

ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVICIO
DE DIRECCIÓN EN PLATAFORMA PARA EL AEROPUERTO DE BOGOTÁ-EL
DORADO

MIGUEL ALBERTO RICAURTE BUITRAGO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2019

ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVICIO
DE DIRECCIÓN EN PLATAFORMA PARA EL AEROPUERTO DE BOGOTÁ-EL
DORADO

MIGUEL ALBERTO RICAURTE BUITRAGO

MONOGRAFÍA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2019

DIRECTOR: ING. OSCAR DIAZ OLARIAGA

PAR ACADÉMICO: ING. FERNANDO REY VALDERRAMA

CONTENIDO

1	Resumen	6
2	Introducción	7
3	Objetivos	8
3.1	General	8
3.2	Específicos	8
4	Marco Conceptual	8
4.1	SISTEMA AEROPORTUARIO	9
4.2	SDP ALREDEDOR DEL MUNDO.....	16
4.2.1	Reglamentación	16
4.2.2	Ejemplos de SDP	18
5	Metodología.....	19
5.1	Generación de datos	19
5.2	Ayudas para generación de datos	21
6	Caso de Estudio	22
7	Análisis de resultados	35
7.1	Escenario #1	37
7.2	Escenario #2	38
7.3	Escenario #3	42
7.3.1	Escenario de riesgo operacional.....	47

7.4	Eficiencia operacional	49
8	Conclusiones	57
9	Referencias	61

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mantenerme con vida, a mis padres Ana y Alberto por siempre haberme brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, sin ustedes no sería posible mi existencia ni tampoco sería lo que hoy en día soy, a mis hermanas Arabella y Luciana por su cariño incondicional, en especial a Luciana por haberme dado una segunda oportunidad de vida, nada de esto sería posible sin ella, a todo el equipo de trasplante de médula ósea de la clínica Marly en Bogotá-Colombia, en especial al doctor Manuel Rosales Acevedo, por salvar mi vida y acompañarme en todo este largo proceso de recuperación. A mi tío Hernando por sus sabios consejos, las incontables risas e incondicional apoyo, al ingeniero Oscar Diaz Olariaga quien fue el gestor del proyecto y mi guía durante todo el desarrollo del mismo, gracias por la paciencia y la dedicación para que este proyecto saliera adelante, a la Aeronáutica Civil de Colombia por abrirme las puertas dentro de sus instalaciones y facilitar sus instalaciones, en especial al grupo de Gestión del Tránsito Aéreo en cabeza del señor Mauricio Corredor, finalmente al Ingeniero Fernando Rey Valderrama, que con su experiencia y cálida atención me guió por el camino correcto para desarrollar el proyecto.

1 RESUMEN

La prestación del servicio de dirección en plataforma (en adelante SDP) en aeropuertos forma parte de las operaciones del aeropuerto, que básicamente consiste en gestionar el ingreso de las aeronaves a la plataforma (que llegan rodando por las calles de rodadura, luego de aterrizar) para que puedan aparcar en un puesto de estacionamiento predefinido según el tamaño del avión. Y luego a la inversa, gestionando la salida de la aeronave de la plataforma, generalmente remolcada por un tractor hasta cierto punto para que la misma luego, de forma autónoma, pueda dirigirse a la cabecera de la pista para iniciarla operación de despegue.

PALABRAS CLAVE: aeropuerto, plataforma, aeronaves, gestión, operación, servicio, dirección.

2 INTRODUCCIÓN

La prestación del servicio de dirección en plataforma (en adelante SDP) en aeropuertos forma parte de las operaciones del aeropuerto, que básicamente consiste en gestionar el ingreso de las aeronaves a la plataforma (que llegan rodando por las calles de rodadura, luego de aterrizar) para que puedan aparcar en un puesto de estacionamiento predefinido según el tamaño del avión, y luego a la inversa, gestionando la salida de la aeronave de la plataforma generalmente remolcada para que la misma luego pueda dirigirse a la cabecera de la pista para iniciarla operación de despegue.

Hay muchas maneras de proveer/suministrar este servicio. Pueden ser proporcionados por el operador del aeropuerto, por el proveedor de servicios de tránsito aéreo, por una combinación de estos dos, o por un tercer agente independiente.

El establecimiento de una entidad o agente dedicado a proporcionar el SDP en un aeropuerto, cualquiera sea el país del mundo, no es un requisito legal o normativo. Sin embargo, los grandes aeropuertos internacionales, generalmente congestionados debido a la alta demanda, se ven obligados a implementar este servicio, no sólo para agilizar las operaciones de las aeronaves en el área de maniobras, sino también para el uso eficiente de las capacidades disponible, tanto del sistema de pistas y calles de rodadura como de la plataforma, y, sobre todo, y más importante, no poner en riesgo la seguridad operacional. Por ello, y en relación a este último aspecto (la seguridad operacional) los diferentes manuales de diseño / gestión de aeropuertos y/o normas internacionales sugieren / recomiendan la existencia de este servicio, en especial cuando el aeropuerto gestiona un importante volumen anual de pasajeros y/o está congestionado.

Según el Documento 9476 de la OACI, la mayoría de los aeródromos ya cuentan con alguna forma de SDP, este puede consistir sencillamente en un área reservada para el estacionamiento de aeronaves, con líneas pintadas para guiar a los pilotos hasta los puestos de automaniobra de las aeronaves.

Es importante resaltar que la prestación del servicio deberá ajustarse a las condiciones que figuren en los procedimientos correspondientes del manual del aeropuerto, ya que el SDP debe generar armonía entre los diversos escenarios que actualmente existen en el aeródromo.

Entonces, desarrollando un exhaustivo análisis operacional del aeropuerto, vía la interpretación y gestión de un Big Data (ya disponible) de operaciones de aeronaves (tanto en área de maniobras como en plataformas), y conociendo la geometría del campo de vuelo / área de maniobras y la configuración operacional del sistema de pistas, y con datos relacionados a otros factores (visibilidad, relacionada a condiciones meteorológicas), se podrá concluir sobre la necesidad de implementar en BOG un SDP.

3 OBJETIVOS

3.1 General

Analizar la viabilidad de la implementación de un SDP en el aeropuerto El Dorado en la ciudad de Bogotá.

3.2 Específicos

- Analizar y determinar escenarios de riesgo operacional.
- Analizar y determinar escenarios de eficiencia operacional.

4 MARCO CONCEPTUAL

Para comenzar, iniciaremos por definir qué es un aeródromo, un aeródromo es un área definida de tierra (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves. Hay dos tipos: privados y públicos.

Ahora, un aeropuerto es un aeródromo en el que existen de modo permanente instalaciones y servicios con carácter público para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparación del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga. Los aeropuertos pueden ser nacionales o internacionales, dependiendo del tipo de pasajeros y/o carga que gestione (nacional o internacional).

4.1 SISTEMA AEROPORTUARIO

En un aeropuerto, desde el punto de vista de las operaciones aeroportuarias, se pueden distinguir dos partes: el denominado lado aire y el llamado lado tierra. La distinción entre ambas partes se deriva de las distintas funciones que se realizan en cada una.

En el lado aire la atención se centra en las aeronaves y todo se mueve alrededor de lo que estas necesitan. El principal componente de esta parte es la pista de aterrizaje, pero dependiendo del tipo de aeropuerto, puede que tenga calles de rodaje, plataformas de estacionamiento y hangares de mantenimiento. La plataforma (también conocida como apron del inglés) es el área destinada a dar cabida a las aeronaves mientras se llevan a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros o mercancías, así como otras operaciones de atención a la aeronave (abastecimiento de combustible, mantenimientos menores, limpieza).

En el lado tierra los servicios se concentran en el manejo de los pasajeros y sus necesidades. Su principal componente es la terminal (para un aeropuerto comercial de pasajeros) o las bodegas y terminal de carga (para un aeropuerto de carga). Usualmente todos los aeropuertos tienen ambos componentes. Es posible que un juego de pistas de aterrizaje sea también utilizado por aviones militares.

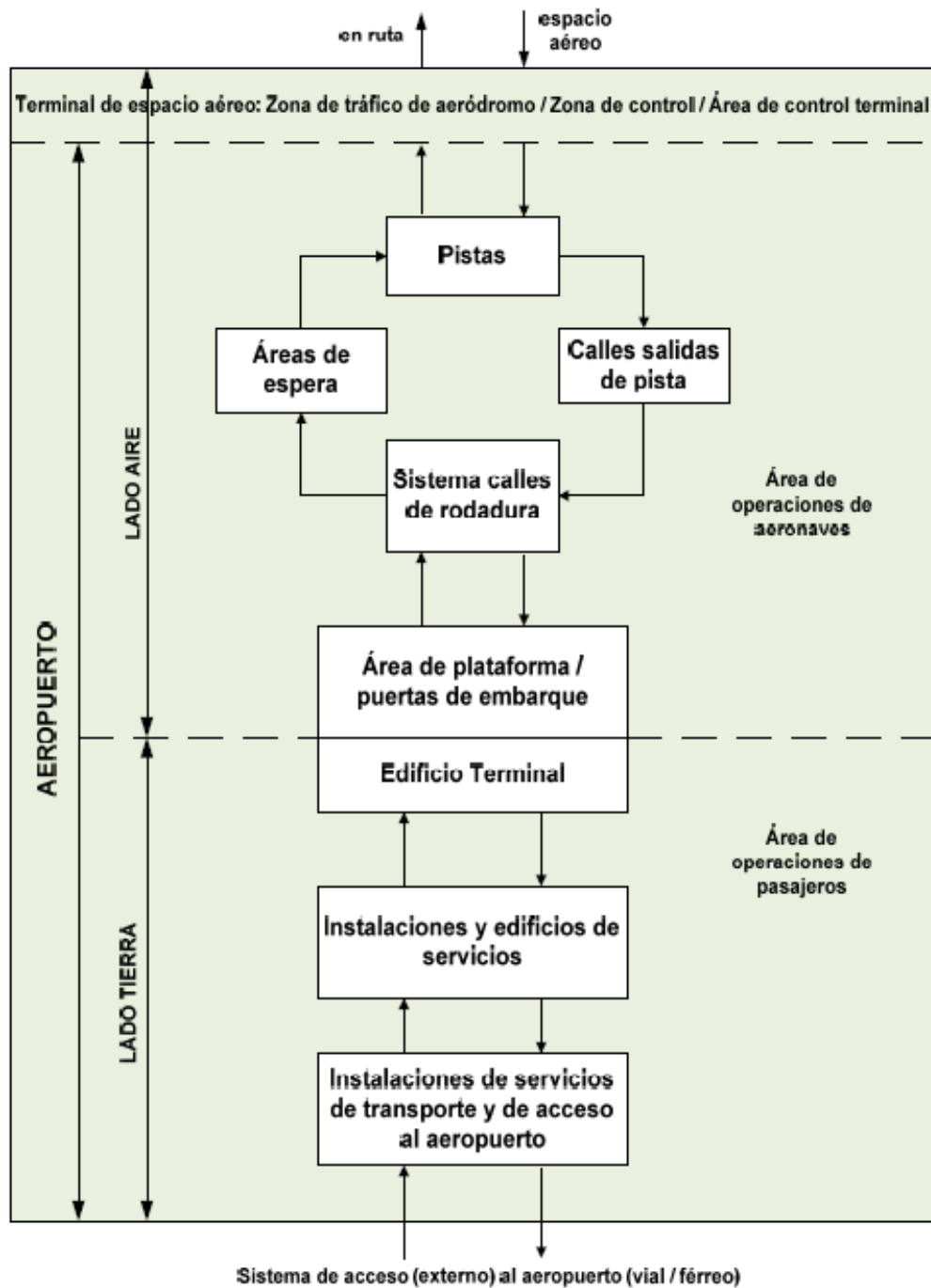


Figura 1.
Configuración del sistema aeroportuario.

Ahora bien, es importante resaltar la importancia de las calles de rodadura dentro de esta investigación, las calles de rodadura (o de rodaje) son las vías dispuestas en los aeródromos para el desplazamiento rodando en superficie de las aeronaves, con objeto de permitir sus movimientos de una manera rápida y segura desde las pistas a los puestos de estacionamiento y viceversa.

Las calles de rodadura se dividen en:

- **Calle de rodadura de distribución:** que conduce (a la aeronave) del estacionamiento hasta la pista de vuelo y viceversa.
- **Calle de rodadura de salida rápida:** es aquella que por sus características geométricas permite a las aeronaves salir de la pista de vuelo a velocidades elevadas, y por tanto reduce el tiempo de ocupación de aquella.
- **Calle de rodadura en plataforma:** es la vía destinada a la circulación por el estacionamiento de aeronaves.
- **Calle de rodadura de acceso a puestos de estacionamiento:** esta tiene como particularidad, con respecto a las anteriores, de no tener que estar situada en una franja y el que sus pendientes son las propias de la plataforma.

Siguiendo en la definición de las componentes a tratar en nuestra investigación, tenemos las plataformas.

Las plataformas son áreas destinadas al estacionamiento de aeronaves, y pueden ser desde una simple explanada a grandes superficies pavimentadas. Por su función pueden ser plataformas de terminales (de pasajeros o de carga, o mixta) y que contiene los puestos de estacionamientos, de aparcamiento (en las que las aeronaves se sitúan para permanencias prolongadas) y de servicio (para reparaciones, lavado, aprovisionamiento de combustible, agua, comida, etc.).

Considerando que el objetivo principal de una plataforma es que la aeronave, cualquiera sea su tamaño, se mueva en ella con seguridad y de la forma más sencilla posible; para ello, será necesario estudiar la circulación y las maniobras de estacionamiento en función de los tipos de aeronave y de la utilización de los medios de carga y descarga (pasarelas telescópicas, autobuses, salones elevables, etc.).



Figura 2.
Aeropuerto Internacional Palonegro BGA
Imagen tomada de: <http://www.aerooriente.com.co/>

En las plataformas existen, o vienen dispuestas, superficies destinadas exclusivamente al estacionamiento de las aeronaves. Las aeronaves pueden situarse en los estacionamientos de múltiples maneras, tanto individualmente como con respecto a los edificios terminales de pasajeros.

a) De forma individualizada:

- Proa adentro.
- En ángulo con proa hacia adentro.
- En paralelo.
- En ángulo con proa hacia fuera
- Proa afuera.

b) Con respecto a los edificios, el estacionamiento puede ser en contacto o lejano.

c) Por la tipología del Edificio Terminal de pasajeros, las posiciones de contacto son:

- en línea
- en muelle
- en satélite

El primer tipo (en línea) consiste en estacionar a lo largo del borde del terminal de la plataforma formando una hilera; esto presupone que el edificio carece de muelles profundos; tiene uno frontal o no tiene. En muelle puede ser sencillo o múltiple, rectilíneo o multilíneo, en forma de “I”, en forma de “Y”, etc.; las aeronaves estacionan a lo largo del muelle, con o sin pasarela telescópica. El satélite es un terminal separado del principal y unido a él por un pasillo en superficie o subterráneo, de forma que pueda aprovecharse el máximo de su perímetro para estacionar en contacto.

