

Título del Proyecto de Investigación  
al que corresponde el Reporte Técnico:

Reconfiguración de la plataforma de carga en aviación general del  
Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

Fecha de Inicio: 01/10/2020  
Fecha de Término: 22/04/2022

Tipo de Reporte

Parcial

Final

Autor (es) del reporte técnico:

Bárbara Alexandra Anaya Sánchez  
Juan Ernesto Chávez Pierce  
Carlos Alberto Gómez Álvarez

# **RECONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA DE CARGA EN AVIACIÓN GENERAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CIUDAD JUÁREZ**

## **Resumen del reporte técnico en español**

Dado el crecimiento en las operaciones de carga mostrado en los últimos 10 años en el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez se ha vuelto necesario el realizar una investigación con el fin de identificar el o los problemas existentes en el ámbito operacional y de capacidad en esta misma. Dentro de la presente investigación se realizarán diversos análisis tanto técnicos como estadísticos y operacionales por tráfico para buscar y proponer mejoras que faciliten el flujo en las operaciones de aeronaves de carga. Cada una de las mejoras propuestas busca ser realizada bajo el consentimiento de la administración aeroportuaria, para posteriormente en caso de ser viable y respetar las normas y leyes, ser avalada por los organismos y autorizada o aprobada por la SCT a través de la autoridad competente en materia de aviación civil (AFAC). Los resultados esperados son el aumento en la calidad del servicio que la plataforma de carga y la estación pueden ofrecer, mejoras que permitan el crecimiento operacional en un corto y mediano plazo, así como también de forma indirecta un aporte positivo para la economía y la logística de la industria maquiladora de la región al facilitar el transporte de las mercancías aquí producidas por vía aérea, como alternativa a los medios terrestres.

**Palabras Clave:** Operaciones, impacto económico, planificación de aeropuertos, carga, plataforma.

## **Resumen del reporte técnico en inglés**

Due to the growth in cargo operations shown in the last 10 years at the Ciudad Juárez International Airport, it has become necessary to carry out an investigation in order to identify the existing problem (s) in the operational and capacity field. Within this research, various technical, statistical, and operational analyzes by traffic will be carried out to search for and propose improvements that facilitate the flow of cargo aircraft operations. Each of the proposed improvements will seek to be carried out with the consent of the airport administration first, and later, if feasible and according to the rules and laws, be endorsed by the SCT throughout the competent authority in matter of civil aviation (AFAC). The expected results are the increase in the quality of the service that the cargo platform and the

station can offer, improvements that allow operational growth in the short and medium term, as well as indirectly a positive contribution to the economy and logistics of the region's maquiladora industry by facilitating the transport of goods produced here by air, as an alternative to land means.

**Keywords:** Operations, economic impact, airport planning, cargo, platform.

### **Usuarios potenciales**

Los resultados del proyecto buscan beneficiar de manera directa la infraestructura del aeropuerto, específicamente la plataforma de carga ubicada en aviación general dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, sin embargo, los beneficios se extienden al personal involucrado en atender las operaciones de carga en tierra, el personal de Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano SENEAM, pilotos de aeronaves de carga e incluso hasta el personal que atiende los diferentes destinos de la carga procedente del Aeropuerto en cuestión.

### **Reconocimientos**

Principalmente nos gustaría agradecer al Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, al Ing. Luifil Orlando Brito Navarro, Administrador aeroportuario y al personal en general, quienes nos han abierto las puertas del aeropuerto y han permitido que desarrollemos proyectos de investigación que nos permiten disminuir la brecha entre el sector académico y laboral.

Al estudiante de Ing. Aeronáutica de la UACJ que ha formado parte importante en el desarrollo de la investigación.

Al personal administrativo de la UACJ, coordinador de la carrera de ingeniería aeronáutica, quienes nos han apoyado en la generación de oficios solicitados por parte del aeropuerto para lograr la aceptación por parte de esta empresa externa.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde mediados del siglo XX hasta la fecha la aviación ha tomado un papel sumamente importante para la humanidad. Su contribución en el mundo logístico, ingenieril, médico y de turismo ha sido de gran ayuda, pues gracias a esto se logra mover pasajeros, carga, e insumos por distancias muy largas y en un tiempo relativamente corto comparado con otros medios. Para una ciudad de naturaleza manufacturera como Ciudad Juárez, el transporte de

carga aérea no puede faltar al igual que su debida infraestructura y facilidades que permitan un adecuado desarrollo de las operaciones logísticas y aeronáuticas.

El presente proyecto busca brindar una solución en corto y mediano plazo al problema relacionado con la capacidad de atención a las aeronaves en las instalaciones de la plataforma de carga del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez. Esto mediante una serie de diferentes análisis logísticos y de capacidad auxiliados por el software de simulación SIMIO y estudios que comprendan la normativa, nacional e internacional aplicable en su desarrollo.

La implementación de la solución obtenida a través de este proyecto representa una detonante en el aprovechamiento del enorme potencial con el que cuenta el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez para la industria maquiladora y su transporte de mercancías. A su vez, pudiera significar un aumento en el nivel de competitividad a corto y mediano plazo de la ciudad frente a otras con características similares, beneficiando así a la población local al desencadenar en una mayor creación de oportunidades laborales y de negocios.

## **2. PLANTEAMIENTO**

De acuerdo con datos proporcionados por OMA Aeropuertos [1], la plataforma de carga del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez fue creada en 2005 dada la creciente necesidad que tenía la industria manufacturera local para transportar su materia prima y sus productos ensamblados de una manera accesible y con celeridad. Dicha plataforma se encuentra del lado norte de los hangares junto al acceso a la plataforma de Aviación General por medio de la calle de rodaje Alpha. Al costado se construyó una terminal de carga (OMA Carga) junto con un recinto fiscal. La ubicación de dicha plataforma fue seleccionada de manera estratégica tras una serie de estudios realizados por el mismo grupo aeroportuario, ya que en ese punto es una zona donde existe muy poco flujo de pasajeros, además de tener un acceso rápido a los hangares y al recinto fiscal.



Figura 1. Panorámica aérea de la plataforma de carga, recinto fiscal y terminal de carga (superior derecha), Aviación general (inferior izquierda), y hangares (central inferior) del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez [2].

En los últimos 10 años y debido a varios factores, entre ellos el creciente mercado de ventas por internet, así como la crisis de inseguridad en diversos corredores logísticos del país, documentada por El Financiero [3] se puede observar cómo el número de toneladas de mercancía enviadas por vía aérea desde y hacia el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez ha aumentado aproximadamente en un 60% con respecto al año 2010.

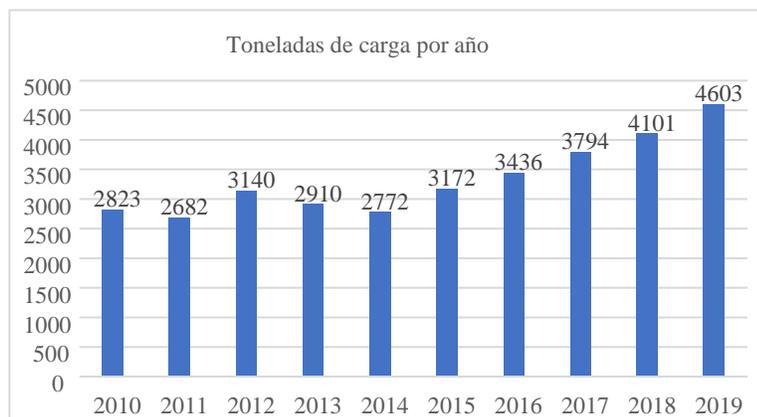


Figura 2. Estadísticas de toneladas de mercancía movidas por año en el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez [4].

