escenario final optimizado propuesto con la adición de procedimientos RNP AR para EDR I que interfieren mucho con las operaciones de Madrid.

En consecuencia, debe preverse un traslado de las actividades de Madrid SKMA a la EDR II, ya que parece ser el mejor compromiso mantener las actividades correspondientes y ofrecer la posibilidad de desarrollar instalaciones adaptadas sin comprometer el desarrollo general de la TMA de Bogotá.

#### **E. PASANDO A RNP AR**

El avance hacia operaciones RNP AR completas en EDR I está condicionando la viabilidad del escenario 10+. Hubiera sido el caso de todos los escenarios, incluidos los de Tocancipá. Es una condición "Sine Qua None" de responder al futuro desafío de tráfico de Bogotá TMA.

Los procedimientos de RNP AR proporcionan una serie de beneficios con la flexibilidad adecuada para ofrecer soluciones para la organización del TMA y hacer frente a las limitaciones del entorno montañoso. También proporcionará un beneficio claro en términos de medio ambiente.



Por lo tanto, el gran desafío de la fase de transición será crear las condiciones para un movimiento progresivo pero dinámico de todos los usuarios del espacio aéreo EDR I a RNP AR con el nivel adecuado de rendimiento. Esta es la condición esencial para evitar interferencias entre las operaciones EDR I y EDR II.

### **3.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Para abarcar todos los aspectos del estudio y a pesar de la iniciativa final de analizar el escenario más avanzado posible, habría sido necesario abordar algunas cuestiones que no podrían abordarse durante el proyecto o que no formaban parte del perímetro del proyecto abarcado.

Operativamente, el tráfico en el TMA de Bogotá según lo previsto debe ser manejado de manera muy cooperativa con ACC en el establecimiento de métodos y estrategias de trabajo comunes y adaptar la gestión de la secuenciación del tráfico. Idénticamente, la coordinación con las TMA adyacentes, la posible revisión de la red y los flujos de rutas del espacio aéreo colombiano también se habría beneficiado al desarrollo del concepto final del espacio aéreo.

Al mismo tiempo, cuando se puede entender, para un tema tan sensible (aeropuerto adicional en una ciudad capital), que se mantiene cierta confidencialidad para asegurar el desarrollo global del proyecto sin intervención externa, el equipo de consultoría no tuvo la posibilidad de cooperar plenamente de forma regular ni con el equipo técnico y operativo de AEROCIVIL ni con algunas partes interesadas externas, usuarios del espacio aéreo, operadores aeroportuarios o militares. Esto de alguna manera protegió la capacidad de entregar en muy poco tiempo un concepto consistente que ahora se puede presentar en todas sus dimensiones. Sin embargo, es urgente compartir y socializar todos los aspectos del concepto para garantizar una buena dinámica de aplicación,

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión:</b> 1.1	<b>Fecha:</b> 29/05/2020	<b>Página</b> 4.52

tener en cuenta todas las preocupaciones expresadas antes de su finalización y tomar en cooperación las decisiones necesarias para lograrlo.

Las limitaciones de tiempo, el proceso administrativo y el estricto cumplimiento de los términos de referencia ocurrieron en algún momento durante el proyecto para limitar la posibilidad de buscar formas alternativas de solución. Idénticamente, algunos datos no lograron un análisis más detallado, pero en general, todos estos aspectos lograron ser mitigados para desarrollar el concepto final.

Sin embargo, es necesario considerar este estudio como una entrega conceptual muy detallada, pero todavía a nivel conceptual. El diseño del procedimiento final necesitaría varios meses de trabajo adicional. Idénticamente, la puesta a punto de todos los procedimientos de ATM, los análisis detallados de seguridad también tomarían varios meses adicionales e involucrarían a los actores locales.

### 3.5 COINCIDENCIA DE LA AMBICIÓN DE AEROCIVIL

La ambición global del proyecto se alcanza en términos de capacidad con el escenario final optimizado. Las simulaciones de tiempo rápido demostraron que los niveles de tráfico previstos para 2029 se gestionarían de manera relativamente cómoda, que 2035 también estaría bien gestionado y que se debería llevar a cabo cierta consideración de la sectorización para gestionar adecuadamente el nivel de tráfico de 2041. Todas estas simulaciones se hicieron con la suposición de que el tráfico se secuenciaría a las llegadas.

Sin embargo, se necesitarán algunas simulaciones en tiempo real para asegurar la aceptación del sistema TMA de Bogotá propuesto y la capacitación será esencial para que se alcance el nivel de desempeño esperado.

En términos de seguridad, no se hicieron interbloqueos. Se necesitará un estudio detallado de seguridad según lo solicitado por el reglamento para la gestión de los cambios, pero todos los peligros identificados encontraron una manera de mitigación.



La única desventaja del escenario propuesto es impulsar la equidad de RNP AR en EDR I y, como consecuencia, limitar la accesibilidad en este aeropuerto. En frente, asegura que el rendimiento de las aeronaves estará bien gestionado y equipar con tecnología moderna realmente beneficiará a los usuarios del espacio aéreo.

Un gran beneficio resultante debe ser en el medio ambiente con la modernización de la flota que asiste a EDR I y sobrevolando la ciudad y la distribución reducida de las trayectorias de vuelo y, como consecuencia, un número más limitado de poblaciones perturbadas por el ruido.

El análisis del Plan Colombiano de Navegación Aérea también mostró el avance que crearía el nuevo sistema TMA de Bogotá al colocar a Bogotá al menos en capacidades funcionales de nivel B1 en ICAO GANP y en la posición de beneficiarse de algunas capacidades avanzadas de nivel B2.