A continuación, tenemos algunos ejemplos de configuración de puestos de estacionamiento en plataforma:



Figura 3.
Muelle en Y

Imagen tomada de: <https://www.airplane-pictures.net/photo/55957/airport-overview-airport-overview-apron/>



Figura 4.
Terminal en Línea
 Imagen tomada de: <http://www.nassimatower.com/home/location>

La prestación del servicio de dirección en plataforma (en adelante SDP) en aeropuertos forma parte de las operaciones del aeropuerto, que básicamente consiste en gestionar el ingreso de las aeronaves a la plataforma (que llegan rodando por las calles de rodadura, luego de aterrizar) para que puedan aparcar en un puesto de estacionamiento predefinido según el tamaño del avión. Y luego a la inversa, gestionando la salida de la aeronave de la plataforma, generalmente remolcada por un tractor hasta cierto punto para que la misma luego, de forma autónoma, pueda dirigirse a la cabecera de la pista para iniciarla operación de despegue.

Hay muchas maneras de proveer o suministrar este servicio. Pueden ser proporcionados por el operador del aeropuerto, por el proveedor de servicios de tránsito aéreo, por una combinación de estos dos, o por un tercer agente independiente.

El establecimiento de una entidad o agente dedicado a proporcionar el SDP en un aeropuerto, cualquiera sea el país del mundo, no es un requisito legal o normativo. Sin embargo, los grandes aeropuertos internacionales, generalmente congestionados debido a la alta demanda, se ven obligados a implementar este servicio, no sólo para agilizar las operaciones de las aeronaves en el área de maniobras, sino también para el uso eficiente de las capacidades disponible, tanto

del sistema de pistas y calles de rodadura como de la plataforma, y, sobre todo, y más importante, no poner en riesgo la seguridad operacional. Por ello, y en relación a este último aspecto (la seguridad operacional) los diferentes manuales de diseño / gestión de aeropuertos y/o normas internacionales sugieren / recomiendan la existencia de este servicio, en especial cuando el aeropuerto gestiona un importante volumen anual de pasajeros y/o está congestionado.

Según el Anexo 14, Capítulo 9 de OACI, el servicio de control de tránsito aéreo en un aeródromo abarca toda el área de maniobras, pero ninguna instrucción concreta relativa a este servicio comprende a la plataforma. Por consiguiente, cuando el volumen del tránsito y las condiciones de operación lo justifiquen, se deberían proporcionar un Servicio de Dirección en la Plataforma (SDP) apropiado para regular en ella las actividades y movimientos de aeronaves, vehículos y personal.

Existen diversos métodos para prestar el servicio de dirección en plataforma y que se pueden acomodar a las necesidades de cada aeródromo en función de sus condiciones particulares. El SDP puede proporcionarse por la dependencia de los servicios de tránsito aéreo, por una dependencia establecida por la administración de aeródromo, por el operador (público o privado) del aeropuerto, o mediante el control coordinado entre el Servicio de Control de Tráfico Aéreo y el operador del aeropuerto.

En adición a lo anterior, debemos también tener en cuenta un factor muy importante, el cual es la programación de itinerarios por parte de las aerolíneas y los operadores del aeródromo. La asignación de los itinerarios es un paso muy importante que realizan las aerolíneas en el proceso de planificación de las operaciones futuras. Como tal, la correcta definición de qué aeronave cubrirá cada vuelo llevará a una correcta planificación operacional en los otros ámbitos que se ven afectados por este, como si de una cascada se tratase. Además, en esta fase, se gestionan los activos más valiosos de una aerolínea, sus aviones, y los que, a la vez, por reglamentaciones internacionales, sufren grandes restricciones y no pueden ser asignados deliberadamente.

Este proceso se lleva a cabo a largo plazo, por lo que la desviación que puede sufrir esta planificación hasta el día de operaciones es más que visible. Esta desviación puede afectar la eficiencia de las operaciones, tanto en términos operacionales como económicos.

Uno de los factores clave en este programa serán los itinerarios cubiertos por las aerolíneas. Entendemos como itinerario el conjunto de planes de vuelos ordenados por tiempos de despeje programados. Especialmente, la correcta gestión de itinerarios implicará una mejora en el desarrollo de cualquier programa que pretenda la sostenibilidad del sector aeronáutico a largo plazo, básicamente porque como determina la lógica, la actividad aeronáutica se basa en los itinerarios que se cubren, por lo que, si estos se optimizan, el conjunto global de actividades que dependen de estos serán optimizadas.

Ahora bien, resumimos que si no se gestionan bien las aeronaves que arriban al aeródromo, estaremos perjudicando también la programación de los vuelos posteriores, causando un efecto domino en la operación del aeródromo, causando impactos negativos a la operación.

4.2 SDP ALREDEDOR DEL MUNDO

La mayoría de los grandes aeropuertos alrededor del mundo cuentan con un Sistema de Dirección en Plataforma para gestionar las aeronaves que allí llegan, a continuación, veremos algunos de los más importantes:

4.2.1 Reglamentación

España

El Real Decreto 862/2009 de fecha 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado, incorpora como anexo a su ordenamiento jurídico interno el Anexo 14 al Convenio Internacional de Aviación Civil. En el volumen I del citado anexo, apartado 9.5 "Servicio de dirección en la plataforma", se recomienda que se proporcione un servicio de dirección en la plataforma apropiado cuando el volumen del tránsito y las condiciones de operación lo justifiquen, para:

- a) reglamentar el movimiento y evitar colisiones entre aeronaves y entre aeronaves y obstáculos
- b) reglamentar la entrada de aeronaves y coordinar con la torre de control del aeródromo su salida de la plataforma

c) asegurar el movimiento rápido y seguro de los vehículos y la reglamentación adecuada de otras actividades.

En cuanto a quién debería efectuar la prestación del servicio de dirección de plataforma, el citado apartado 9.5 enumera tres posibilidades: la dependencia ATS del aeródromo, alguna otra autoridad de operación del aeródromo, o en cooperación mutua entre ambas.

Hasta ahora en los aeropuertos españoles este servicio está siendo prestado por la dependencia ATS del aeródromo. Como el servicio de dirección en la plataforma no es una tarea propia de tránsito aéreo, se ha recogido en la legislación española (Ley 9/2010, de 14 de abril) la posibilidad de que sea prestado bien por el gestor aeroportuario o bien por los proveedores civiles de servicios de tránsito aéreo del aeródromo.

El Real Decreto 1238/2011 regula las funciones del Servicio de Dirección en Plataforma y establece las normas y requisitos que deben cumplirse para la prestación de este servicio.

En noviembre de 2011, se inició el proceso de implantación de dicho servicio en el Terminal T4 del aeropuerto de Madrid-Barajas a través de un proveedor de servicios.

OACI (Organización de Aviación Civil Internacional)

La OACI contempla el Servicio de Dirección en Plataforma mediante el documento 9476 Manual de Sistemas de Guía y Control Del Movimiento en la Superficie en el capítulo 8, en el cual se establece que el servicio de control de tránsito aéreo en un aeródromo abarca toda el área de maniobras, pero ninguna instrucción concreta relativa a este servicio comprende a la plataforma. Por consiguiente, se necesita un servicio de dirección en la plataforma para regular en ella las actividades y movimientos de aeronaves, vehículos y personal (Anexo 14, Capítulo 9).

En general, no es factible ejercer el control total de todo el tránsito en el área de movimiento. Sin embargo, en condiciones de muy mala visibilidad, puede ser necesario ejercer dicho control en detrimento de la capacidad.

Dentro de limitaciones razonables que varían con arreglo a las condiciones existentes, la seguridad y celeridad dependen de que las aeronaves y vehículos se ajusten a los reglamentos normalizados sobre el movimiento en la superficie. El servicio de dirección en la plataforma debe establecer reglas relativas a la utilización

de aeronaves y vehículos de superficie en las plataformas. Estas reglas deberían ser compatibles con las correspondientes al área de maniobras.

4.2.2 Ejemplos de SDP

AEROPUERTO DE ZURICH, SUIZA

Dentro de su área de jurisdicción, el control de plataforma tiene por objeto prevenir las colisiones entre aeronaves y entre aeronaves y obstáculos. Se encarga también de que los movimientos del tránsito en las calles de rodaje en la plataforma y en las vías que conducen a los puestos de estacionamiento se realicen de manera ordenada y expedita, así como de la asignación de dichos puestos. Los controladores de la plataforma son empleados de la administración del aeropuerto. Para su capacitación siguen un programa preparado minuciosamente por el servicio de control de tránsito aéreo y la administración del aeropuerto bajo la supervisión de la Oficina Federal de Aviación Civil, tras lo cual deben obtener y mantener vigente una licencia de controlador de plataforma expedida por la Oficina Federal de Aviación Civil. Los pilotos solicitan del control de tránsito aéreo (encargado de expedir permisos) un permiso de puesta en marcha de motores, luego pasan a la frecuencia del de control de tránsito aéreo para obtener el permiso de retroceso, de remolque o de rodaje. Pasan seguidamente a la frecuencia del control de tránsito aéreo en el límite del área de maniobras. Análogamente, después del aterrizaje las aeronaves se transfieren del control de tránsito aéreo al control de plataforma en el límite del área de maniobras.

AEROPUERTO DE PARIS-CHARLES DE GAULLE, FRANCIA

El servicio de control de operaciones del Aeropuerto de París (PCO) tiene a su cargo el servicio de dirección en la plataforma. El personal del PCO no puede comunicar directamente con las aeronaves. La asignación de puestos de estacionamiento se comunica por televisión y por impresión en cinta al controlador en tierra, que a su vez retransmite las instrucciones a las aeronaves. Las maniobras dentro de los límites de la plataforma se realizan bajo la responsabilidad del explotador conforme a las reglas establecidas.

5 METODOLOGÍA

Para analizar y evaluar la viabilidad de implementar un Sistema de Dirección en Plataforma para el aeropuerto El Dorado, se generarán bases de datos mediante un trabajo de campo dentro del aeropuerto El Dorado (en Torre de Control) para observar (y registrar datos, tiempos y escenarios) cómo se desarrollan las operaciones de las aeronaves que ingresan y salen de la plataforma.

5.1 Generación de datos

A continuación, presentaremos los datos con los cuales se generará la base de datos para su posterior análisis y conclusión.

DATOS INICIALES									
TIPO AERONAVE	VISIBILIDAD	ESTADO DE LA PISTA	METEOROLOGIA	AEROLINEA	N°VUELO	DIA	HORA LOCAL	UTC	TIEMPO DE APROXIMACIÓN

Estos datos iniciales nos permiten obtener información previa de cada una de las aeronaves que están haciendo su aproximación, para el caso del tipo de aeronave se tiene en cuenta el modelo comercial de dicha aeronave, los siguientes tres ítems son proporcionados por la torre de control según ellos estipulen las condiciones actuales a la hora de la aproximación, por otro lado, identificamos también la aerolínea que opera el vuelo y su identificación a nivel aeroportuario que sería su número de vuelo, tenemos también el día en el cual ese avión empieza la maniobra de aterrizaje, la hora en la cual empieza su aproximación con el tiempo universal coordinado (UTC) el cual es el utilizado y estandarizado para materia aeroportuaria y por último, tenemos el tiempo de aproximación de la aeronave, que en nuestro caso puntual empieza a contar desde 5.5Nm para nuestra pista norte, y para nuestra pista sur desde 5Nm, hasta la cabecera de la pista para la cual haya sido autorizada la maniobra de aterrizaje.

ALDT (Actual Landing Time)	
PISTA	
PISTA	tiempo(s)

En esta segunda etapa, llamada tiempo actual de aterrizaje, procedemos a identificar la pista por la cual la aeronave aterrizó y el tiempo que la misma se demoró en salir de la pista en mención, dicho tiempo, finaliza cuando la aeronave se encuentra entre la pista y la calle de salida asignada por la torre de control.

AXIT (Actual Taxi-In Time)					
CALLE DE SALIDA		CALLES DE RODADURA		CALLES DE PLATAFORMA	
CALLE	tiempo	CALLE	tiempo	CALLE	tiempo

En la tercera etapa de recolección de datos, llamada tiempo actual de rodadura, recolectamos datos de la aeronave relacionados primeramente con el tiempo que demora la aeronave en desocupar la calle de salida asignada por la torre de control, posterior a esto procedemos a medir el tiempo de todo el recorrido de la aeronave justo antes de entrar a plataforma, la cual sería la calle de plataforma, durante este recorrido también registramos las calles las cuales hace uso la aeronave hasta llegar a dicha plataforma, esto se realiza consignando el nombre de las calles por las cuales se realiza el recorrido.

Posterior a esto, medimos el tiempo el cual se demora la aeronave desde su calle de plataforma, hasta la plataforma, esta, identificada con un puesto de estacionamiento, vale aclarar que, para nuestro caso, dicho puesto de estacionamiento ha sido asignado previamente por el operador del aeropuerto.

Al finalizar, registramos el puesto de estacionamiento en el cual se ha parqueado la aeronave y para completar la información, registramos alguna novedad u observación que haya tenido la aeronave durante el recorrido descrito.

5.2 Ayudas para generación de datos

Contamos con la ayuda de aeronáutica civil de Colombia para realizar la toma de datos, estos datos se generaron desde la torre de control del aeropuerto El Dorado, desde la sala de control de tráfico aéreo, con ayuda de radares, y cuatro frecuencias las cuales son utilizadas para la comunicación entre pilotos y controladores, nos facilitaron una correcta toma de datos, cabe resaltar que todos los datos eran verificados visualmente, verificando que la aeronave realizara efectivamente el recorrido asignado por la torre de control.

Frecuencias de comunicación

El aeropuerto El Dorado, se divide en cuatro partes para su comunicación con las aeronaves las cuales son:

Torre Norte: 118.1

Torre Sur: 118.25

Superficie Norte: 121.8

Superficie Sur: 122.75



Figura 5.
Controlador de Frecuencias Aeropuerto El Dorado
Fuente: Propia

En este caso, aclararemos que las frecuencias correspondientes a torre de control, gestionan desde la aproximación de la aeronave hasta la llegada de esta a la calle de salida. Por otro lado, las frecuencias de superficie gestionan desde la calle de rodaje hasta el puesto de estacionamiento.

6 CASO DE ESTUDIO

En el caso del Aeropuerto de Bogotá-El Dorado (en adelante BOG), el SDP no existe formalmente, en el sentido de que no existe un agente (una empresa) que realice este servicio por contrato. Por lo que son los dos actores del aeropuerto, el operador del aeropuerto (empresa privada, OPAIN), y el gestor del tránsito aéreo y de las operaciones (despegues y aterrizajes), Aerocivil, los que realizan este servicio sin ningún tipo de protocolo ni coordinación (formal) regulada. Esta situación genera muchos problemas en la operación de las aeronaves en el área de maniobra, por ejemplo, afecta negativamente a la gestión de la capacidad de las infraestructuras, y puede generar escenarios de riesgo operacional en el área de maniobras (que pueden conducir a incidentes y accidentes), aspecto inadmisibles en todo aeropuerto internacional, y más aún en BOG, el más importante del país y tercer terminal aéreo por transporte de pasajeros de Latinoamérica (actualmente gestiona 30 millones de pasajeros / año).