Dicho crecimiento tiene una cercana relación con el número de operaciones cargueras registradas. Las estadísticas y datos provistos por OMA Aeropuertos [4], indican que el motivo por el cual es posible observar este comportamiento inusual es debido a que las aerolíneas cargueras que operan en la estación han optado por utilizar aeronaves más grandes y con mayor capacidad (como el B737 o el MD83) en lugar de realizar más frecuencias o rutas con aeronaves de menor capacidad (como el CRJ200 o el Fairchild Metroliner).

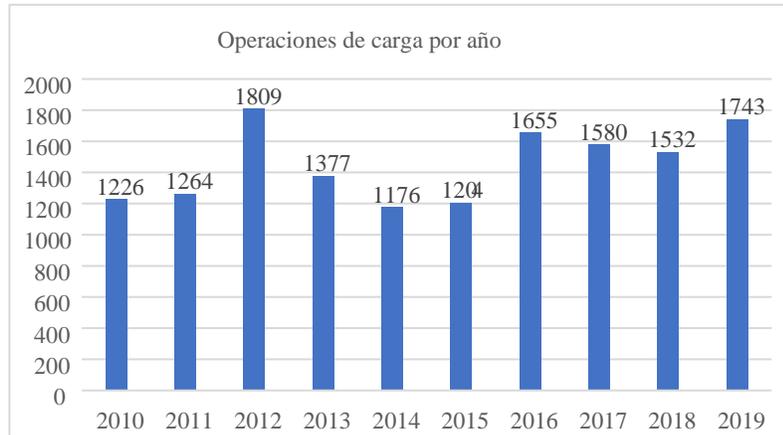


Figura 3. Número de operaciones cargueras por año en el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez [4].

En el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México existe la misma situación, con diferencia en el volumen de carga y las operaciones. En dicho aeropuerto se realizó un estudio en 2013 donde Antún J. P. [5] menciona como parte de la problemática que “...sus dimensiones son justas, pero no óptimas.” Además de que “El área es muy limitada para realizar las maniobras en el movimiento de la carga”. Ante esta problemática y la saturación del AICM documentada por la IATA [6] se propuso como solución una redistribución tanto en terminales como en plataformas de carga, de manera que se convierta en un layout mixto. Es decir, convertirse en una plataforma y terminal que pueda recibir tanto carga como operaciones comerciales y a su vez elevar la capacidad de movimiento de mercancía por vía aérea en el principal centro logístico del país.



Figura 4. Renderizado de la propuesta para la plataforma de carga en el AICM [5].

En el Aeropuerto de Ixtapa-Zihuatanejo (MMZH) fueron realizadas modificaciones abordando una problemática muy similar pero enfocada hacia las operaciones comerciales y de aviación general. En el mencionado aeropuerto se planteó ampliar la capacidad de la plataforma comercial y de aviación general de modo que fueran capaces de recibir

aeronaves de mayor tamaño y peso junto con una mayor capacidad de transporte de pasajeros. También se cumplió el objetivo de abrir el acceso a nuevas rutas que conectaran las ciudades de Ixtapa y Zihuatanejo con otras ciudades del país y de Norteamérica. Cabe destacar que en dicho aeropuerto derivado del bajo flujo de carga aérea no se cuenta con plataforma de carga [7].



Figura 5. Plataforma comercial de Ixtapa-Zihuatanejo tras la modificación (Imagen cortesía del M. en E. Roberto Sánchez Escobar) [8].

Volviendo al Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, durante el semestre enero mayo 2019 fue desarrollado y presentado en el Instituto de Ingeniería y Tecnología un proyecto para la plataforma comercial en el cual Álvarez G. [9] menciona que “Se detecta el crecimiento de las operaciones en el área de plataformas (SIC) en el “Aeropuerto Internacional Abraham González de Ciudad Juárez”, lo que permite identificar que la infraestructura de la plataforma de la terminal de pasajeros no sea la adecuada para llevar a cabo de manera correcta el flujo de las operaciones durante horas pico (SIC)”. La solución propuesta fue optimizar la plataforma anteriormente mencionada reconfigurando el acomodo de la posición 7, de manera que pueda brindar servicios a una aeronave de mayor capacidad y dimensiones. Dicha propuesta de solución fue determinada como viable y fue entregada a las autoridades competentes para su aprobación y desarrollo.

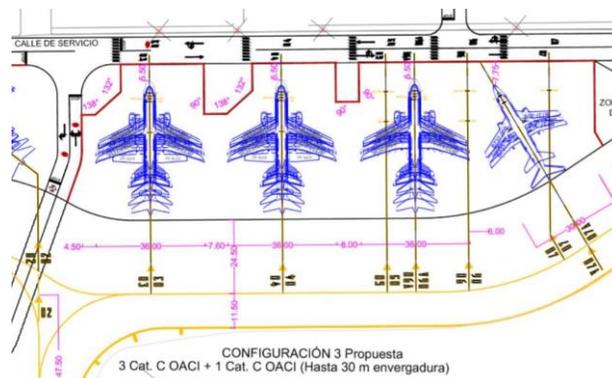


Figura 6. Planos de la propuesta para el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez realizados en AutoCAD [9].

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Realizar una propuesta de optimización en la plataforma de carga del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez a través de un análisis de los flujos, actividades, eventos y tiempos entre operaciones de carga para albergar de una manera más eficaz las operaciones actuales y ampliar la capacidad de operaciones y/o aeronaves de mayor tamaño para satisfacer la demanda.

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar la situación actual de la plataforma de carga mediante visitas de campo y entrevistas al personal involucrado en dicha zona.
- Analizar, comprender e identificar la reglamentación y normatividad nacional e internacional acerca de las plataformas de carga.
- Analizar los datos de las aeronaves de carga que actualmente operan en las plataformas del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez.
- Estudiar los tiempos que toma cada operación para las distintas aeronaves que operan en el Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, con especial énfasis en las horas de mayor saturación.
- Crear una simulación logística de la plataforma mediante el software SIMIO para Aeropuertos.
- Contrastar resultados de la simulación con la propuesta de mejora y sin la propuesta de mejora.

### **4. METODOLOGÍA**

El cuadro metodológico se dividió en 3 fases consecutivas. La primera fase consiste en realizar un análisis visual de las situaciones que se presentan en la plataforma de carga de CJS, reconocer las operaciones e identificar condiciones actuales. La segunda fase consiste en analizar las posibles soluciones al problema detectado, estudiar el marco normativo y legal junto con las estadísticas operacionales, proponer una solución al problema y describir las proyecciones a futuro. La tercera y última fase está relacionada con la simulación logística de la solución propuesta junto con una evaluación de los resultados mediante el simulador, haciendo posible conocer si la configuración propuesta es viable.

## FASE I: Análisis y evaluación de las condiciones en la plataforma de carga

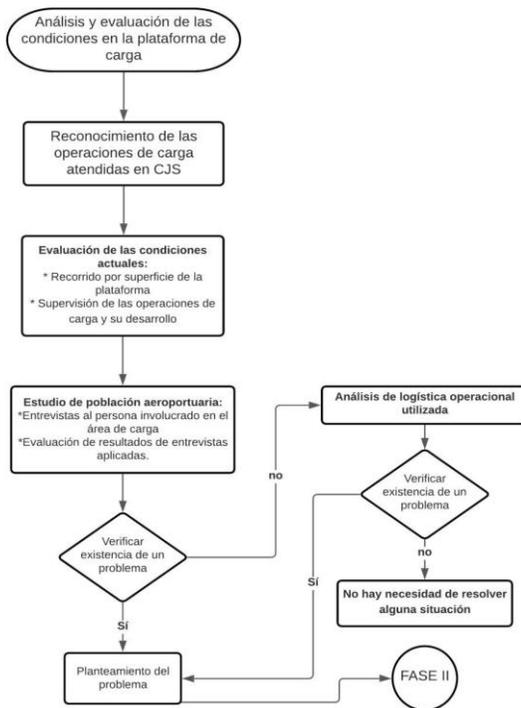


Figura 7. Diagrama de flujo de la FASE 2.[13].