### 3.6 IMPORTANCIA DE LA FASE DE TRANSICIÓN

No se debe subestimar la importancia de la fase de transición en el éxito de la ejecución final del proyecto TMA de Bogotá. Deben definirse objetivos claros y establecer un diálogo bueno y productivo con todas las partes interesadas. Todos los aspectos de la transición deben ser considerados con una planificación bien coordinada con el fin de desarrollar el proyecto en línea con los imperativos de evolución del tráfico.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.53</b>

Un compromiso fuerte y sostenible del equipo de gestión superior de AEROCIVIL en el proyecto de transición es una condición esencial para mantener las horas extras de energía y recursos. Este compromiso debe ser retransmitido en el terreno por un equipo de gestión de proyectos bien establecido que, en la práctica, coordinará todos los aspectos.

La duración de la transición durará aproximadamente una década durante la cual se producirán muchas evoluciones: la flota de aeronaves se modernizará, la regulación evolucionará y ofrecerá una mayor flexibilidad, se borrarán los obstáculos técnicos y aparecerán soluciones. Es importante que AEROCIVIL siga siendo consciente de todas estas evoluciones y se beneficie plenamente de ellas para mejorar el sistema TMA de Bogotá. AEROCIVIL podría participar aún más de una manera muy activa a algunas evoluciones regulatorias o experimentos con el fin de acelerar la progresión en algunos elementos de gran interés para el nuevo concepto de espacio aéreo. Este podría ser especialmente el caso en RNP, SBAS, GBAS o PBN a XLS, trabajo relacionado en la OACI y en la región SAM.

Por último, el rendimiento general del sistema se beneficiará en gran medida de la evolución de los métodos de trabajo. Esto se puede poner en marcha y comenzar muy rápidamente antes de que se convierta en una necesidad y contribuirá en gran medida al éxito general de la transición.

Es de suma importancia que durante toda esta transición, AEROCIVIL vaya acompañado del regulador y que los retos y las correspondientes mitigaciones en el manejo de los cambios sucesivos sean manejados en plena cooperación entre la ANSP colombiana y la Autoridad Colombiana de Supervisión de la Seguridad.



La implementación final del EDR II se presentó en el plan de transición con dos fases: operaciones segregadas dependientes y operaciones paralelas independientes. Sin embargo, pueden existir otros escenarios como la creación de solo una pista 04R/22L para EDR II en primera instancia, luego la construcción de la segunda y, a continuación, la eliminación gradual de la progresión de las operaciones de pistas paralelas. Todo esto dependerá de varios parámetros como presupuesto, presión de tráfico, nivel de equipamiento de la flota, etc. y no se puede anticipar totalmente hoy.

La única obligación en el escenario de cambio es la necesidad de las operaciones de RNP AR en EDR I para permitir operaciones independientes entre EDR I y EDR II. Este escenario de cambio no necesita ser definido en la etapa temprana de la transición. Sin embargo, una definición colaborativa fijada unos años antes del inicio de las operaciones en EDR II ayudará a fijar y mantener prioridades esenciales.

### 3.7 CONSIDERACIONES FINALES

La redefinición del TMA de Bogotá es más que un proyecto de diseño del espacio aéreo. Es un ambicioso proyecto para aumentar la conectividad de la Ciudad de Bogotá y apoyar el desarrollo económico colombiano. Ciertamente es esencial para desarrollar el turismo, así como el sistema de transporte nacional en un país muy montañoso donde el transporte terrestre puede ser a veces difícil.

Un número de personas que deciden alto entienden lo que es un aeropuerto, no entienden tanto las limitaciones del espacio aéreo anterior y el TMA. Es esencial que este proyecto sea bien explicado y difundido para que sea plenamente apoyado por el nivel político. Es muy sensible, sin duda se encontrará con cierta oposición y durará alrededor de una década para ser plenamente implementado. Es esencial que la política sea sostenible y que, a pesar de que algunos posibles responsables de la toma de decisiones se alternan en un período tan largo entre la decisión inicial y la aplicación final al final de la transición, la voluntad de lograrla debe suceder.

 <b>AERONÁUTICA CIVIL</b> UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	<b>ENTREGABLE No. 6</b>			
	<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES ESCENARIOS OPERATIVOS, DEFINICIÓN DE UN NUEVO CONCEPTO OPERACIONAL Y DE ESPACIO AÉREO DEL SISTEMA AEROPORTUARIO CIUDAD REGIÓN BOGOTÁ Y DEL ÁREA TERMINAL (TMA) DE BOGOTÁ</b>  <b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCENARIO FINAL SELECCIONADO</b>			
<b>Principio de procedencia:</b> 4100106	<b>Clave:</b>	<b>Versión: 1.1</b>	<b>Fecha: 29/05/2020</b>	<b>Página 4.54</b>

Entorno al nuevo aeropuerto y la elaboración de un sistema de espacio aéreo seguro y capacitivo, también es necesario organizar el transporte público para facilitar el acceso a EDR II y prever una conexión rápida entre el EDR I y el EDR II. Esto es importante para los pasajeros, pero también puede ser estratégico para las aerolíneas para permitirles elaborar estrategias en la forma en que compartirán sus operaciones entre ambos aeropuertos. Con la experiencia de París, algunas aerolíneas eligen alojarse en un aeropuerto único, algunos deciden estar en ambos. AEROCIVIL y todas las partes decisorias pertinentes también tendrán que decidir si quieren especializarse en ambos aeropuertos: vuelos nacionales frente a vuelos internacionales, por ejemplo, pasajeros contra carga, etc.

Por último, es de suma importancia que el regulador, la autoridad de supervisión, el ANSP y todas las partes interesadas operativas, incluidas las fuerzas armadas, trabajen junto con una ambición común. Esto ayudará a encontrar soluciones consensuadas y compromiso adaptado en lo que sin duda constituirá una hoja de ruta difícil.