El Aeropuerto Internacional Eldorado Luis Carlos Galán Sarmiento³⁴ (código IATA: BOG, código OACI: SKBO) es el principal aeropuerto de Colombia. Se encuentra localizado dentro de Bogotá, a unos 12 kilómetros al occidente del Centro Internacional de Bogotá, en la localidad de Fontibón. El mismo, ocupa un área aproximada de 6,9 km².

Algunos datos del aeropuerto El Dorado:

- Ubicación: Bogotá
- País: Colombia
- Elevación: 2.648 m / 8.360 pies (msnm)
- Sirve a: Bogotá, Colombia
- Tipo: Público

- Propietario: República de Colombia
- Operador: Operadora Aeropuerto Internacional - OPAIN S.A.
- Aerolíneas 27
- Movimiento de pasajeros: 32.716.468
- Movimiento de carga: 741.501 T
- Operaciones aéreas (pasajeros y carga): 333.433

El Aeropuerto Internacional El Dorado cuenta con dos terminales para pasajeros:

La Terminal 1 o T1 fue inaugurada en 2012. Posee dos niveles, el inferior y el superior. Éstos se distinguen por los arribos y las partidas, respectivamente, sean nacionales y/o internacionales. Tiene, asimismo, 32 puentes de abordaje; conexión a internet Wi-Fi gratis en todo el edificio, y garantiza las conexiones a través de escaleras mecánicas, ascensores y pasillos rodantes. Además, en esta terminal operan 26 aerolíneas que, a su vez, cuentan con más de 70 destinos, que comunican a Bogotá con el resto del mundo.

El edificio tiene forma de letra "h" y está dividido en dos muelles: el internacional y el nacional. El primero fue abierto en 2012. Tiene diez puentes de abordaje y cinco más compartidos con el muelle nacional. El proceso de emigración e inmigración es bastante ágil, pues cuenta con personal altamente calificado que puede actuar rápidamente ante cualquier eventualidad. Los pasajeros encuentran en este costado más de 100 mostradores de facturación, máquinas de autofacturación, grandes salones de inmigración, salones VIP (Avianca y LATAM), tiendas libres de impuestos, cafés y restaurantes, así como cajeros automáticos, servicio de alquiler de vehículos, casas de cambio, teléfonos y baños. En el muelle nacional hay más de 60 puestos de facturación, plaza de comidas, locales comerciales y 17 puentes de embarque. A partir de junio de 2014 los vuelos de Avianca que salen de Bogotá con destino a Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Medellín y Pereira, empezaron a ser operados desde la terminal T1 del Aeropuerto El Dorado.

La Terminal 2 o T2 es el edificio antes llamado Puente Aéreo, una terminal anexa que, desde su inauguración en 1981, atiende exclusivamente los vuelos de Avianca a nivel nacional. En 2014, Avianca inició el traslado sus operaciones nacionales a la Terminal 1, y por ende el edificio de la Terminal 2 recibirá los vuelos de la aerolínea estatal Satena y de las aerolíneas de bajo costo Easyfly y VivaColombia

en un futuro próximo. Los vuelos de Avianca que parten de Bogotá a Armenia, Barrancabermeja, Cúcuta, Florencia, Ibagué, Leticia, Manizales, Montería, Neiva, Popayán, Riohacha, Santa Marta, Valledupar, Villavicencio, Pasto, San Andrés y Yopal se trasladarán a la Terminal 1 del Aeropuerto El Dorado. Sin embargo, la aerolínea Avianca requiere de 17 puertas más de embarque que están siendo acondicionadas para completar su operación nacional sin problemas. A partir del 29 de abril de 2018, Avianca trasladará toda su operación nacional a la Terminal 1, y Satena e EasyFly pasarán a operar todos sus vuelos domésticos desde la Terminal 2.

El edificio alberga locales comerciales, plaza de comidas, sala VIP de Avianca y dos salas de espera. Los pasajeros acceden a las aeronaves a través de pasillos y escaleras.

Además, el aeropuerto cuenta con una moderna terminal de carga, inaugurada en 2010, que atiende el mayor movimiento de carga aérea en Colombia y América Latina, el cual asciende a 637.153 toneladas en 2012. Está también dividida en dos secciones: la de vuelos nacionales y la de vuelos internacionales.

En 2017 se entregaron nuevas obras al Aeropuerto El Dorado, entre las cuales se incluyen 50 ascensores, 20 escaleras eléctricas, casi 24 mil metros cuadrados de áreas comerciales con más de 30 marcas, 1.669 cupos de parqueaderos, seis salas VIP, capacidad para movilizar más de 7.200 maletas por hora, entre otras.

En cuanto a las posiciones, antes de iniciar la transformación El Dorado contaba con 20 de contacto y 10 remotas, y ahora llegó a 39 de contacto y 13 remotas. Se amplió tanto el muelle nacional como el internacional. Con esto se busca que el aeropuerto siga siendo el mejor de Latinoamérica y uno de los mejores a nivel mundial.

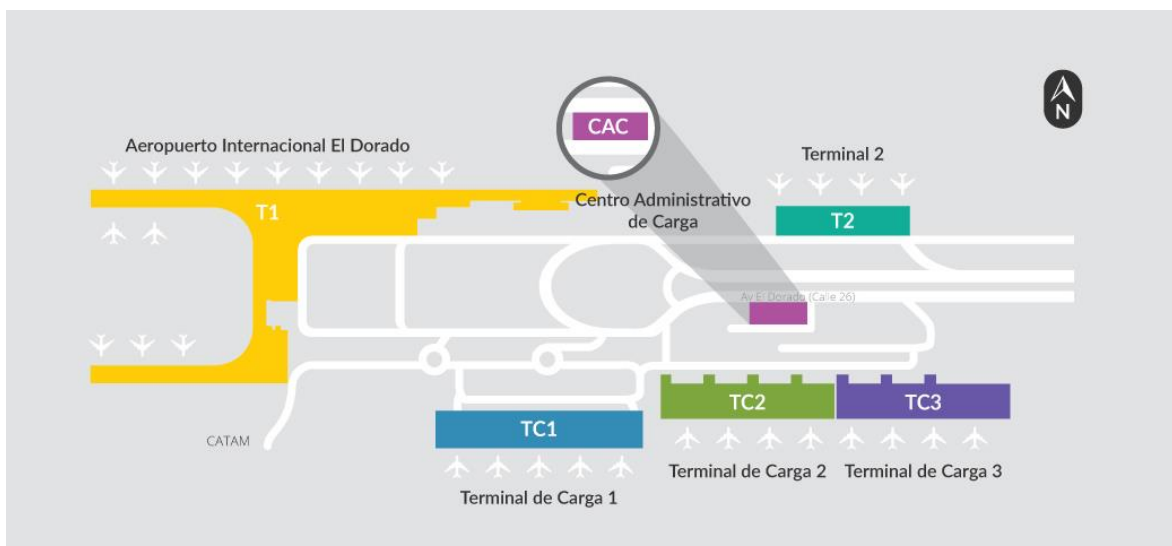


Figura 5.
Terminales BOG El Dorado

Tomado de: <https://eldorado.aero/aeropuerto/terminales/>

Una forma de proporcionar servicio coordinado de dirección en la plataforma es el caso en que se confieren a la dependencia de los servicios de tránsito aéreo las radiocomunicaciones con las aeronaves que necesitan permiso de arranque de motores o de retroceso en la plataforma, y la administración del aeródromo o el explotador se hace entonces cargo del control de los vehículos. En estos aeródromos, las instrucciones del ATS a las aeronaves se dan en la inteligencia de que en dichas instrucciones no se incluye la separación segura entre las aeronaves y vehículos que no son objeto de control por radio. Es así como se ha venido prestando el SDP históricamente en el Aeropuerto El Dorado.

En adición a esto, según las bases de datos proporcionadas por la Aeronáutica Civil podemos observar que año tras año las operaciones tanto nacionales como internacionales vienen aumentando de forma considerable, a continuación, se presentan dos graficas que sustentan lo dicho anteriormente.

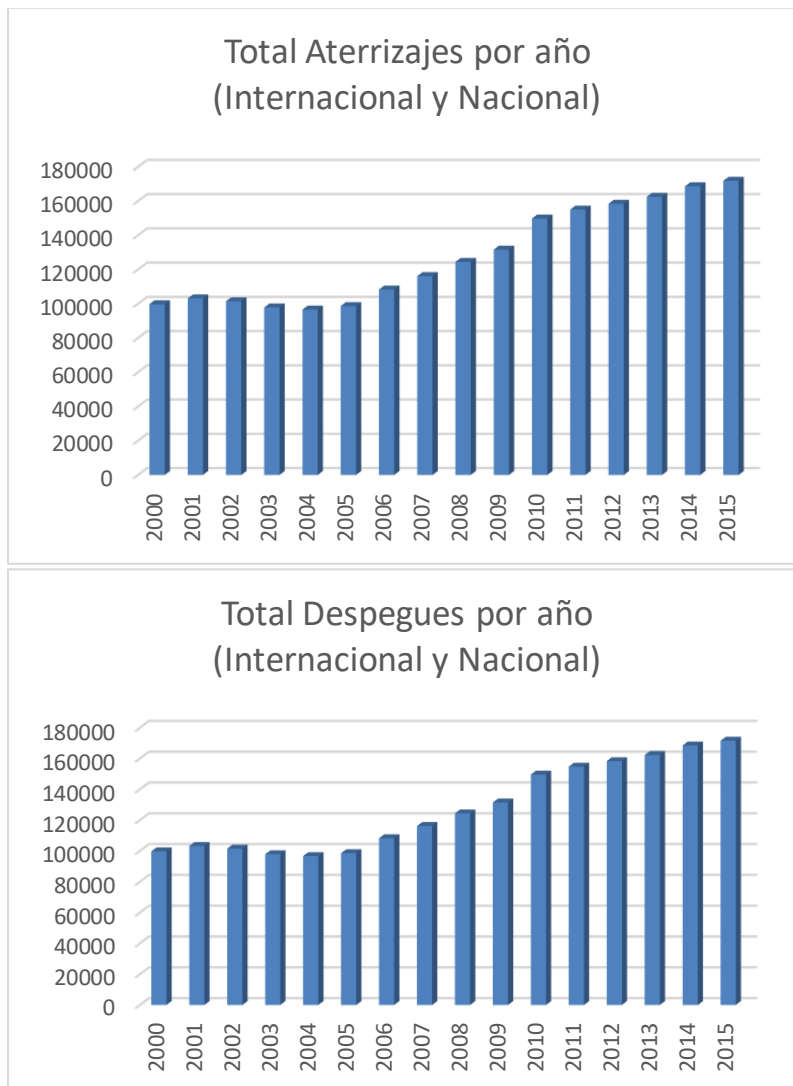


Figura 6.
Operaciones por año BOG El Dorado
Fuente: Propia

El aumento significativo de las operaciones en el aeropuerto El Dorado se traduce en más aeronaves atravesando las calles de rodadura y demás vías de comunicación del aeropuerto, lo cual requiere de una atención aún más especializada para el tratamiento de estas aeronaves, de no hacerse así, se generarían riesgos operacionales poniendo en riesgo a los pasajeros, tripulaciones y las aeronaves en consideración lo que representa además riesgos económicos.

Para justificar la necesidad de modificar el método establecido en el Aeropuerto El Dorado para prestar el Servicio de dirección en Plataforma, se han tenido en cuenta los tres factores operacionales, establecidos por OACI en su documento 9476, estos factores son:

- a. La complejidad de la disposición general de la plataforma; y
- b. Las condiciones de visibilidad en las que se proyecta continuar las operaciones.

1.1. La Complejidad de la Plataforma

Cuanto más compleja sea la disposición general de la plataforma, es preciso que el servicio de dirección en la plataforma sea más completo, especialmente cuando hay calles de rodaje en el área de la plataforma, según el Documento 9157 parte 2, existen varios conceptos aplicables para el diseño de plataformas en la terminal de pasajeros, a continuación, se describen los conceptos que de acuerdo al diseño del T1 se aplican en el Aeropuerto El Dorado:

- a. Concepto lineal: Las aeronaves se estacionan en configuración angular o perpendicular (con la proa hacia adentro), entrando por sus propios medios y para salir mediante empuje con distancia libre mínima entre el borde de la plataforma y la terminal. El estacionamiento con proa hacia dentro permite una maniobra relativamente fácil y sencilla en las aeronaves en rodaje hasta la posición de embarque. En las operaciones de empuje para salir, las actividades de la plataforma no causan mucha perturbación en los puestos de embarque vecinos. En los aeropuertos con mucho tráfico puede ser necesario proporcionar calles de rodaje dobles para las plataformas con el propósito de evitar el bloqueo de las operaciones de la calle de rodaje por el empuje de las aeronaves.

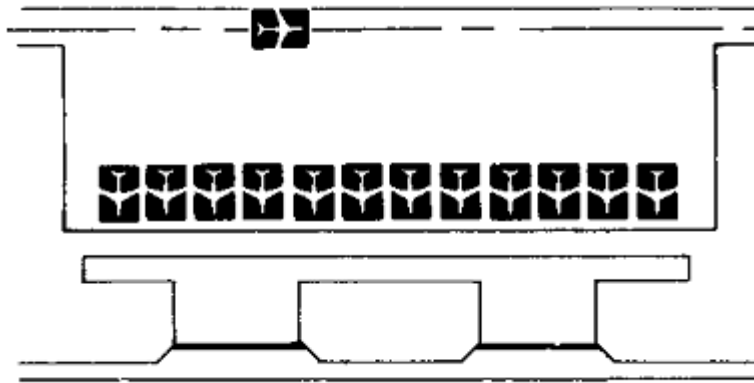


Figura 7.
Concepto Lineal

- b. Concepto de espigón: aunque existen algunas variedades de este concepto, la forma del espigón del aeropuerto El Dorado se ilustra en la Figura 8, en este concepto las aeronaves pueden estacionarse en los puestos de embarque a ambos lados del espigón, sea en ángulo, en paralelo o perpendiculares (proa hacia adentro), en los espigones que atienden a un gran número de puestos de embarque, puede ser necesario prever calles de rodaje dobles entre los espigones, con el propósito de evitar conflictos entre las aeronaves que entran en los puestos de embarque y salen de los mismos.