### Reconocimiento de las operaciones de carga atendidas en CJS

En la plataforma de carga del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez prestan sus servicios 3 aerolíneas, Aeronaves TSM que sirve directamente a la empresa de paquetería Deutsche Post (DHL) con aeronaves McDonnell Douglas (MD82, 83, 88, DC9), Fairchild (Metroliner) y Convair; Estafeta Carga Aérea con aeronaves Boeing (B737-300/400), Bombardier (CRJ100/200) y finalmente TUM Aerocarga que opera para la empresa de paquetería Federal Express (FedEx) con aeronaves Bombardier (CRJ100/200) y Boeing (737-300/400).

Todas las aerolíneas mencionadas anteriormente movieron en conjunto durante el año 2019 la cantidad de 4,603 toneladas de carga en 1,743 operaciones distintas, cada una con horarios diversos y aeronaves con una capacidad que va de acuerdo con la ruta que manejan. Aeronaves TSM tiene como destino y origen la ciudad de Saltillo, de donde arriban diariamente sus aeronaves, TUM Aerocarga maneja dos destinos, siendo el más recurrente la Ciudad de Chihuahua, seguido por Monterrey y finalmente Estafeta Carga Aérea con destino a la ciudad de Chihuahua. La mayoría de las operaciones de llegada son

a tempranas horas de la madrugada, mientras que las de salida comienzan durante las primeras horas de la noche, salvo que exista alguna clase de operación chárter con otro tipo de aeronave.

Las aeronaves de las 3 aerolíneas realizan pernoctas durante todo el fin de semana repartidas en la plataforma comercial y de carga, arribando durante las primeras horas del viernes y saliendo hasta la tarde del lunes. Estas pernoctas suelen variar de acuerdo con los requerimientos de las aerolíneas en sus bases y centros operativos.

### **Evaluación de las condiciones actuales**

Previo a evaluar las condiciones actuales de carga es necesario observar toda la infraestructura con la que cuenta el aeródromo. El Aeropuerto de Ciudad Juárez es catalogado como Internacional, podría considerarse como un aeródromo de “Quinta Generación”, recordando lo mencionado por AMCAA en su manual de Consideraciones para la Planificación de Aeropuertos en México [10].



*Figura 8. Imagen actual del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez [2].*

La plataforma de carga cuenta con solamente una posición de estacionamiento de categoría D según la OACI [11] para una aeronave con hasta 52 metros de envergadura, en la cual, por momentos se llegan a acomodar dos aeronaves de categoría C. En su proximidad se encuentran la terminal de carga y el recinto fiscal. La zona de hangares también se encuentra muy próxima, por lo que resulta muy accesible para las empresas que prestan servicio a las aeronaves acercarse a ellas.

### **Entrevistas del personal involucrado en las operaciones de carga y evaluación de resultados**

Se realizaron entrevistas al personal que se encuentra directamente involucrado en las operaciones de carga en CJS, esto involucra al personal administrativo del aeropuerto, jefes de aeropuerto de aerolíneas, personal de la comandancia local de la AFAC, personal de

SENEAM en torre de control y trabajadores generales. A dicho personal se le ha solicitado datos de la cantidad de carga promedio transportada por operación, así como también las rutas y frecuencias de mayor ocupación. Los nombres de los entrevistados se mantienen en anonimato y el contenido de las entrevistas no son adjuntos debido al extenso archivo generado.

### **Planteamiento del problema**

La plataforma de carga actual fue creada para cubrir la necesidad de transporte de carga y de mercancías de la industria maquiladora, en su momento no existía una demanda tan alta como la actual, además de que el tipo de aeronaves con el que contaban las aerolíneas en aquel tiempo eran de condiciones muy distintas a las de hoy en día. Ya que existe un aumento considerable en el número de toneladas de carga transportadas desde y hacia CJS en los últimos 10 años, situación que conlleva a la utilización de más aeronaves que tengan una mayor capacidad de transporte [1].



*Figura 9. Dos aeronaves de categoría C pernoctando sobre la plataforma de carga, guías para aeronave categoría D sobre el pavimento y el empenaje de un B737 junto a un E190 en plataforma comercial [13].*

Actualmente se han hecho esfuerzos por aprovechar al máximo la infraestructura existente tales como utilizar la plataforma de carga como estacionamiento para dos aeronaves de categoría C de manera simultánea (de dos aerolíneas distintas) [12]. Sin embargo, el espacio con el que cuenta no es suficiente para albergar una aeronave adicional de manera segura. Esto ha causado que al arribar las aeronaves de otra aerolínea se deba hacer uso de la plataforma comercial o de Aviación general dependiendo del tipo de aeronave.

Retomando la división de la plataforma de carga, en ella no existen marcas o guías para aeronaves categoría C que se apeguen a la normativa local e internacional y permitan la operación segura de las aeronaves, así como su desarrollo sin restricciones.



Figura 10. B737-300F utilizando la plataforma comercial [13]

## FASE II: Propuesta de solución al problema

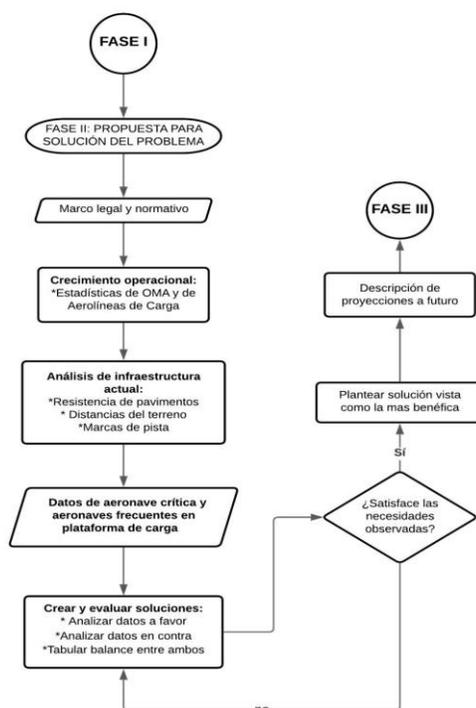


Figura 11. Diagrama de flujo de la FASE II [13].

### Análisis de infraestructura actual

En el análisis de infraestructura actual de la plataforma con énfasis técnico se encontró que la superficie total de la plataforma es de 3899 metros cuadrados. Cuenta con un ancho de 61.25 metros y un largo de 63.92 metros. En su interior posee una guía de atraque para uso de una aeronave categoría D y se encuentra a 26 metros de la franja izquierda de pista por 34 metros de la franja derecha. Esta misma guía tiene una longitud de 46 metros desde la base de la plataforma y 18 metros de distancia con la calle de servicio en la parte superior. Hay dos franjas en el margen izquierdo y estas junto con la guía de atraque se encuentran

pintadas de color amarillo y con la separación indicada por el Manual de diseño de Aeródromos de la OACI, tanto en su Parte 2 que habla sobre calles de rodaje y plataformas como en la parte 4 referente a las ayudas visuales.

Las calles de servicio al borde de la plataforma mantienen siempre una anchura de 9.5 metros, dividida en dos carriles, es decir uno por sentido. Cada uno de estos dos sentidos posee flechas que indican previamente de vueltas o curvas junto con otras más que indican el sentido. Se aprecia un eje central con líneas discontinuas de color blanco y pasos rayados para los peatones en determinadas zonas estratégicas.

Hay dos postes con lámparas de luz blanca utilizados para mantener una visibilidad en las operaciones nocturnas. Existen dos letreros de información amarillos con iluminación nocturna en su lado inferior derecho, uno que indica la localización de la zona de carga y el otro para aviación general.

Lo relacionado con marcas de pista, plataforma y calles de rodaje se encuentra encerrado en color rojo, lo referente a iluminación se encuentra encerrado en círculos verdes, las medidas se encuentran acotadas en color rosa, los letreros de información en color azul, y finalmente la señalización de las calles de servicio en círculos negros.