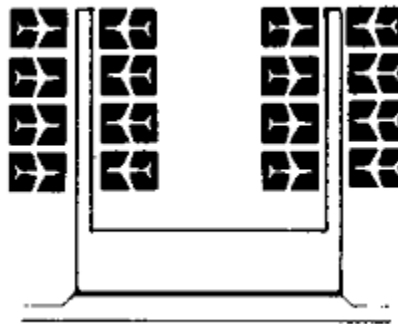


Figura 8.
Concepto del espigón

A continuación, se analiza la complejidad de la plataforma, teniendo en cuenta el diseño de la plataforma del T1 según los conceptos definidos por OACI, el número de puestos de estacionamiento actuales y futuros, el área circundante y el método de guía de rodaje al puesto de estacionamiento:

- a. El T1 Norte: El diseño de la parte norte del T1 (ver Figura 7) corresponde al concepto lineal perpendicular (con la proa hacia adentro), la capacidad de la plataforma oscila entre 19 y 23 aeronaves según la política de uso de posiciones de estacionamiento (Posiciones Swing), aunque 12 de estas posiciones están dotadas con Sistema de Guía Visual para el Atrake (VDGS), el método más usado para la guía de rodaje al puesto de estacionamiento es mediante el uso del señalero de nariz. La plataforma cuenta con 5 calles de rodaje para el ingreso o salida (TWY I, B, B8, C y Z), las cuales desembocan en una calle de rodaje en plataforma (TWY Y) la cual es usada para el desplazamiento de aeronaves al interior de la plataforma y para el inicio del rodaje autónomo por parte de las aeronaves que abandonan los puestos de estacionamiento mediante el método de empuje. Sobre las calles de rodaje Y se dispone de 9 puntos para el inicio de rodaje autónomo (SPOTS) pero solo pueden utilizarse simultáneamente 5 SPOTS, adicionalmente existen 3 SPOTS sobre la calle de rodaje D (área de maniobras) que también sirven a esta plataforma, pero solo 2 de estos SPOTS se pueden utilizar simultáneamente.

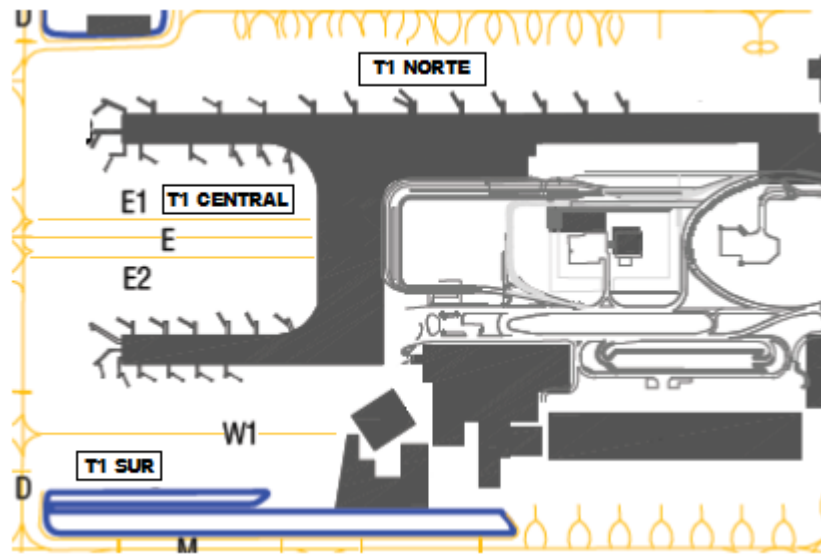


Figura 9.
Diseño T1

La experiencia ha demostrado que pese a tener un gran número de puestos de estacionamiento y una sola calle de rodaje en plataforma el T1 norte presenta una complejidad leve gracias a las 5 calles de acceso y a los 8 SPOTS con que cuenta.

- b. El T1 Central: El diseño de la parte central del T1 corresponde al concepto espigón (con la proa hacia adentro), la plataforma tiene capacidad para 15 aeronaves, aunque 12 de estas posiciones están dotadas con Sistema de Guía Visual para el Atraque (VDGS), el método más usado para la guía de rodaje al puesto de estacionamiento es mediante el uso del señalero de nariz. La plataforma cuenta con dos calles de rodaje en plataforma (TWY E1 y E2) para aeronaves clave C o una calle de rodaje para aeronaves clave D o superior, estas calles de rodaje sirven para el ingreso, salida e inicio del rodaje autónomo por parte de las aeronaves que abandonan los puestos de estacionamiento mediante el método de empuje. Sobre las calles de rodaje E1 y E2 se dispone de 4 puntos para el inicio de rodaje autónomo (SPOTS) los cuales pueden utilizarse simultáneamente y sobre E se cuenta con 1 SPOT el cual restringe a los otros 4, adicionalmente existen 4 SPOTS sobre la calle de rodaje D (área de maniobras) que también sirven a esta plataforma, pero solo 2 de estos SPOTS se pueden utilizar simultáneamente.

El concepto espigón es quizá el diseño más vulnerable ante los conflictos generados por las aeronaves que entran en los puestos de embarque y las que salen de ellos, sin embargo; en el caso del T1 Central, las dos calles de rodaje en plataforma permiten mantener un flujo de tránsito continuo ya que permite el uso simultáneo de las dos calles en plataforma, es decir; mientras una calle se utiliza para salidas, la otra se utiliza para llegadas o ambas calles se utilizan para salidas o llegadas de acuerdo a la demanda. Cabe resaltar que estas calles de rodaje en plataforma solo sirven para entrar o salir a las posiciones a las cuales se encuentran conectadas (E1 a las posiciones 11, 12, 13, 15, 17 y 19, y E2 a las posiciones 71, 72, 73, 74, 76 y 78), por lo tanto; esta plataforma tiene una complejidad media.

- c. El T1 Sur: El diseño de la parte sur del T1 corresponde al concepto espigón (con la proa hacia adentro), la plataforma tiene capacidad para 13 aeronaves (se prevé una ampliación de 2 posiciones adicionales), aunque 6 de estas posiciones están dotadas con Sistema de Guía Visual para el Atraje (VDGS), el método más usado para la guía de rodaje al puesto de estacionamiento es mediante el uso del señalero de nariz. La plataforma cuenta con una calle de rodaje (TWY W1) para el ingreso, salida e inicio del rodaje autónomo por parte de las aeronaves que abandonan los puestos de estacionamiento mediante el método de empuje. Sobre la calle de rodaje W se dispone de 2 puntos para el inicio de rodaje autónomo (SPOTS) los cuales pueden utilizarse simultáneamente, adicionalmente existen 4 SPOTS sobre la calle de rodaje D (área de maniobras) que también sirven a esta plataforma, pero solo 2 de estos SPOTS se pueden utilizar simultáneamente.

Desde que el T1 inicio operación a mediados del año 2014, ha presentado el nivel de complejidad más alto para el servicio de dirección en plataforma prestado por la Torre de Control El Dorado, esto debido a las limitaciones que representa el hecho de tener una calle de rodaje en plataforma para atender las maniobras de ingreso y salida a un gran número de posiciones de estacionamiento.

1.2. Las Condiciones de Visibilidad

Las condiciones de visibilidad en las que se realizan las operaciones en el aeródromo cubren las 3 divisiones establecidas por OACI en la Tabla 2-1 del documento 9476 (condiciones de visibilidad 1, 2 y 3), es decir que se contemplan operaciones todo tiempo.

CONDICIONES DE VISIBILIDAD	
1	Visibilidad suficiente para que el piloto pueda efectuar el rodaje y evitar visualmente cualquier colisión con otro tránsito en las calles de rodaje y en las intersecciones y para que el personal de las dependencias de control pueda controlar visualmente todo el tránsito;
2	Visibilidad suficiente para que el piloto pueda efectuar el rodaje y evitar visualmente cualquier colisión en las calles de rodaje y en las intersecciones, pero insuficiente para que el personal de las dependencias de control pueda controlar visualmente todo el tránsito; y
3	Visibilidad inferior a un RVR de 400 m (operaciones con poca visibilidad)

Una vez evaluados todos los aspectos contemplados en los numerales anteriores, es evidente que en el Aeropuerto El Dorado se cumplen las condiciones para establecer un servicio especialmente destinado a la dirección en la plataforma, El volumen de operaciones y la complejidad de las plataformas ameritan un servicio completo de dirección en la plataforma prestado por la administración del aeródromo o su delegado, que garantice el estrecho enlace entre la administración del aeródromo, los explotadores de las aeronaves y el servicio ATS.

Otros factores que merecen ser analizados debido a la gran relevancia que tienen para la eficacia y seguridad funcional del sistema son:

- a) Geometría y configuración de todo el campo de vuelo (área de maniobras de aeronaves).
- b) Asignación de puestos de estacionamientos: el operador aeroportuario asigna los puestos de estacionamiento a las líneas aéreas que tengan aprobado un slot aeroportuario. El tiempo de permanencia en la posición de estacionamiento será el mismo que ha sido otorgado en el referido slot, por lo cual antes del término de ese tiempo, la aeronave deberá ser retirada permitiendo la continuidad de la operación con los demás vuelos y aeronaves. Una mala gestión de esta asignación genera congestión en las plataformas y ello se traduce generalmente en demoras y/o retrasos (de las salidas/despegues programados).
- c) Horas de llegada/salida de las aeronaves: En un (gran) aeropuerto donde la demanda de posiciones de estacionamiento supera ampliamente la capacidad disponible, es de suma importancia que la dependencia que tiene a su cargo la asignación de estacionamiento, conozca lo más rápida y eficazmente posible las horas de llegada y salida, tanto previstas como reales con el fin de mantener la óptima ocupación de las posiciones.

EL SDP debe prestarse en aeropuertos de más de 250.000 movimientos anuales y está regulado según Real Decreto 1238/2011(España). La prestación del servicio deberá ajustarse además a las condiciones que figuren en los procedimientos correspondientes del manual del aeropuerto y deberá garantizarse en todo momento la continuidad y seguridad del servicio.

El SDP tiene por objeto ordenar el movimiento de aeronaves en tierra, así como de asegurar el movimiento rápido, eficiente y seguro de los vehículos en su área de responsabilidad. Los pilotos y conductores de vehículos en plataforma son responsables de su separación, pero deben proceder de acuerdo a las aprobaciones recibidas desde el SDP.

Por otro lado, según se establece en el AIP (*Publicación de información aeronáutica. Del inglés: Aeronautical Information Publication*) del aeropuerto El Dorado existen cuatro áreas sensibles de operación, esto debido a la baja visibilidad de las calles de rodaje K3, K4 y K6 las cuales no se encuentran autorizadas para llegadas debido a las razones expuestas anteriormente, son cuatro zonas críticas del aeropuerto sobre las cuales se necesita tener más observación, control y manejo a la hora de realizar los movimientos en tierra, lo cual lo proporcionaría un SDP.

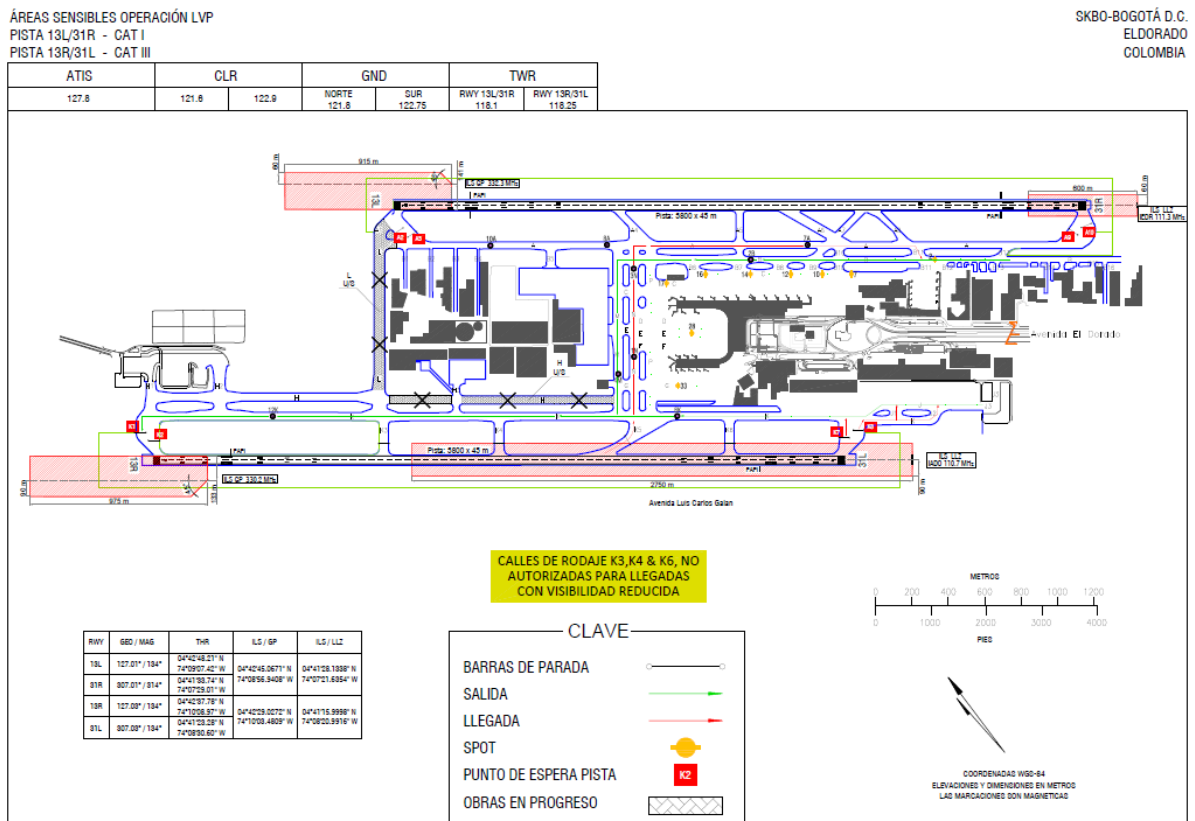


Figura 10.
Áreas sensibles operación
Tomado de: AIP SKBO Pag. 29

Entonces, desarrollando un exhaustivo análisis operacional del aeropuerto, vía la interpretación y gestión de un Big Data (ya disponible) de operaciones de aeronaves (tanto en área de maniobras como en plataformas), y conociendo la geometría del campo de vuelo / área de maniobras y la configuración operacional del sistema de pistas, y con datos relacionados a otros factores (visibilidad, relacionada a condiciones meteorológicas), se podrá concluir sobre la necesidad de implementar en BOG un SDP.

7 ANALISIS DE RESULTADOS

Analizando diferentes escenarios que se presentan a diario en el aeropuerto, gracias a la base de datos generada durante todos estos meses de estudio, pudimos obtener los siguientes resultados, que tratamos de explicar mediante gráficos, examinando cada una de las pistas por separado.

En la siguiente imagen de referencia podemos observar como se encuentran actualmente distribuidos los puestos de estacionamiento dentro del aeropuerto El Dorado, de igual manera los flujos que tienen las calles de rodaje y las calles de plataforma están representados por flechas que indican el sentido del flujo. Los puestos de estacionamiento se encuentran divididos por colores, los cuales cada uno tiene una categoría de aeronave, es decir, el tipo de aeronave que cada uno de esos puestos de estacionamiento puede alojar.