Figura 12. Vista aérea con énfasis en la infraestructura de la plataforma [2] [13].

También se tomo en cuenta el índice de resistencia de los pavimentos en las áreas antes mencionadas, recordando que el PCN es una de las características en un aeródromo que definen el tipo de aeronave que puede ser recibida.

Con los datos anteriores se generó una propuesta que busca atacar el problema y resolverlo en un corto y mediano plazo derivando dos propuestas de mejora.

Tabla 1. Puntos a favor y en contra de la primera propuesta [13].

| <b>PROPUESTA:</b>  | Cambio en la señalización, y reubicación de la calle de servicio                                |
|--|---|
| <b>A FAVOR</b>   | <b>EN CONTRA</b>  |
| Solamente requiere de inversión en pintura para señalización                         | No presenta una solución a mediano y largo plazo, solamente al corto                            |
| No precisa de estudios de resistencia de suelos dado que no existe ampliación alguna | En caso de demora de la aeronave en el eje de rodaje puede causar demora de las otras aeronaves |
| Mejor aprovechamiento del espacio con el que actualmente se cuenta                   | No es seguro que se respeten las distancias libres entre aeronaves                              |
| Reubicar la calle de servicios precisa menor inversión y un menor tiempo en obra.    | Pudiera llevar a prácticas inseguras que violen las normas de seguridad.                        |

Tabla 2. Puntos a favor y en contra de la segunda propuesta [13].

| <b>PROPUESTA:</b>  | Ampliación y configuración de 2 posiciones categoría C y una híbrida C/D.   |
|--|---|
| <b>A FAVOR</b>   | <b>EN CONTRA</b>  |
| Permitiría un mejor flujo de las aeronaves con una adecuada señalización   | Requiere de estudios técnicos para su construcción, así como una inversión en mano de obra  |
| Cada una de las posiciones sería independiente, por lo cual si existen demoras en una no se afectan las demás              | Su ejecución podría tomar tiempo, mismo en el cual la plataforma se encontraría deshabilitada.  |
| Al tener capacidad para una aeronave más que la configuración actual evitaría que se comparta con la plataforma comercial. | Deshabilitar la plataforma para efectuar esta propuesta agravaría, aunque temporalmente, el problema que se está presentando            |
| Permite un mejor acceso, desalojo y movimiento tanto para las aeronaves como para los vehículos de servicio.               | El agravamiento del problema representa una caída en la competitividad y capacidad de carga aérea del aeropuerto frente a sus similares |
| Existe suficiente espacio en los alrededores como para considerar una ampliación aún mayor en un mediano plazo.            | Implicaría prescindir de 3 posiciones de la plataforma de aviación general que actualmente se encuentran anexas a la zona de trabajo    |

### Descripción de proyecciones a futuro

De acuerdo con las estadísticas del número de toneladas de carga movidas desde y hacia CJS en los últimos 10 años se procesaron los datos e ignoraron aquellos que presentan un

comportamiento inusual o fuera de tendencia. La siguiente tabla muestra una relación entre las toneladas de carga movidas desde y hacia CJS y el número de operaciones realizadas cada año, dando así el promedio anual de carga movido por aeronave.

Tabla 3. Relación entre operaciones realizadas y número de toneladas movidas desde y hacia CJS [4].

|              | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>TONS</b>  | 2823 | 2682 | 3140 | 2910 | 2772 | 3172 | 3436 | 3794 | 4101 | 4603 |
| <b>OPS</b>   | 1226 | 1264 | 1809 | 1377 | 1176 | 1204 | 1655 | 1580 | 1532 | 1743 |
| <b>TOTAL</b> | 2.30 | 2.12 | 1.74 | 2.11 | 2.36 | 2.63 | 2.08 | 2.40 | 2.68 | 2.64 |

La siguiente figura muestra un agráfica de tendencia que indica la proyección de crecimiento de mercado para los próximos años.

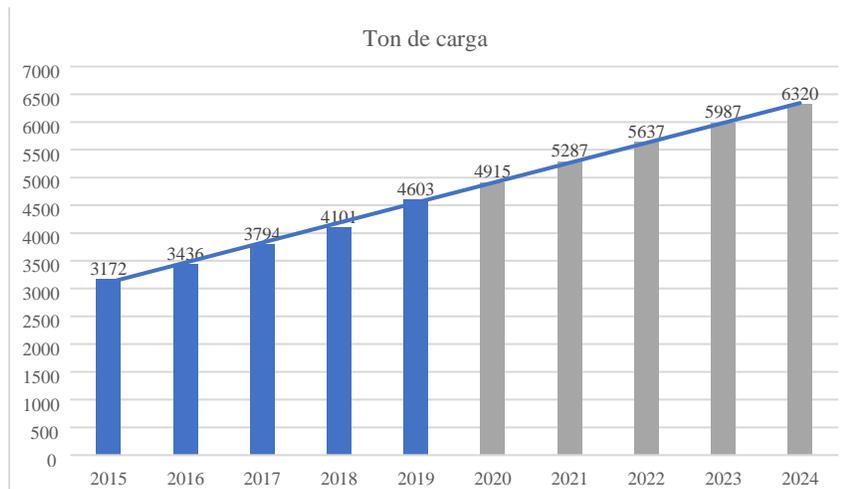


Figura 13. Tendencia de crecimiento para el transporte de toneladas de carga desde y hacia CJS [4] [13].

La siguiente tabla muestra una tabulación donde se considera el promedio de toneladas manejadas en los 3 tipos de aeronaves más frecuentes (año 2020) por cada 2 operaciones (llegada y salida), para así obtener como producto el total de toneladas transportado durante el año. Esta tabulación corresponde a la plataforma de carga con su configuración actual.

En la siguiente tabla se agregó el promedio de toneladas por operación por el CRJ200 y con las condiciones actuales en las cuales de comparte la plataforma comercial con las aeronaves de carga se obtiene un total estimado de 4,942 toneladas para 2020.

Tabla 4. Total de toneladas proyectadas para transportarse en el año 2020 desde y hacia CJS [4] [13].

| CONFIG. ACTUAL MIX |            |          |            |        |
|--------------------|------------|----------|------------|--------|
| ACFT               | MD82/83/88 | B737-300 | CRJ100/200 | TOTAL  |
| <b>TONS/OP</b>     | 2.85       | 2.67     | 1.25       |        |
| <b>OPS</b>         | 2          | 2        | 2          |        |
| <b>TOTAL</b>       | 2080.5     | 1949.1   | 912.5      | 4942.1 |

### FASE III: Evaluación de resultados

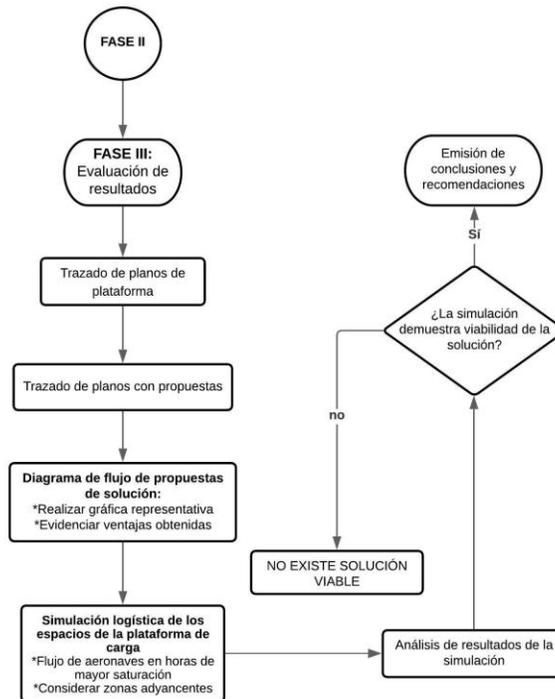


Figura 14. Diagrama de flujo de la FASE III [13].

### Trazado de planos de plataforma

Con base en ambos análisis de las condiciones actuales en la plataforma de carga del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez y teniendo los datos técnicos como sus dimensiones, resistencia de pavimentos, tipos de aeronaves que reciben, señalización, entre otros, se procedió con el trazo de un plano con apoyo del software de AutoCAD.

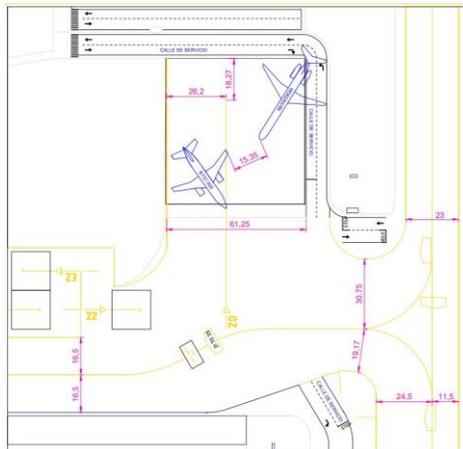


Figura 15. Plano que muestra las condiciones actuales de la plataforma de carga en CJS [13].



para uso en pernocta y mantenimiento como para aeronaves en tránsito, misma que eliminaría la dependencia existente en la primera propuesta entre las posiciones 1 y 3. En este caso y dada la configuración de la plataforma, no existen líneas de salida, por lo cual el operador del remolque se guiará por medio de las líneas de entrada en la maniobra de salida [15].

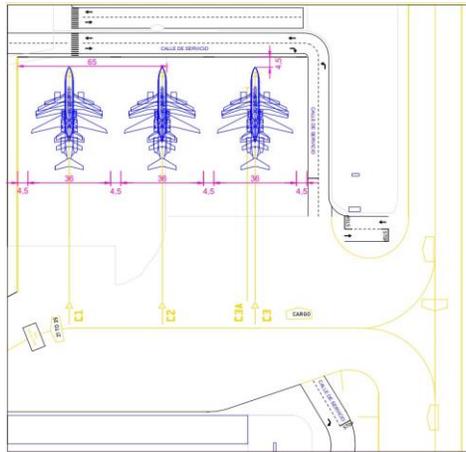


Figura 17. Plano que muestra la configuración 1 de la segunda propuesta [13].

A pesar de que en el Manual de Diseño de Aeródromos [14] así como en el Anexo 14 [16] se menciona que en la configuración lineal las aeronaves entran en rodaje por su propio impulso y salen por medio de remolque, en este caso se harían ambas maniobras con remolque y motores apagados. Esto debido a la cercanía de la plataforma de aviación general, la zona de hangares y el potencial daño que puede ocurrir por el flujo de los gases de escape provenientes de los motores de las aeronaves que ahí operarían.

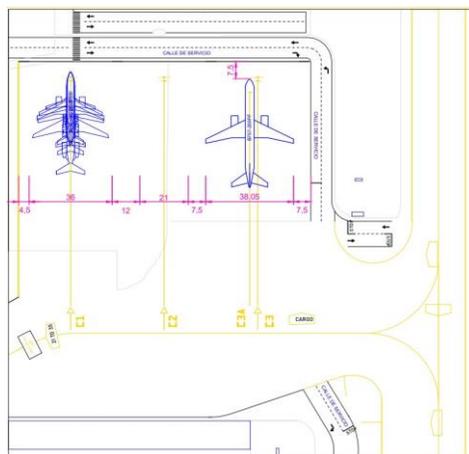


Figura 18. Plano que muestra la configuración 2 de la segunda propuesta [13].

En la posición C2 se contempla recibir una aeronave de categoría B, misma que debe tener una envergadura máxima de 21 metros, dado que, al estar entre una aeronave de categoría

C y la aeronave crítica, se debe respetar la distancia libre de la aeronave de mayor jerarquía que es el Boeing 757-200PF [17].

Para ilustrar de manera más gráfica la diferencia entre la plataforma actual y la propuesta número 2 la siguiente figura muestra el plano con la propuesta superpuesto en una fotografía aérea reciente de la plataforma de carga.

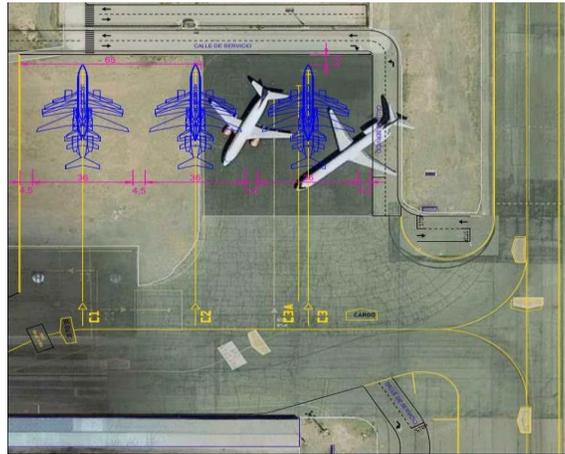


Figura 19. Plano de la propuesta vs fotografía aérea reciente [13] [2].

### **Simulación logística de los espacios de la plataforma de carga**

Con base en la configuración actual en la plataforma se trazó un esquema con los recorridos que realizan las aeronaves, involucrando sus tiempos de traslado, usando la siguiente simbología donde:

B737: Representa la entrada al sistema de un Boeing 737.

MD80: Representa la entrada al sistema de un MD82/83/88.

C01: Representa la actual posición 01 de Carga.

C02: Representa la actual posición 02 de Carga.

SD: Punto donde se apagan los motores en la llegada, previo al remolque hasta posición.

TWY\_B: Salida hacia la calle de rodaje B.

Dicho trazo tiene como objetivo documentar la situación actual de la plataforma dentro del software, con el fin de poder comparar sus resultados vs los arrojados por las dos propuestas de mejora.



Figura 20. Esquema actual de la plataforma de carga trazado en SIMIO [13] [2].

Tabla 5. Tiempos promedio en minutos para cada acción dentro de la operación de las aeronaves sobre la plataforma de carga. [13].

| OP/ACFT            | MD82/83/88 | B737-300F | CRJ-100/200 |
|--------------------|------------|-----------|-------------|
| ETA (GMT)          | 13:15      | 14:15     |             |
| TAXI (TWY A TO SD) | 00:55      | 01:03     |             |
| PUSHBACK           | 01:38      | 01:36     |             |
| SERVICE TIME       |            |           |             |
| OVERNIGHT          | 690        | 660       |             |
| TOWING             | 02:35      | 03:00     |             |
| NUMBER ACFT SERVED | 1          | 1         |             |

### Propuesta 1:

Una vez realizado el paso anterior se procede a trazar el esquema con base en los planos generados para la Propuesta 1, tomando en consideración los tiempos establecidos y las características de las aeronaves incluidas en la propuesta, tras introducir los datos y programar las fuentes que representan la entrada de las aeronaves se obtiene como resultado una vista tridimensional del modelo esquemático creado, brindando una perspectiva más clara que se muestra en la siguiente figura.

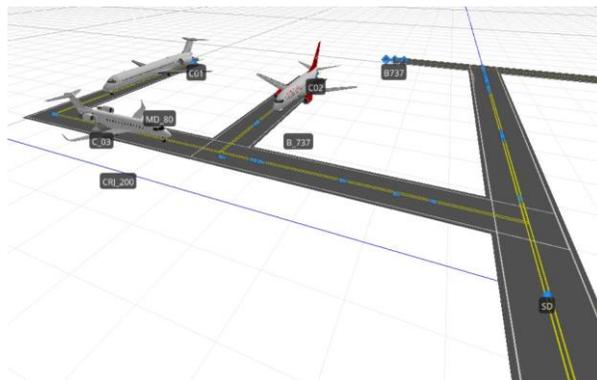


Figura 21. Vista 3D del esquema con la propuesta de solución número 1 [13].