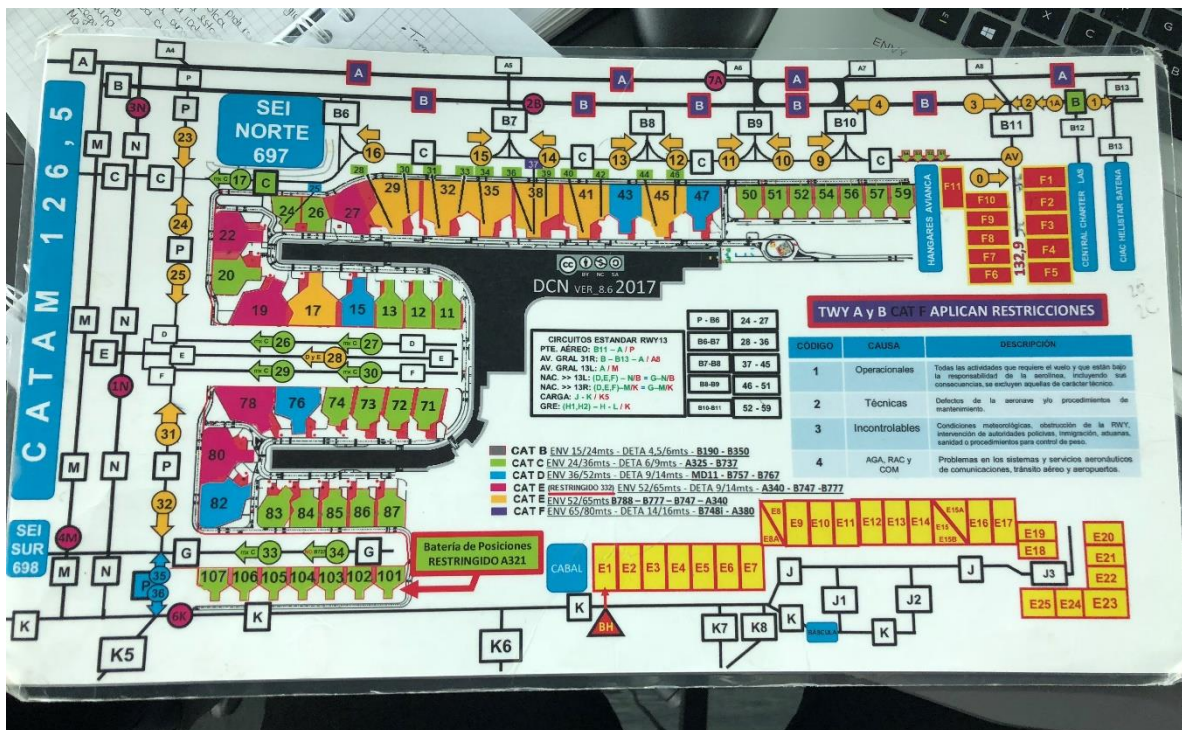


Imagen de referencia 1.
Mapa Disposición puestos de estacionamiento
Tomado de: Torre de Control Aeropuerto El Dorado



Imagen de referencia 2.
Recorridos Tipo hacia puestos de estacionamiento
Tomado de: Google Earth (Edición Propia)

Teniendo en cuenta cómo se mueve el aeropuerto, decidimos analizar los aterrizajes de las dos pistas más utilizadas (13L y 13R), esto con el fin de poder conocer el tiempo de operación de cada una de las pistas y la eficiencia en los tiempos de cada una de estas.

Como podemos observar en la imagen de referencia 2, tenemos recorridos en amarillo y en rojo hacia las zonas 1, 2 y 3. El color amarillo representa los recorridos realizados desde la pista 13R y el color rojo representa los recorridos realizados desde la pista 13L, ahora bien, la zona 1 representa la terminal puente aéreo, la zona 2 representa la terminal internacional y finalmente la zona 3 representa la terminal nacional. Cabe resaltar que los recorridos representados en la imagen de referencia 2 corresponden a recorridos tipo, que por lo general realizan las aeronaves dentro del aeropuerto.

Todos los tiempos de aproximación están medidos a partir de 5 millas náuticas de distancia a la cabecera de la pista 13L y de 5,5 millas náuticas para la cabecera de la pista 13R hasta su respectivo puesto de estacionamiento, previamente asignado.

Evaluaremos diferentes escenarios que serán descritos más adelante.

7.1 Escenario #1

A continuación, empezaremos nuestro análisis, representado inicialmente un primer escenario, podemos observar cómo se desarrolla en las figuras 11 y 12 respectivamente

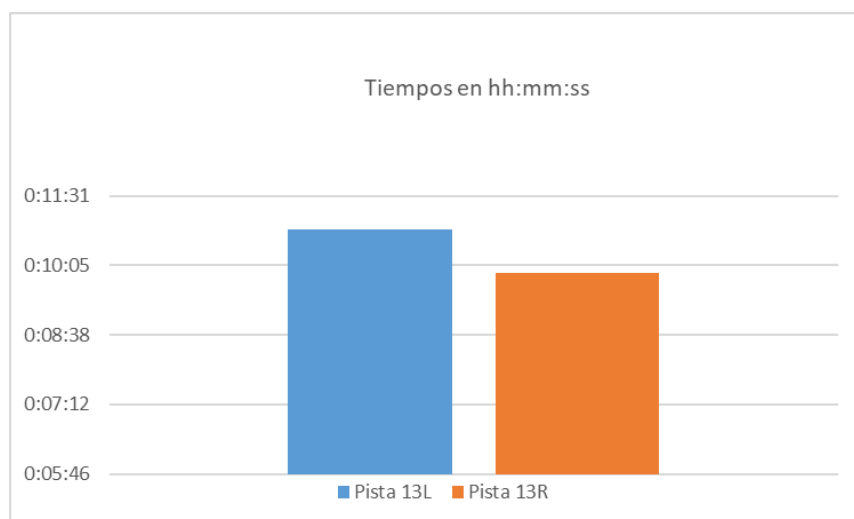


Figura 11.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Pista Seca)

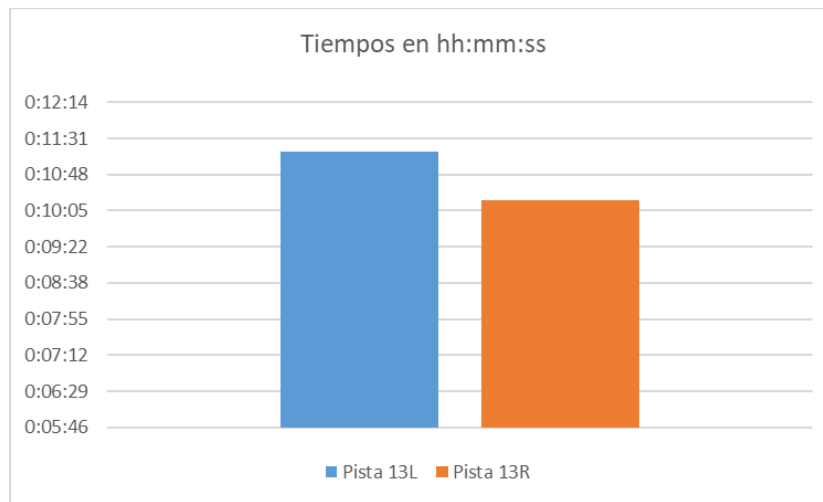


Figura 12.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Pista Mojada)

En nuestro primer escenario, quisimos representar las diferencias de tiempos según las condiciones de la pista de aterrizaje, dichas condiciones son: pista seca o pista mojada, estas condiciones son establecidas por la torre de control según el nivel de humedad que se encuentre en la pista, dicho lo anterior, pudimos determinar que no se presentan cambios significativos en los tiempos de operación, recordemos que actualmente el aeropuerto cuenta con diferentes ayudas para la navegación aérea las cuales permiten aterrizajes más seguros y con condiciones meteorológicas adversas.

7.2 Escenario #2

El análisis de nuestro segundo escenario está representado en las figuras 13, 14 y 15, el cual consiste en filtrar los datos recolectados según la terminal donde se encuentre el puesto de estacionamiento de la aeronave en movimiento.

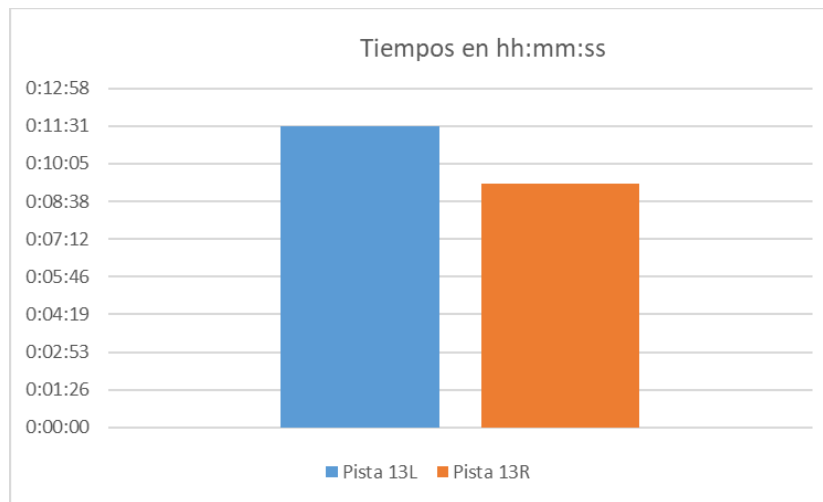


Figura 13.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Muelle Nac.)

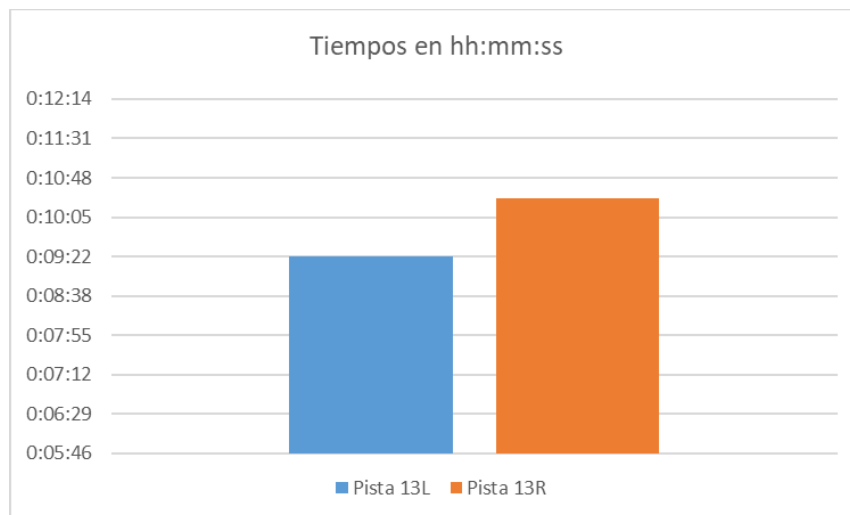


Figura 14.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Muelle Int.)

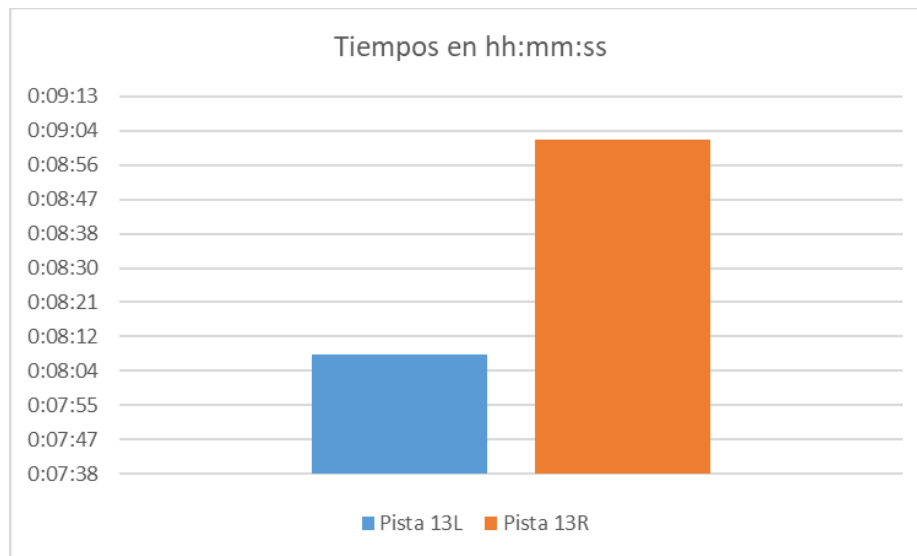


Figura 15.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Puente Aéreo)

Analizando los gráficos obtenidos para nuestro segundo escenario, observamos en primer lugar que las operaciones realizadas hacia el puente aéreo son las que mas diferencias presentan de una pista a otra, esto debido a la posición geográfica de la terminal 2 (Puente Aéreo) entonces podemos decir que las operaciones realizadas por la pista 13R nos están generando demoras significativas dentro del aérea de operación.

Ahora bien, es de resaltar también, que las operaciones realizadas en el muelle internacional presentan una ligera diferencia, dentro de nuestro estudio, estuvieron cerradas e inhabilitadas varias calles de rodadura dentro del muelle nacional lo que generaba demoras a las aeronaves que ingresaban desde la pista 13R hacia el Muelle internacional. La calle con mayor incidencia en estas demoras fue la calle de rodadura F.

7.3 Escenario #3

En el escenario #3, procedemos a analizar las operaciones de forma mensual como se representa desde las figuras 16 hasta la figura 26 son 10 meses analizados que nos permiten obtener un panorama sobre cómo se comporta el aeródromo mes tras mes.

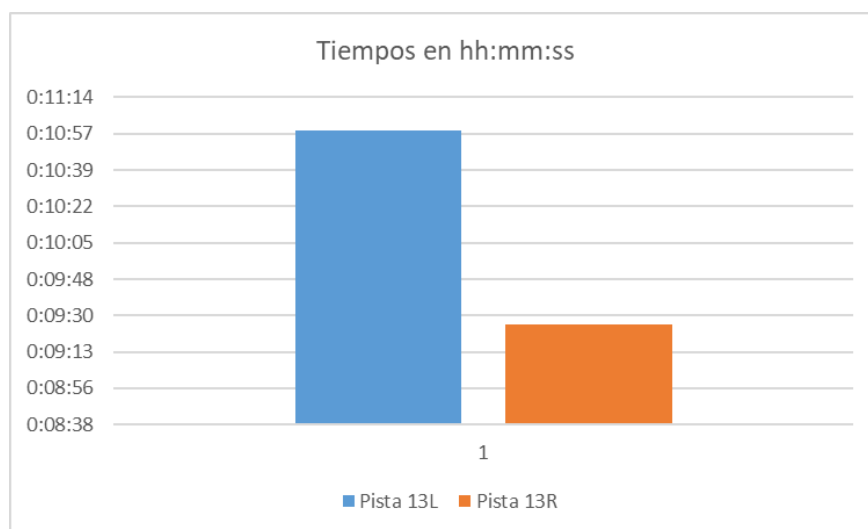


Figura 16.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Junio 2017)

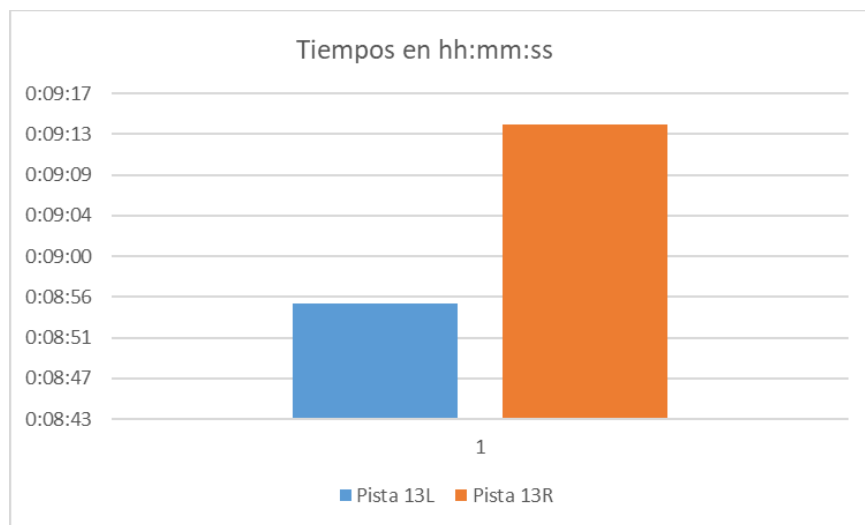


Figura 17.

Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Julio 2017)

En adición, no es posible definir exactamente a qué niveles de volumen de tránsito y en qué condiciones de operación debería establecerse un servicio de dirección en la plataforma, sin embargo; para los fines de este análisis se tienen en cuenta las condiciones de tránsito definidas en la Tabla 2-1 del documento 9476 de la OACI (que se presenta a continuación) para calificar la densidad del tránsito en un aeródromo

DENSIDAD DEL TRANSITO (durante la hora de punta media determinada por el Estado)	
Reducido	Inferior o igual a 15 movimientos por pista, o inferior a un total de 20 movimientos en el aeródromo;
Medio	Del orden de 16 a 25 movimientos por pista, o un total de 20 a 35 movimientos en el aeródromo; y
Intenso	Del orden de 26 movimientos o más por pista, o superior a un total de 35 movimientos en el aeródromo.

Tabla de referencia 1.
Tabla 2-1 Documento 9476 OACI

Según las estadísticas de operación generadas, el Aeropuerto Internacional El Dorado tiene un promedio de 38 movimientos por hora (aterrizajes y despegues), lo cual permite calificar como “intenso” el volumen de tránsito del aeropuerto.

Por otra parte; el número de operaciones al año en el aeropuerto El Dorado supera en 80.000 operaciones el número de movimientos anuales establecido en España para que el gestor de la infraestructura aeroportuaria establezca un servicio de dirección en la plataforma.

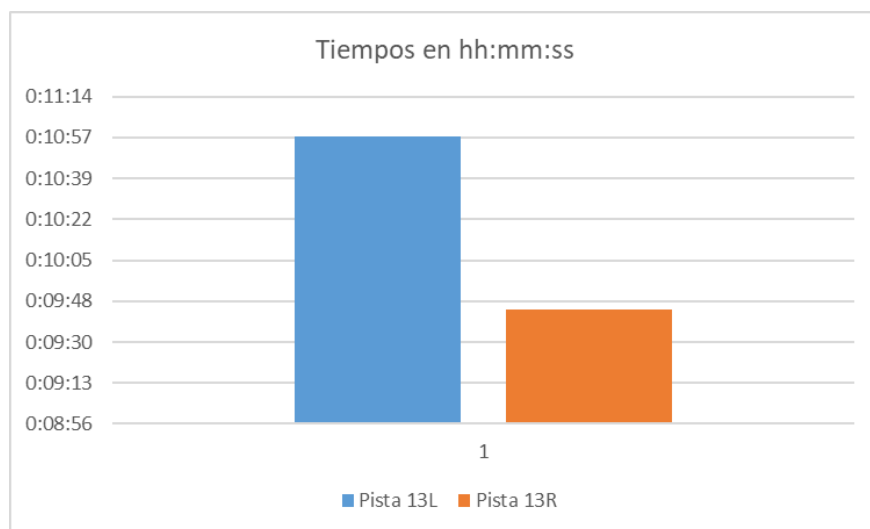


Figura 18.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Agosto 2017)

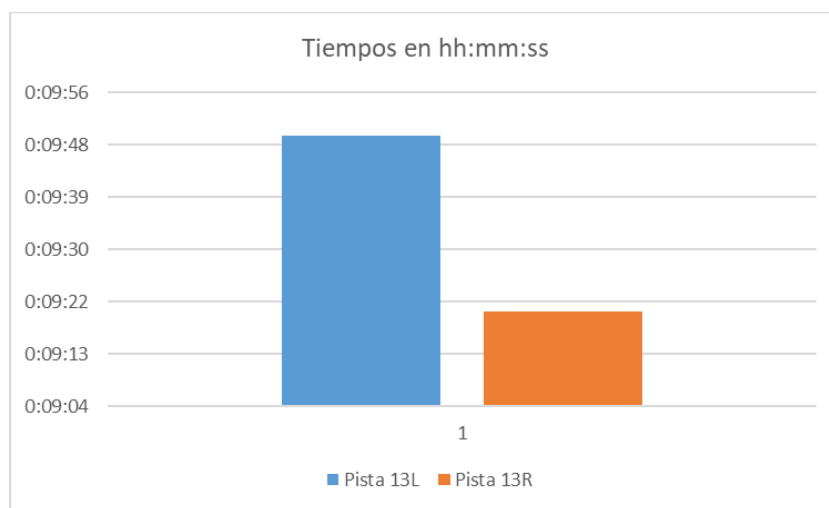


Figura 19.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Septiembre 2017)

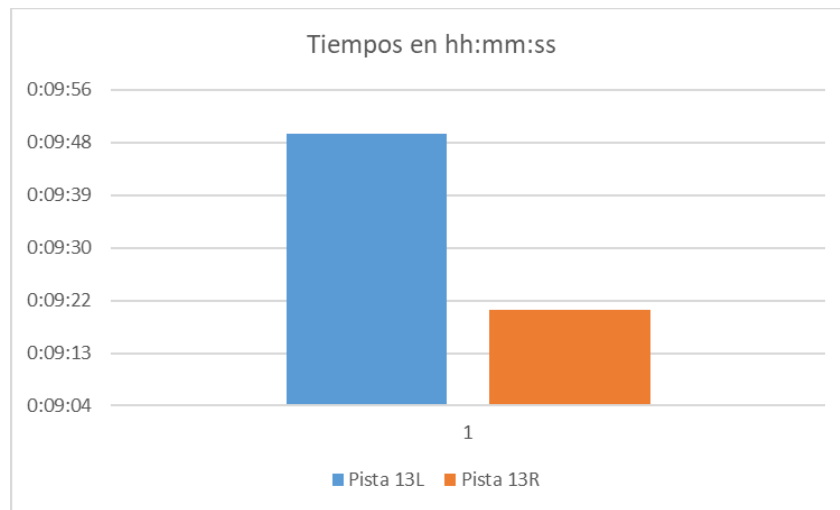


Figura 20.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Octubre 2017)

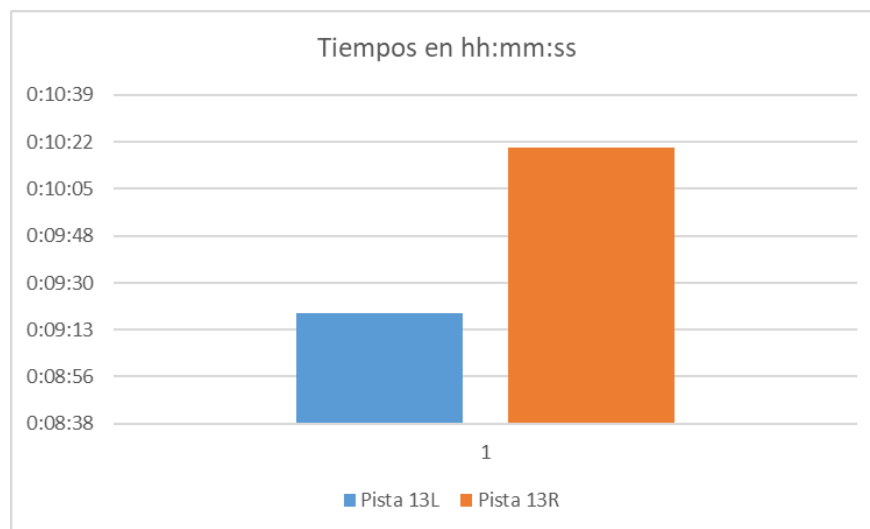


Figura 21.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Noviembre 2017)

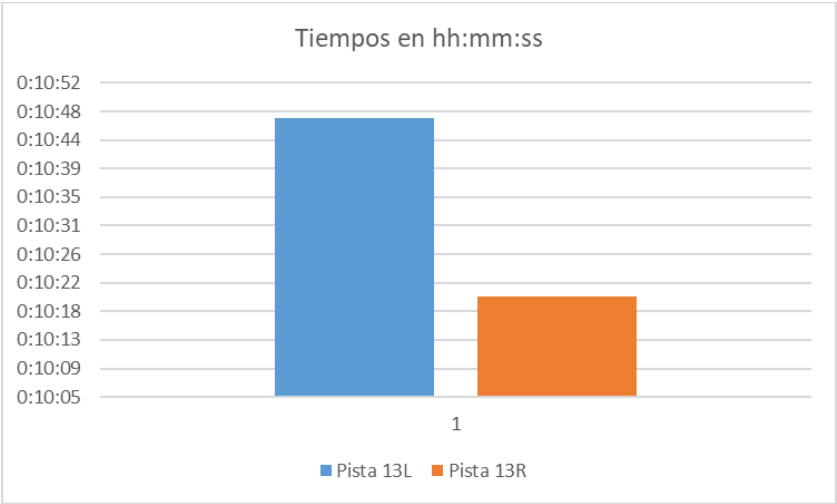


Figura 22.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Marzo 2018)

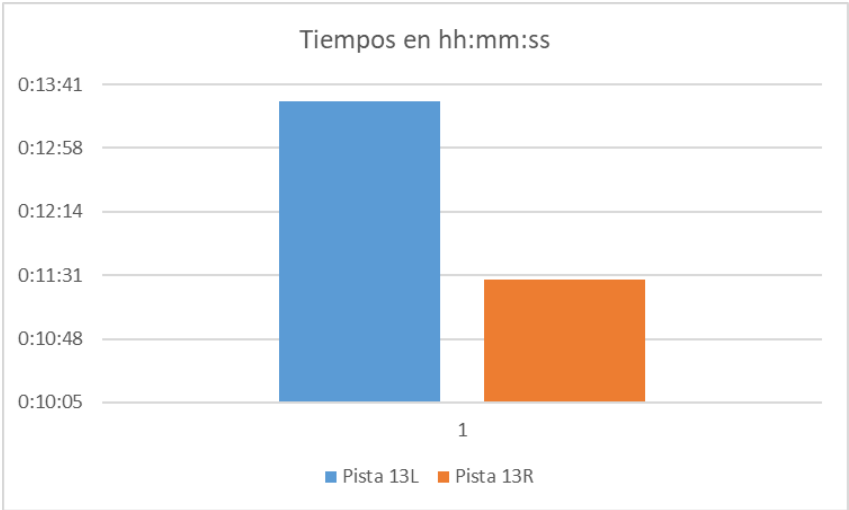


Figura 23.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Marzo 2018)

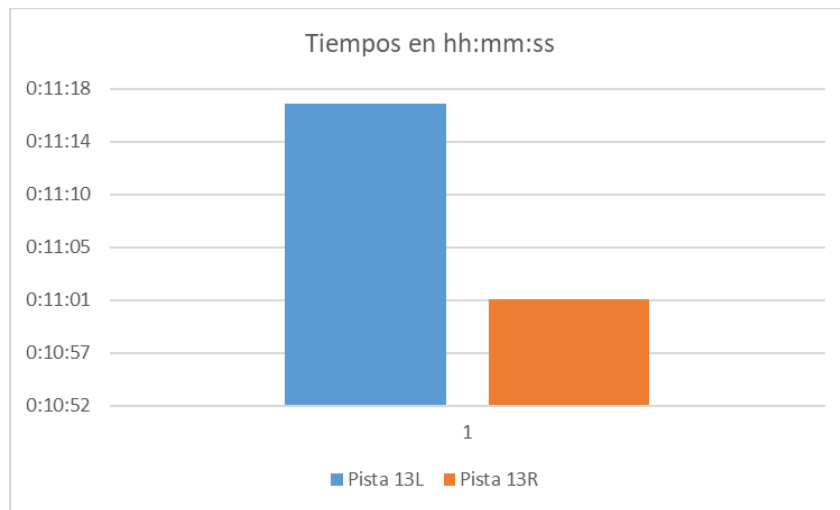


Figura 24.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Abril 2018)

7.3.1 Escenario de riesgo operacional

En el escenario #3 también nos pudimos dar cuenta de algo recurrente dentro del aeródromo como podemos observar en la imagen de referencia 3, tenemos calles de rodadura bastante congestionadas, debido a que hay aeronaves paradas a la espera de continuar su recorrido hacia su puesto de estacionamiento, tener aeronaves totalmente quitas dentro del espacio de maniobra del aeropuerto es algo que aumenta significativamente el riesgo operacional, continuamente tenemos largas filas de aeronaves a la espera de ya sea ingresar a su puesto de estacionamiento o a la espera de iniciar su proceso de despegue.



Imagen de referencia 3.
Congestión en calles de rodadura
Tomado de: Fuente Propia



Imagen de referencia 4.
Congestión en calles de rodadura
Tomado de: Fuente Propia

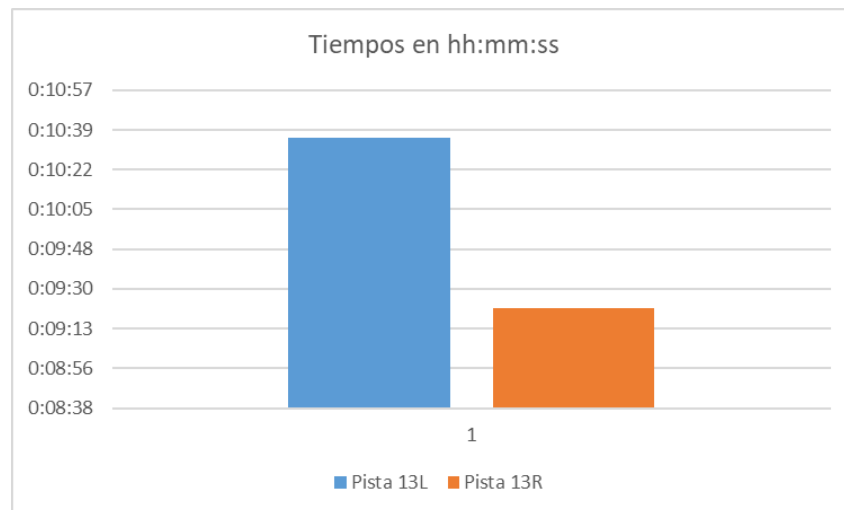


Figura 25.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Mayo 2018)

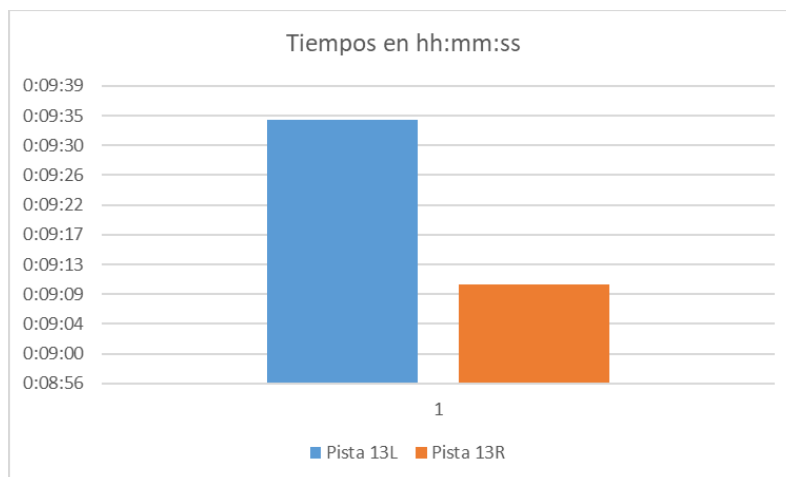


Figura 26.
Tiempo Promedio desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento (Septiembre 2018)

Mes a mes pudimos encontrar una similitud en los gráficos analizados, lo cual nos permite deducir que el problema de diferencia de tiempos es recurrente y varía muy poco a lo largo del tiempo, con esto nos pudimos dar cuenta que evidentemente tenemos cosas por mejorar, que nos permitan hacer del aeropuerto El Dorado un aeropuerto más eficiente.