## Propuesta 2:

Con base en los planos para la Propuesta 2 se procedió a crear el esquema de la simulación en SIMIO. En ella se incluye una simbología muy similar a la trabajada en la propuesta 1, considerando cada parámetro como un comando independiente, del cual se obtiene la siguiente figura que refleja una vista tridimensional que permite visualizar un panorama de la plataforma si se realiza la propuesta 2.

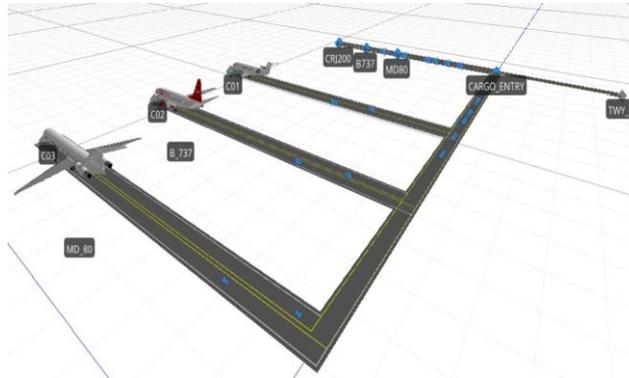


Figura 22. Vista en 3D del esquema de simulación para la Propuesta 2 en SIMIO [13].

## 5. INSTITUCIONES, ORGANISMOS O EMPRESAS DE LOS SECTORES SOCIAL, PÚBLICO O PRODUCTIVO PARTICIPANTES (SI APLICA)

- Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, perteneciente al Grupo Aeroportuario Centro Norte OMA.

## 6. RESULTADOS

### Análisis de resultados

La siguiente tabla muestran los tiempos transcurridos en promedio con cada aeronave y para cada fase de la operación de llegada y de salida en la plataforma de carga bajo la configuración actual. Dado que con esa configuración es con la se presenta la problemática actual se maneja una capacidad para atender dos aeronaves por día. La sección de los Tiempos de Servicio (Service Time) queda descartada en esta primera tabla puesto que en su lugar se utiliza la sección del Tiempo de Pernocta (Overnight).

Tabla 6. Tiempos promedio en minutos para cada acción dentro de la operación de las aeronaves sobre la plataforma de carga. [13].

| OP/ACFT            | MD82/83/88 | B737-300F | CRJ-100/200 |
|--------------------|------------|-----------|-------------|
| ETA (GMT)          | 13:15:00   | 14:15:00  |             |
| TAXI (TWY A TO SD) | 0:00:55    | 0:01:03   |             |
| PUSHBACK           | 0:01:38    | 0:01:36   |             |
| SERVICE TIME       |            |           |             |

|                           |          |          |  |
|---------------------------|----------|----------|--|
| OVERNIGHT                 | 11:30:00 | 11:00:00 |  |
| TOWING                    | 0:02:35  | 0:03:00  |  |
| <b>NUMBER ACFT SERVED</b> | 1        | 1        |  |

Una vez implementada la propuesta 1 se aprecia en las tablas siguientes como la plataforma aumenta su capacidad para atender 3 aeronaves de manera casi simultánea, lo cual significa que el CRJ100/200 ya puede ser atendido en la misma. A su vez se reducen los Tiempos de Salida (Towing) en 40 segundos aproximadamente y de Entrada (Pushback) en 30 segundos para el Boeing 737300F, mientras que para el MD82/83/88 aumentaron 20 segundos en promedio. Lo anterior debido a la mayor longitud y complejidad en el acomodo del MD82/83/88 en la posición C01, misma que es seleccionada para el MD82/83/88 por su tiempo tan largo de pernocta y de permanencia en CJS.

También se muestran los tiempos de cada una de las fases de la operación, se cuenta como Número de Aeronaves Servidas (Number Acft Served) solamente una por categoría.

Tabla 7. Tiempos promedio en minutos para cada acción dentro de la operación de las aeronaves sobre la plataforma de carga bajo la propuesta 1. [13].

| OP/ACFT                   | MD82/83/88 | B737-300F | CRJ-100/200 |
|---------------------------|------------|-----------|-------------|
| ETA (GMT)                 | 13:15:00   | 14:15:00  | 18:30:00    |
| TAXI (TWY A TO SD)        | 0:00:55    | 0:01:03   | 0:00:50     |
| PUSHBACK                  | 0:01:45    | 0:01:03   | 0:01:00     |
| SERVICE TIME              |            |           |             |
| OVERNIGHT                 | 11:30:00   | 11:00:00  | 7:00:00     |
| TOWING                    | 0:02:54    | 0:02:23   | 0:02:18     |
| <b>NUMBER ACFT SERVED</b> | 1          | 1         | 1           |

En el caso de la siguiente tabla se toman en cuenta dos aeronaves que, acorde con el horario de pernocta y el horario de operación de CJS (07-21hrs) [18], pueden hacer uso de la plataforma de carga. Esta situación se presenta debido a que, al momento de la llegada de las siguientes 2 aeronaves, las primeras 2 que se encontraban en la plataforma ya habrían despegado de la estación, dejando libres así dos posiciones. Con lo anterior considerado en la simulación, los resultados arrojan una capacidad de atención de 5 aeronaves en total.

Tabla 8. Tiempos promedio en minutos para cada acción dentro de la operación de las aeronaves sobre la plataforma de carga bajo la propuesta 1. [13].

| OP/ACFT            | MD82/83/88 | B737-300F | CRJ-100/200 |
|--------------------|------------|-----------|-------------|
| ETA (GMT)          | 13:15:00   | 3:15:00   | 1:30:00     |
| TAXI (TWY A TO SD) | 0:00:55    | 0:01:03   | 0:00:50     |
| PUSHBACK           | 0:01:45    | 0:01:03   | 0:01:00     |
| SERVICE TIME       |            | 0:40:00   | 0:20:00     |

|                           |          |         |         |
|---------------------------|----------|---------|---------|
| OVERNIGHT                 | 11:30:00 |         |         |
| TOWING                    | 0:02:54  | 0:02:23 | 0:02:18 |
| <b>NUMBER ACFT SERVED</b> | 1        | 2       | 2       |

Retomando los datos de predicción estadística mencionados anteriormente y considerando el aumento en la capacidad de servicio en la plataforma de carga bajo la aplicación de la Propuesta 1 es posible transportar un número máximo de 7803.4 toneladas cada año, como se muestra en la siguiente tabla. Estos datos indican que la nueva capacidad de la plataforma aplicando la primera propuesta supera en gran parte a la cantidad que se espera transportar en los próximos 5 y 10 años.

Tabla 9. Total de toneladas transportadas por año a causa de la aplicación de la Propuesta 1 [13].

| CONFIG. NUEVA + MIX |            |          |            |        |
|---------------------|------------|----------|------------|--------|
| ACFT                | MD82/83/88 | B737-300 | CRJ100/200 | TOTAL  |
| TONS/OP             | 2.85       | 2.67     | 1.25       |        |
| OPS                 | 2          | 4        | 4          |        |
| TOTAL               | 2080.5     | 3898.2   | 1825       | 7803.7 |

Los resultados de la implementación de la segunda propuesta son mostrados en la siguiente tabla. En esta propuesta las condiciones de llegada para las aeronaves se manejan de una manera diferente, pues ya no existe una codependencia entre las posiciones C01 y C03. Así mismo se descartó el horario de funcionamiento de CJS y se realizó una simulación con 24 horas de duración. Los intervalos de llegada (Interarrival Time) mostrados en la primera fila van de acuerdo con el horario proporcionado en la sección anterior.

En cuestiones de tiempo, para cada una de las fases en la operación terrestre de la aeronave, es posible observar un cuantioso aumento para la llegada hasta posición al igual que para el remolque de salida. Esto se debe a que se han tomado el Taxi y el Pushback como una sola operación dado que no es necesario el remolque en reversa hacia la posición de estacionamiento.

Tomando en cuenta los Tiempos de Servicio (Service Time) promedio para cada aeronave en tierra, sus intervalos de llegada, las condiciones de Pernocta (Overnight) y un tiempo de operación de 24 horas para el aeropuerto se observa como el número máximo de aeronaves que puede ser atendido en la plataforma de carga se eleva hasta 7.

Tabla 10. Tiempos promedio en minutos para cada acción dentro de la operación de las aeronaves sobre la plataforma de carga bajo la propuesta 2. [13].

| OP/ACFT            | MD82/83/88 | B737-300F | CRJ-100/200 |
|--------------------|------------|-----------|-------------|
| INTERARRIVAL TIME  | 23:50:00   | 5:15:00   | 12:00:00    |
| TAXI (CARGO_IN TO) | 00:04:10   | 0:03:14   | 0:02:45     |

|                           |          |          |         |
|---------------------------|----------|----------|---------|
| POS)                      |          |          |         |
| SERVICE TIME              | 0:25:00  | 0:35:00  | 0:20:00 |
| OVERNIGHT                 | 13:00:00 | 11:30:00 | 8:00:00 |
| TOWING                    | 0:03:49  | 0:03:16  | 0:02:15 |
| <b>NUMBER ACFT SERVED</b> | 1        | 4        | 2       |

### Tabulación de Ventajas y Desventajas

La primera tabla corresponde a las ventajas y desventajas encontradas durante la ejecución de este proyecto para la Propuesta de Solución número 1. La segunda tabla corresponde a las ventajas y desventajas pertenecientes a la Propuesta de Solución número 2.

Tabla 11. Ventajas y desventajas en la implementación de la Propuesta de Solución 1. [13].

| VENTAJAS  | DESVENTAJAS  |
|---|--|
| Aumenta capacidad de atención para aeronaves en 150%  | Solución sería solamente en un corto plazo, pues el número de operaciones de carga según la tendencia aumentará  |
| Mejora la seguridad en las operaciones desarrolladas en la plataforma al estar adecuadamente señalizada | Existe una codependencia entre la posición C01 y C03, misma que puede generar demoras e inhabilitar aeronaves en caso de pernoctas no programadas.                 |
| Aprovechamiento máximo del espacio disponible sin necesidad de aumentarlo o modificarlo.                | La dependencia entre posiciones limita la capacidad operacional de la plataforma de carga.   |
| Requiere de adecuaciones mínimas en su implementación   | Las maniobras de acceso a las posiciones requieren de una capacitación adecuada del personal para evitar accidentes y/o daños en las aeronaves y zonas adyacentes. |

Tabla 12. Ventajas y desventajas encontradas en la implementación de la Propuesta de Solución 2. [13].

| VENTAJAS  | DESVENTAJAS  |
|---|--|
| Elimina dependencia entre la posición C01 y C03   | Requiere modificar el espacio con el que se cuenta actualmente para añadir aproximadamente 5500 metros cuadrados.                                      |
| Aumenta el espacio disponible para desarrollar las operaciones de una manera segura y con la señalización adecuada                    | Su aplicación implica la desaparición de 3 posiciones que actualmente forman parte de la plataforma de Aviación General.                               |
| Al no tener dependencia entre posiciones su capacidad de atención para aeronaves aumenta 250% con respecto a la configuración actual. | Su ejecución requiere de un tiempo considerable, mismo en el cual se deshabilitarían algunas secciones de la plataforma, agravando el problema actual. |

|  |  |
|--|--|
| Con el aumento en la capacidad soluciona la problemática actual en corto pero también en un mediano plazo                                | Requiere de estudios, licitaciones, y cotizaciones para la obra, mismas que pudieran no estar incluidas en el PMD en un corto plazo.                       |
| Se abre nuevamente la capacidad de recibir una aeronave categoría D sin limitar el uso de la plataforma al nivel que actualmente sucede. | La recepción de la aeronave crítica representaría una disminución en la capacidad de la plataforma, puesto que se reduce de tres C a una C, una B y una D. |

## 7. PRODUCTOS GENERADOS

- Reporte/Informe técnico: sintetización del desarrollo del proyecto, resaltando las características de mayor impacto.
- Formación de recursos humanos: presentación de posters en concursos de investigación y simposios por parte del alumno involucrada en el desarrollo del proyecto y documento de tesis, así como defensa de proyecto de titulación.
- Artículo: se encuentra en proceso de redacción.

## 8. CONCLUSIONES

Siguiendo las condiciones establecidas en el diagrama de flujo para la Propuesta 1 se determina que la propuesta es viable. Una de las condiciones que la vuelve viable tras su análisis es el hecho de que aumenta la capacidad de la plataforma en un 150%, además de requerir solamente de adecuaciones menores a través del pintado de las guías de acceso y guías de atraque respetando la superficie actual. A pesar de haber dos posiciones dependientes una de la otra, pudiendo llevar a condiciones de demora y de inhabilitación temporal de aeronaves, en tanto se respeten los horarios y no existan demoras entre llegadas y salidas de la aeronave en la posición C03 esto se puede evitar. Así mismo la inhabilitación de la calle de servicios actual en el lado derecho de la plataforma no representa un problema, pues se cuenta con espacio suficiente en el lado izquierdo para habilitar una nueva calle de servicios que facilite el acceso a las aeronaves, inclusive de una manera mejor a la que actualmente se tiene.

En lo que respecta a la Propuesta 2 y siguiendo la lógica de su diagrama de flujo también se determina como viable su construcción en un mediano plazo, dependiendo de la programación de gastos presente en el Plan Maestro de Desarrollo de CJS, mismo que se maneja por periodos de 5 años. Su única limitante son los requerimientos para iniciar el proyecto, ya que implican licitaciones, cotizaciones, diversos estudios y mano de obra

especializada. Esta situación es la que ha llevado a proponerla como una segunda etapa de la primera optimización.

A pesar de que en ambas propuestas se observan aumentos ligeros en los tiempos de llegada y rodajes de salida, prevalece la viabilidad, ya que el beneficio no se enfoca en la reducción de tales tiempos, si no en la eliminación de la dependencia entre posiciones existente en la primera propuesta. Esta eliminación de dependencias significa aumentar la capacidad en un 250% con respecto a la original, y por ende disminuir la saturación de la plataforma comercial que resulta agravada por la problemática en la plataforma de carga.

## **9. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA**

N/A

## **10. CONTRIBUCION E IMPACTO DEL PROYECTO**

Principalmente se busca contribuir con la optimización de la plataforma de carga ubicada en aviación general dentro del Aeropuerto Internacional de Ciudad Juárez, mejorando la distribución de los espacios y optimizando los medios ya existentes, se busca que las propuestas permitan albergar un número mayor de aeronaves y logren realizar sus movimientos de forma segura, ordenada y expedita. Las propuestas hechas principalmente buscan establecer una configuración flexible en la plataforma de carga que permita adaptarse a la futura demanda operacional. El uso de software de simulación permite proyectar el desempeño de la propuesta y evaluar si los cambios son apropiados para atender la creciente demanda en el aeropuerto.

## **11. IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y/O AMBIENTAL EN LA REGIÓN**

La optimización elevaría primeramente el nivel de competitividad del aeropuerto frente a otros similares que se encuentren en las cercanías, tales como el Aeropuerto Internacional de El Paso o el Aeropuerto Internacional de Chihuahua, al generar mayores ingresos por el cobro de las tarifas aeroportuarias que una operación de carga genera. Como consecuencia indirecta también se aumentaría el nivel de competitividad de la ciudad, aumentando la capacidad de operación.