7.4 Eficiencia operacional

Dentro de este nuevo subcapítulo analizaremos la eficiencia operacional dentro del aeropuerto El Dorado, en un principio, el no tener una buena eficiencia conlleva a demoras, afectando directamente al pasajero, en las imágenes 5 y 6 podemos observar las afectaciones que sufre el pasajero debido las demoras presentadas dentro del aeropuerto, estas demoras también afectan significativamente la programación de los vuelos.



Imagen de referencia 5.
Retrasos Terminal Nacional
Tomado de: Fuente Propia



Imagen de referencia 6.
Retrasos Terminal Internacional
Tomado de: Fuente Propia

Recordemos la importancia que tienen los tiempos de estacionamiento dentro de la programación de los vuelos, al tener menor tiempo de estacionamiento, tendremos una mayor margen para la programación de vuelos, por el contrario, si tenemos retrasos, retrasaremos no solo el tiempo de estacionamiento sino también toda la programación de vuelos, causando un efecto ajedrez para la operación.

Gracias a la base de datos de cumplimiento suministrada por la aeronáutica civil de Colombia, pudimos analizar las demoras presentadas dentro del aeropuerto.

Dentro de la base de datos encontramos que solo en el aeropuerto El Dorado de Bogotá para el año 2018 se realizaron un total de 251.313 operaciones comerciales, de las cuales 68.926 presentaron algún tipo de demora, lo cual representa un 27% de las operaciones realizadas en el aeropuerto.

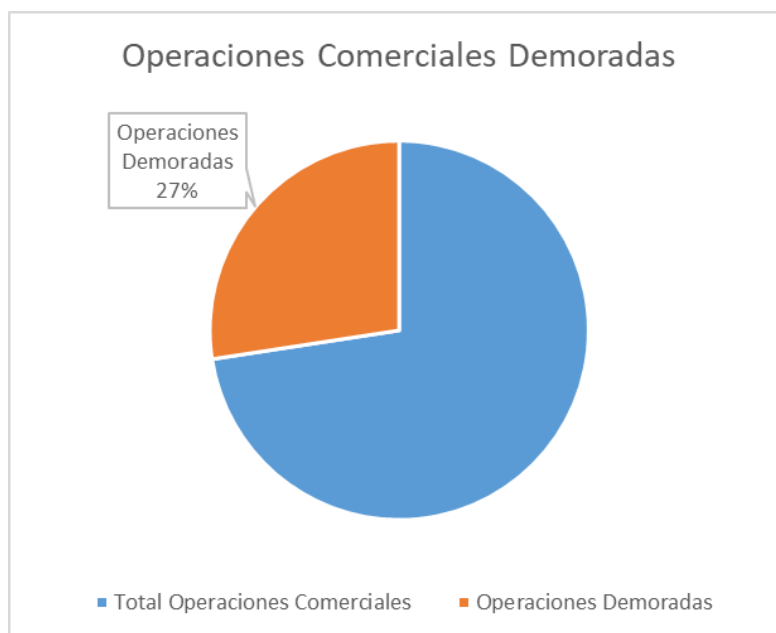


Figura 27.
Operaciones Comerciales Demoradas en BOG
Fuente de datos: Aerocivil (Elaboración Propia)

Las demoras dentro del aeródromo tienen dos causas: externas o internas.

Causas Externas: Son aquellas causas ajenas a la aerolínea que no permiten cumplir con el itinerario programado, dentro de los cuales podemos encontrar los motivos operacionales por ejemplo la falta de disponibilidad de un puesto de estacionamiento, falta de suministro de combustible, etc. Por otro lado, tenemos los motivos incontrolables, dentro estas tenemos por ejemplo condiciones meteorológicas adversas o situaciones de orden público en la ciudad, que impidan el normal desarrollo de la operación.

Causas Internas: Son aquellas causas propias del desarrollo de la operación de la aerolínea que no permiten cumplir con el itinerario programado, dentro de estas causas tenemos los motivos técnicos, por ejemplo, fallas en el avión que va a prestar el servicio. También podemos encontrar motivos operacionales como por ejemplo la falta de los tripulantes de cabina.

Luego de analizar nuestra base de datos, encontramos que el 48% del motivo de las demoras obedecen a causas externas y el 52% obedecen a causas internas.

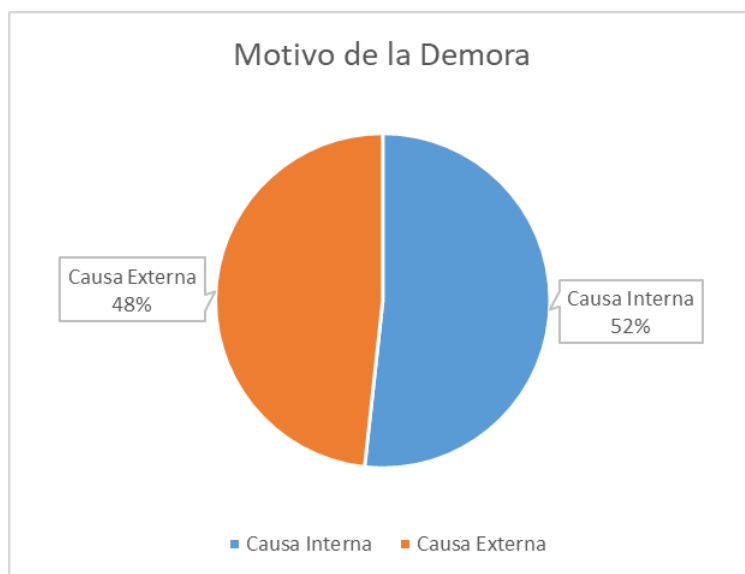


Figura 28.
Motivo de la Demora Aeropuerto El Dorado
Fuente de datos: Aerocivil (Elaboración Propia)

Luego de analizar las diferentes causas y motivos de las demoras, pudimos encontrar que 6.539 demoras están relacionadas principalmente a la ausencia de un SDP en el aeropuerto El Dorado, para realizar dicho análisis tuvimos en cuenta aquellas demoras relacionadas con eventos que presenten la no disponibilidad de posición de parqueo o puente de embarque, la congestión en rampa que dificulta el movimiento de aeronaves, fallas en equipos o infraestructura aeroportuaria bajo control y responsabilidad de las autoridades (daños en la pista, fallas de iluminación), fallas en las puertas de embarque, colisión durante carreteo por propios medios con objetos móviles o estacionarios. Dichos eventos corresponden únicamente a demoras por causas externas dicha cifra corresponde al 9% de las demoras generadas dentro del aeropuerto.

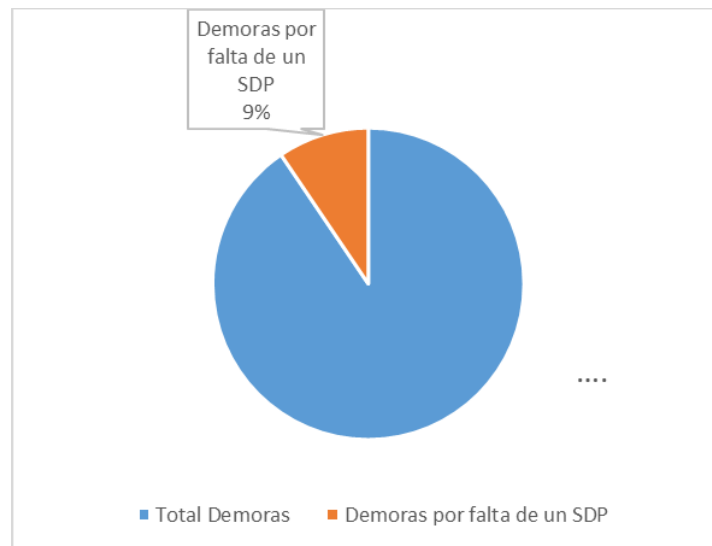


Figura 29.
Demoras debido a ausencia de SDP
Fuente de datos: Aerocivil (Elaboración Propia)

Ahora bien, con el fin de representar aún mejor nuestro escenario relacionado con la eficiencia operacional, analizamos el mismo vuelo en diferentes días con condiciones de pista y de visibilidad iguales, esto con el fin de evaluar que tanto varían los tiempos de recorrido hasta el puesto de estacionamiento, cabe resaltar que en este escenario los vuelos son operados por las mismas aeronaves, es decir, en condiciones exactamente iguales.

Esto con el fin de tener un panorama de cómo se desarrollan operaciones iguales dentro del aeropuerto.

Desde la figura 27 hasta la figura 30, representamos 4 aeronaves que aterrizaron en el aeropuerto cubriendo la misma ruta y con la misma aeronave, con condiciones meteorológicas y de pista similares, pero en días diferentes.

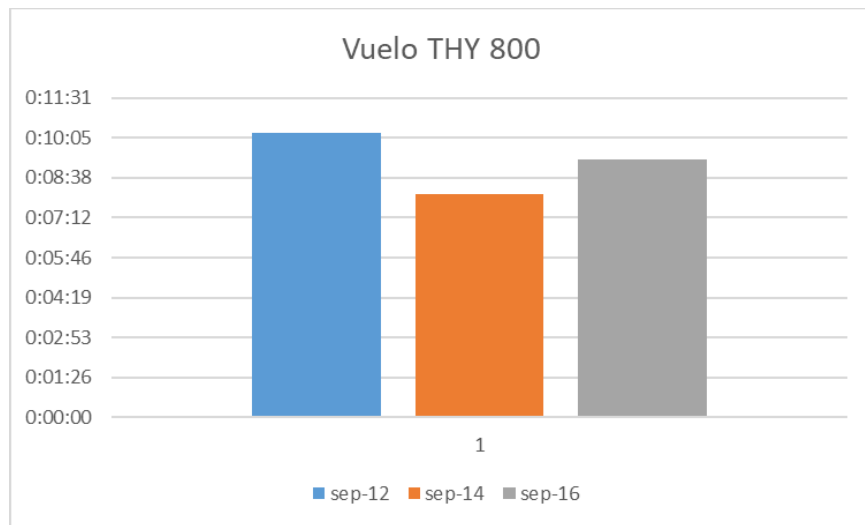


Figura 30.
Tiempo desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento THY 800 (Equipo A332)

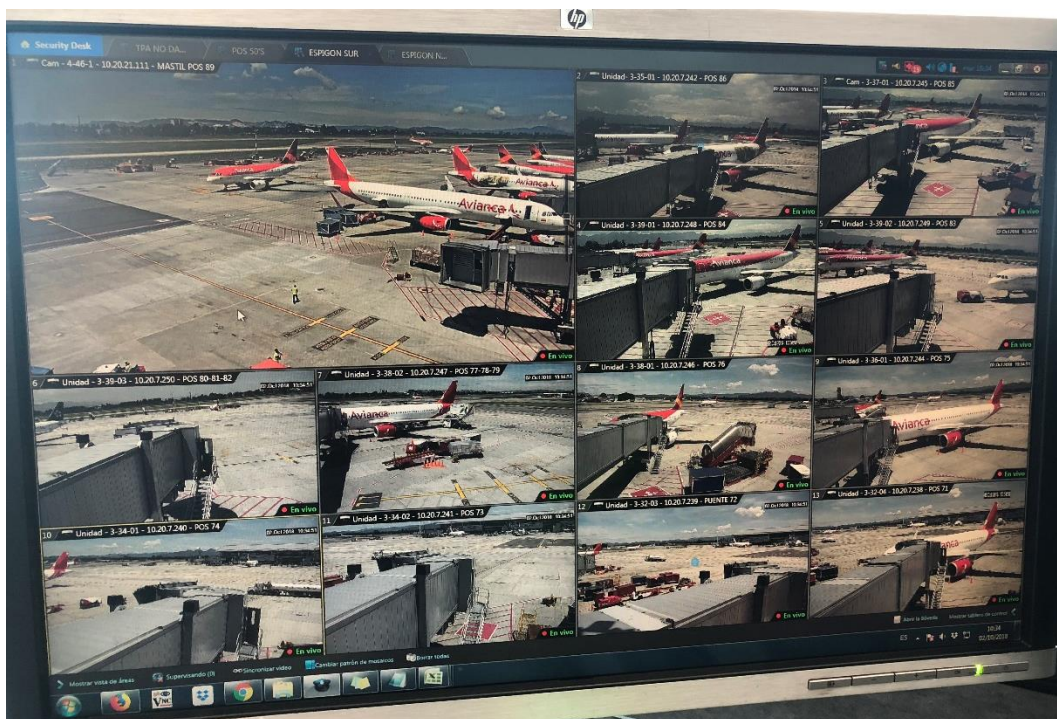


Imagen de referencia 6.
Puesto de monitoreo puestos de estacionamientos
Tomado de: Fuente Propia

En la imagen de referencia 6, se muestra cómo se visualizan actualmente los puestos de estacionamiento dentro del CNA (Centro de Navegación Aérea). En la imagen podemos observar cómo se encuentran llenos casi todos los puestos de estacionamiento, dicha imagen fue tomada en una hora valle, en la esquina superior

izquierda la aeronave de Avianca tuvo que esperar alrededor de 15 minutos para hacer su ingreso a plataforma, debido a que estaba ocupada por otra aeronave de la misma compañía, este retraso en la aeronave estacionada ya genera una demora para la aeronave que se encuentra en espera como se mencionó anteriormente. Claramente en este ejemplo queda en evidencia que con el sistema actual se ve claramente afectada la eficiencia operacional.

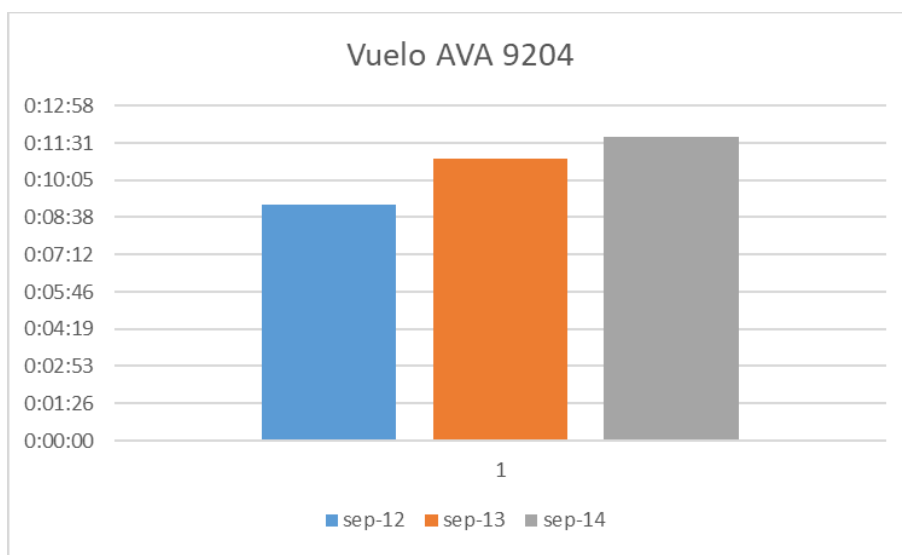


Figura 31.
Tiempo desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento AVA 9204 (Equipo A32S)

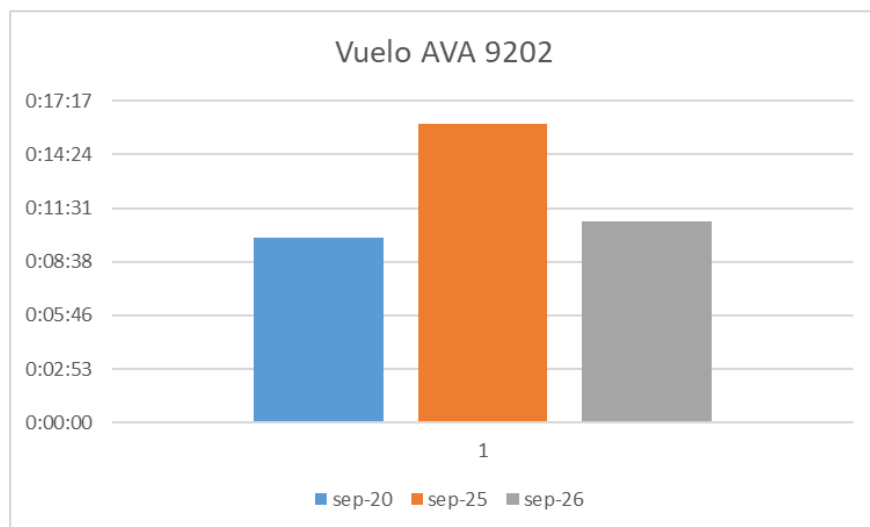


Figura 32.
Tiempo desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento AVA 9202 (Equipo A32S)

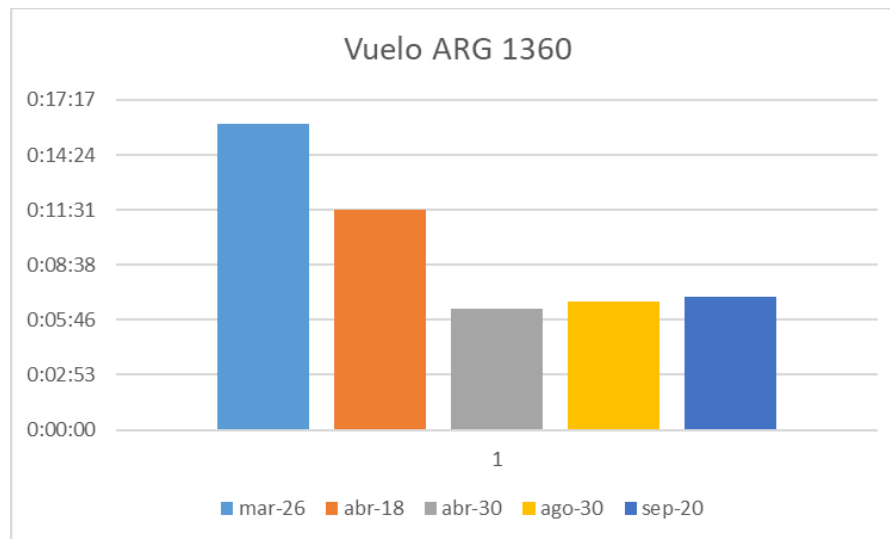


Figura 33.
Tiempo desde Aproximación Hasta Puesto de Estacionamiento ARG 1360 (Equipo A330)

Como pudimos observar dentro de nuestro análisis de gráficos, podemos decir que no existe una homogeneidad en los tiempos de operación, los cuales deberían ser muy parecidos, ya que como se mencionó anteriormente, estaban en condiciones de operación exactamente iguales, dentro de las dificultades, pudimos encontrar calles de rodadura cerradas, las cuales retrasaban mucho la operación, debido a que muchas únicamente tienen un único sentido, hay muchos aspectos claves para mejorar dentro del aeropuerto, para empezar, deberíamos tener un adecuado mantenimiento de las calles de rodaje, evitando al máximo el impacto sobre la operación, en nuestro caso encontramos calles cerradas en plena hora pico, casos puntuales de las calles F a la altura del puesto de estacionamiento 76, lo que causó una congestión importante en las vías M, N y P.

En otros casos particulares, debido a demoras en la operación, la torre de control tenía que cambiar los puestos de estacionamiento previamente asignados por OPAIN, generando demoras debido a que no habían puestos de estacionamiento disponibles para una o varias aeronaves.

Pero lo más importante, es el hecho que la ausencia de este servicio en el Aeropuerto Internacional Eldorado, está afectando adversamente la eficiencia de las operaciones aéreas y a su vez impide una correcta planeación de Control de Afluencia de Tránsito, el cual es un elemento esencial para la evolución del Sistema de gestión del tránsito aéreo colombiano.

8 CONCLUSIONES

Como ya se mencionó anteriormente, una forma de proporcionar el SDP es mediante el control coordinado entre el ATS y la administración del aeródromo o una compañía explotadora, en esta modalidad se confiere a la dependencia de los servicios de tránsito aéreo las radiocomunicaciones con las aeronaves que necesitan permiso de arranque de motores o de retroceso en la plataforma, y la administración del aeródromo o el explotador se hace entonces cargo del control de los vehículos. En los aeródromos en que se aplica este método, las instrucciones del ATS a las aeronaves se dan bajo el entendido de que en dichas instrucciones no se incluye la separación segura entre las aeronaves y vehículos que no son objeto de control por radio. Es así como se ha venido prestando el SDP históricamente en el Aeropuerto El Dorado y en la mayoría de aeropuertos del país.

Sin embargo, cuando el volumen del tránsito y las condiciones de operación así lo exigen, se hace necesario reevaluar la magnitud del SDP que se necesita para atender las actividades en las áreas de plataforma con el objeto de garantizar las maniobras seguras y eficaces de aeronaves y vehículos próximos entre sí.

Una vez evaluados todos los aspectos contemplados en los numerales anteriores, es evidente que en el Aeropuerto El Dorado se cumplen las condiciones para establecer un servicio especialmente destinado a la dirección en la plataforma, el volumen de operaciones y la complejidad de las plataformas ameritan un servicio completo de dirección en la plataforma prestado por la administración del aeródromo o su delegado, que garantice el estrecho enlace entre la administración del aeródromo, los explotadores de las aeronaves y el servicio ATS.

Para implantar un servicio completo de dirección en la plataforma, prestado por la administración del aeródromo o su delegado, se sugiere tener en cuenta lo siguiente:

- a. Se debe establecer una norma que tenga por objeto regular a nivel nacional el servicio aeroportuario de dirección en la plataforma y las condiciones para su implantación con el fin de garantizar la operación segura de las aeronaves en sus movimientos en las plataformas del aeropuerto.

b. Se deben fijar con claridad las condiciones para la prestación del Servicio de Dirección en la Plataforma, completando lo dispuesto en las normas técnicas de diseño y operación de aeródromo, para garantizar la operación segura de las aeronaves en los movimientos en la plataforma.

c. Se debe regular la organización y el personal que presta Servicios de Dirección en la Plataforma, así como las funciones propias del servicio, las responsabilidades del gestor de la infraestructura aeroportuaria en relación con la provisión del servicio y la necesaria coordinación con los servicios de tránsito aéreo.

d. Se debe determinar el emplazamiento, instalaciones, servicios, sistemas y equipo, los procedimientos operacionales y, la organización y administración de la dependencia que tendrá a su cargo el SDP.

El servicio de dirección de plataforma es un servicio aeroportuario, que, no obstante, ha venido siendo prestado tradicionalmente por los servicios de tránsito aéreo del aeródromo, requiere que en los aeropuertos con volúmenes de tránsito calificados como “Intenso”, las tareas que no sean propias del tránsito aéreo, como lo es la dirección en plataforma, deban realizarse directamente por el gestor de la infraestructura aeroportuaria o encomendarse por este a un proveedor civil de servicios de tránsito aéreo. Por lo tanto; se hace necesario actualizar los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia así:

a. Actualizar los numerales 14.3.9.5.1 y 14.3.9.5.2 del RAC 14:

14.3.9.5.1. Cuando el volumen del tránsito y las condiciones de operación lo justifiquen, la dependencia ATS del aeródromo, alguna otra autoridad de operación del aeródromo, o en cooperación mutua entre ambas, deberían proporcionar un servicio de dirección en la plataforma apropiado, para:

- a. reglamentar el movimiento y evitar colisiones entre aeronaves y entre aeronaves y obstáculos;
- b. reglamentar la entrada de aeronaves y coordinar con la torre de control del aeródromo su salida de la plataforma; y
- c. asegurar el movimiento rápido y seguro de los vehículos y la reglamentación adecuada de otras actividades.

14.3.9.5.2. Cuando la torre de control de aeródromo no participe en el servicio de dirección en la plataforma, deberían establecerse procedimientos para facilitar el paso ordenado de las aeronaves entre la dependencia de dirección en la plataforma y la torre de control de aeródromo.

b. Establecer el número de movimientos anuales para que el gestor de la infraestructura aeroportuaria establezca un servicio de dirección en la plataforma, lo cual debería ser contemplado en los contratos de concesión de los diferentes aeropuertos del país.

Esto con un adecuado manejo del aeródromo ayudaría a mejorar notablemente la eficiencia de la operación de todo el aeropuerto, recordemos que muchos aeropuertos en el mundo recurren a adoptar un SDP con el objetivo de regular el movimiento entre aeronaves y obstáculos; reglamentar la entrada de aeronaves y coordinar con la torre su salida de la plataforma; y asegurar el movimiento rápido y seguro de los vehículos y la reglamentación adecuada de otras actividades.

Por otro lado, el Servicio de Dirección en la Plataforma deberá contar, asimismo, con procedimientos que aseguren la colaboración con el gestor de la infraestructura aeroportuaria, o con otras unidades de dicho gestor, según sea el caso; con los explotadores de aeronaves; con los servicios de asistencia en tierra, en particular con los de abastecimiento de combustible, asistencia de operaciones en pista y catering, así como con el proveedor de Servicios de Control de Tránsito Aéreo.

El Aeropuerto El Dorado requiere que se establezca un servicio especialmente destinado a la dirección en la plataforma, que garantice el estrecho enlace entre la administración del aeródromo, el explotador de las aeronaves y el servicio ATS. Por lo tanto, se recomienda que se haga cargo del SDP la administración del aeródromo o quien ella designe. La ubicación de para coordinar el SDP se sugiere en el salón ubicado debajo de la cabina de control ya que operativamente es favorable puesto que se dispone de buena visión de las plataformas.

La ubicación del SDP en la torre de control minimiza la necesidad de nuevas infraestructuras y su coste asociado. Puesto que para el tipo de SDP a implantar las necesidades de equipamiento son similares a las de una torre de control, las instalaciones previstas son adecuadas también para el desarrollo de las funciones del SDP.

El emplazamiento del SDP en la misma torre de control favorece el acceso a las redes y la instalación de los equipos propios del ATS que requiere el SDP.

Por último, la prestación del servicio deberá ajustarse a las condiciones que figuren en los procedimientos correspondientes en el manual del aeropuerto.

9 REFERENCIAS

Aeronáutica Civil, (2018). Servicio de información aeronáutica AIP Bogotá. Tomado de: www.aerocivil.gov.co

Horonjeff, R. et al. (2010). *Planning and Design of Airports*. McGraw-Hill.

Requerimientos para el buen funcionamiento de un aeródromo, (2017), Aeronáutica Civil, Bogotá Colombia.

Airports: Performance, risks, and problems (2009). . New York: Nova Science Publishers, Inc. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecausta-ebooks/detail.action?docID=3018593>

García Cruzado, M. (2013). *Aeropuertos. Planificación, Diseño y Medio Ambiente*. Ibergarceta Publicaciones.

Cifuentes García, V., & Vargas González, M. (2010). *Aeropuertos modernos, ingeniería y certificación*. México, D.F., MX: Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://site.ebrary.com/lib/bibliotecaustasp/docDetail.action?docID=10365920&ppg=1>

Normativa de seguridad en plataforma, (2013) AENA Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. Madrid España.

OPAIN S.A., (2018). *Página Web Aeropuerto El Dorado*. Hipervínculo <https://eldorado.aero/>

Publicaciones OACI:

Anexo 14. 'Aeródromos. Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos'.

- 'Manual de Planificación de Aeropuertos', Doc. 9184.
- 'Manual de Diseño de Aeródromos', Doc. 9157
- 'Manual de Servicios de Aeropuertos', Doc. 9137.

OACI, (1986). Documento 9476 *Manual de Sistemas de Guía y Control Del Movimiento en la Superficie*, capítulo 8.

Ashford, S. et al. (2013) Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports. Howard Callahan Ed.

Cayman Islands Airports Authority. (2016). Apron Management and Procedure Manual (AMPM).

Wells, A. and Young, S. (2004). Airport Planning & Management. McGraw-Hill.

Publicaciones IATA: Airport Development Reference Manual.

Hissler, S. (2016). The Future Regulation of Aviation in Europe by EASA: Legal framework of Apron Management Service.

Bradley, A. (2010). The independent airport planning manual. Woodhead Publishing.

Truyols, S. (2016). Transporte aéreo e ingeniería aeroportuaria.

Pardo, J. (2001). Régimen jurídico de los aeropuertos: servicio público y explotación comercial.

Kazda, A. and Caves, R. (2008). Airport Design and Operation. Emerald.

De Neufville, R. and Odoni, A. (2013). Airport Systems: Planning, Design and Management. McGraw-Hill.

Fuller, G. and Harley, R. (2004). Aviopolis: A Book About Airports