Finalmente se generaría una mayor conectividad aérea para el mercado del transporte de carga y mercancías, puesto que a mayor capacidad y demanda la ciudad se vería más

atractiva para otras rutas de carga que aún no operan en la región, principalmente considerando al sector maquilero, quienes son los principales usuarios de este medio. En resumen, es posible considerar los resultados de este proyecto, como dos propuestas prometedoras que contribuyen principalmente con el desarrollo económico de la ciudad.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anónimo, Interviewee, *Datos estadísticos e históricos en el Aeropuerto de Ciudad Juárez*. [Entrevista]. 30 07 2020.
- [2] Maxar Technologies, «Google Maps,» Google Images, 2020. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/@31.6322156,-106.4260371,4876m/data=!3m1!1e3>. [Último acceso: 27 07 2020].
- [3] G. Soto, «Estas son las carreteras más peligrosas de México,» *El Financiero*, p. 1, 19 12 2019.
- [4] G. A. C. N. Interviewee, *Informe Estadístico 2010-2019*. [Entrevista]. 29 07 2020.
- [5] U. A. Duran Santos y J. P. Antún Callaba, «AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO TERMINAL DE CARGA AÉREA ESTUDIO DE CASO,» Ciudad de México, 2013.
- [6] J. T. Morales, «La saturación del AICM dificulta la operación de los vuelos largos, dice la IATA,» *Expansión*, 27 08 2019.
- [7] R. Sánchez Escobar, Interviewee, *Modificaciones en el Aeropuerto de Ixtapa-Zihuatanejo*. [Entrevista]. 04 09 2020.
- [8] R. Sánchez Escobar, Artist, *Plataforma Comercial de MMZH*. [Art]. Aeropuerto Internacional de IxtapaZihuatanejo, 2020.
- [9] G. Alvarez Vega, “Análisis logístico de la plataforma dentro del Aeropuerto, Ciudad Juárez, Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2019, p. 158.
- [10] AMCAA Consulting Group, Consideraciones para la planificación de Aeropuertos en México, 1 ed., CdMx: AMCAA Consulting Group, 2020, p. 53.
- [11] OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, «1.3 CLAVE DE REFERENCIA DE AERÓDROMO,» de *Manual de Diseño de Aeródromos*, Chicago, IL, 2006, pp. 1-3, 1-4.
- [12] Anónimo, Interviewee, *Cambios en infraestructura de CJS*. [Entrevista]. 05 10 2020.

- [13] B. A. Anaya Sánchez, Artist, *Figuras de Elaboración Propia*. [Art]. Instituto de Ingeniería y Tecnología UACJ, 2020.
- [14] OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, «Capítulo 3 Plataformas,» de *Manual de Diseño de Aeródromos Parte 2*, Chicago, IL, 2005, pp. 3-1,3-16.
- [15] OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, «2.3.5 Líneas de entrada,» de *Manual de Diseño de Aeródromos - Parte 4*, Chicago, IL, 2004, pp. 2-3, 2-6.
- [16] OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, «3.2 REQUISITOS DE DISEÑO,» de *Manual de Diseño de Aeródromos - Parte 2*, Chicago, IL, 2005, pp. 3-2, 3-3.
- [17] OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, «3.4.4 Requisitos relativos a distancias libres,» de *Manual de diseño de aeródromos - Parte 2*, Chicago, IL, 2005, pp. 3-9, 3-11, 3-12.
- [18] JEPPESEN SANDERSON, INC., «General Information,» de *Airport Information For MMCS*, JEPPESEN, 2020, p. 1.

### 13.1 Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

| Roles  | Definición de los roles   | Nombre de él(la) investigador(a) | Figura                    | Grado de contribución | Actividades logradas durante el proyecto   | Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto |
|--|---|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|--|---|
| 1.Responsabilidad de la dirección del proyecto | Coordinar la planificación y ejecución de la actividad de investigación. Organiza los roles de cada colaborador, tiene la habilidad de identificar potenciales de cada individuo para generar una sinergia de equipo colaborativo | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez  | Directora del proyecto    | Principal             | Asignar las tareas y encomiendas a cada uno de los involucrados en el desarrollo del proyecto<br>Coordinar y gestionar el desarrollo de oficios para el aeropuerto de ciudad Juárez. Apoyo fundamental en el desarrollo del proyecto | 4 horas semanales                                       |
| 2.Responsabilidad de supervisión               | Elaborar la planificación de las actividades de la investigación (cronogramas y controles de seguimiento), describe los roles identificados por el director del proyecto  | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez  | Supervisor a del proyecto | Principal             | Supervisar que las actividades asignadas a los involucrados se realicen en tiempo y forma  | 4 horas semanales                                       |

|   |   |   |                             |                    |   |                     |
|---|---|---|-----------------------------|--------------------|---|---------------------|
|   | y facilita el apoyo constante a todos los roles para conseguir un trabajo integral, coherente y que llegue a buen término.  |   |                             |                    |   |                     |
| 3.Realización y redacción de la propuesta             | Preparación, creación y redacción de la propuesta de investigación, específicamente la redacción, revisión de coherencia del texto, presentación de los datos y la normatividad aplicable para garantizar el cumplimiento de los requisitos | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<br><br>Juan Ernesto Chávez Pierce<br><br>Carlos Alberto Gómez Álvarez | Redactor de la propuesta    | Principal De apoyo | Redactar la propuesta bajo un lenguaje técnico y apropiado, revisar que el formato asignado sea el correcto   | 2.5 horas semanales |
| 4.Desarrollo o diseño de la metodología               | Contribuir con el diseño de la metodología, modelos a implementar y el sustento teórico, empírico y científico para la aplicabilidad de los instrumentos en la ejecución del proyecto.  | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<br><br>Juan Ernesto Chávez Pierce<br><br>Carlos Alberto Gómez Álvarez | Diseñador de la metodología | Principal De apoyo | Redacción de la metodología, estructura correcta y coherente del contenido metodológico, distribución de tiempos asignados para atender las condiciones de marco metodológico y coordinar los tiempos con el aeropuerto | 3 horas semanales   |
| 5.Recopilacion/recolección de datos e informes        | Ejecuta las estrategias propuestas en acciones encaminadas a obtener la información, haciendo la recopilación de datos y la inclusión de la evidencia en el proceso.  | Juan Ernesto Chávez Pierce<br><br>Carlos Alberto Gómez Álvarez  | Recopilador de datos        | Principal De apoyo | Incorporar los datos recopilados al formato de documentación establecido y requerido por las instituciones involucradas   | 2 horas semanales   |
| 6.Elaboracion del análisis formal de la investigación | Aplicar métodos estadísticos, matemáticos, computacionales, teóricos u otras técnicas formales para analizar o sintetizar los datos del estudio. Verifica los resultados preliminares de cada   | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<br><br>Juan Ernesto Chávez Pierce                                     | Analista de datos           | Principal De apoyo | Análisis del contenido del formato establecido y de los datos involucrados, estadísticos, computacionales, teóricos, etc.   | 2 horas semanales   |

|  |  |   |                             |                       |   |                   |
|--|--|---|-----------------------------|-----------------------|---|-------------------|
|  | etapa del análisis, los experimentos implementados y otros productos comprometidos en el proyecto.   |   |                             |                       |   |                   |
| 7.Preparacion/creacion y/o presentacion de los productos o entregables | Preparar la redacción del reporté técnico de avance parcial y el reporte técnico final. Se hace la revisión crítica, la recopilación de las observaciones y comentarios del grupo de investigación. Y finalmente se procede a la edición del documento a entregar. | Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<br><br>Juan Ernesto Chávez Pierce<br><br>Carlos Alberto Gómez Álvarez | Editor de reportes técnicos | Principal<br>De apoyo | Redacción de las evidencias que forman parte de la culminación de la investigación, principalmente reporte técnico, artículo y recursos humanos | 3 horas semanales |

### 13.1.1 Estudiantes participantes en el proyecto

| Nombre de estudiante(s)     | Matrícula | Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto | Actividades logradas en la ejecución del proyecto            |
|-----------------------------|-----------|---|--|
| Víctor Jesús Beltrán Bailón | 131894    | 6 horas   | Culminación de tesis<br>Defensa de tesis ante comité sinodal |