

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: CURRICULAR
DEBERÁ PRESENTAR: LOS CC. PASANTES:
ARREDONDO ARENAS CHRISTIAN ISRAEL
CASTILLO RIVERA JUSTINO LEONARDO
MARTINEZ CUREÑO LUIS ENRIQUE

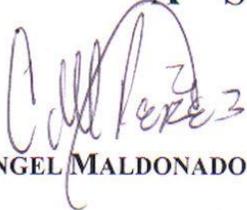
“DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE VUELO IFR PARA LA OPERACIÓN DE AERONAVES DE ALA ROTATIVA ENTRE LOS PRINCIPALES PUNTOS DE TRAFICO EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y LAS CIUDADES DE TOLUCA, PUEBLA Y CUERNAVACA”

CAPÍTULO I
CAPÍTULO II
CAPÍTULO III
CAPÍTULO IV
CAPÍTULO V

ÍNDICE
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICAS
INTRODUCCIÓN
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN
MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL
METODOLOGÍA
DESARROLLO DE LA PROPUESTA
ANÁLISIS DE RESULTADOS
CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA
GLOSARIO DE TÉRMINOS

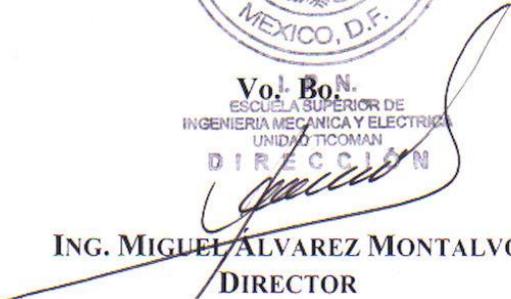
México, DF., a 24 de agosto de 2009.

A S E S O R E S


ING. ÁNGEL MALDONADO PÉREZ


M.ENC. MARIO ALFREDO BATTA
FONSECA


Vo. B. N.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN


ING. MIGUEL ALVAREZ MONTALVO
DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres:

Por la herencia más valiosa que pudiéramos recibir, fruto del inmenso apoyo y confianza que en nosotros se depositó para que los esfuerzos y sacrificios hechos por nosotros no fueran en vano.

A nuestros seres queridos:

Por habernos apoyado durante los momentos más difíciles, tener esa esperanza sobre nosotros, haber tenido paciencia, hacer sacrificios en su vida para poder atendernos en cualquier circunstancia y que en ocasiones dejaron a un lado sus responsabilidades para velar por nuestros intereses.

Especialmente F.M.R.H.

A nuestros asesores:

Que a lo largo de la carrera y sobre todo en este trabajo, compartieron con nosotros algunos conocimientos de su experiencia profesional. Que de la misma manera nos orientaron en el aspecto personal para llegar a ser buenos profesionistas y seres humanos.

A nuestros amigos:

Que gracias a ellos conocimos el valor de la amistad, que las desveladas por trabajo se hicieron cortas y divertidas. Que nos apoyaron en momentos difíciles y que en todo momento estuvieron allí cuando se necesitaban.

GRACIAS POR TODO
ISRAEL, LEONARDO Y ENRIQUE

Índice

	Pág.
INTRODUCCIÓN	VI
I.- PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 Descripción del problema de investigación	1
1.2 Objetivo general	12
1.3 Justificación	12
1.4 Alcance	13
II.- MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	
2.1 Legislación y normatividad nacional	14
2.2 Normatividad internacional	18
III.- METODOLOGÍA	20
IV.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA	
4.1 Análisis de estadísticas	23
4.2 Selección de la aeronave crítica	24
4.3 Puntos de origen y destino	30
4.4 Características y señalizaciones de los helipuertos	32
4.5 Diseño de procedimientos	36
4.5.1 Método de navegación	36
4.5.1.1 Métodos de navegación terrestre	36
4.5.1.2 Métodos de navegación satelital	38
4.5.2 Equipo a bordo y en tierra	41
4.5.3 Limitaciones operacionales de la aeronave crítica respecto a las operaciones en los helipuertos seleccionados	43
4.5.3.1 Temperatura ISA de la Ciudad de México	46

4.5.3.2 Temperatura ISA de Toluca	46
4.5.3.3 Temperatura ISA de Cuernavaca	47
4.5.3.4 Temperatura ISA de Puebla	47
4.5.4 Construcción de los procedimientos	55
4.5.4.1 Ruta México Toluca	57
4.5.4.2 Ruta Toluca México	60
4.5.4.3 Ruta México Cuernavaca	63
4.5.4.4 Ruta Cuernavaca México	66
4.5.4.5 Ruta México Puebla	69
4.5.4.6 Ruta Puebla México	72
4.5.5 Reducción de ruido	75
4.5.5.1 Punto de referencia de medición de ruido de despegue	77
4.5.5.2 Punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo	77
4.5.5.3 Punto de referencia de medición del ruido de aproximación	78
4.5.5.4 Niveles máximos de ruido	78
4.5.5.5 Niveles máximos de ruidos para los helicópteros	79
V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	84
GLOSARIO DE TÉRMINOS	86

Relación de imágenes

No	Nombre	Página
1	Bell 412 EP matrícula XC-PUE	5
2	Accidente del helicóptero Bell 206B matrícula XA-AFX	6
3	Primer perspectiva del accidente, Bell 407 matrícula XA-CVG	7
4	Tareas de búsqueda y rescate Bell 407 matrícula XA-CVG	7
5	Aeronave MD-530F matrícula 1152, después del accidente	8
6	Bell 412EP matrícula XC-PFI después del accidente	9
7	Helicóptero Augusta 109 matrícula XA-UEN	10
8	Características físicas de la aeronave Bell 430	25
9	Características de la aeronave Bell 412	26
10	Características de la aeronave Bell 407	27
11	Área de aproximación final y de despegue (FATO)	33
12	Área de seguridad	34
13	Dimensiones y forma de la señal de identificación de un helipuerto	35
14	Procedimiento México Toluca	59
15	Procedimiento Toluca México	62
16	Procedimiento México Cuernavaca	65
17	Procedimiento Cuernavaca México	68
18	Procedimiento México Puebla	71
19	Procedimiento Puebla México	74

Relación de tablas

No	Nombre	Página
1	Estadísticas de vuelos de helicóptero registrados por DGAC	23
2	Rendimientos de la aeronave Bell 430	25
3	Rendimientos de la aeronave Bell 412	26
4	Rendimientos de la aeronave Bell 407	27
5	Características físicas y rendimientos aeronave Bell 212	28
6	Tabla comparativa de las características de las diferentes aeronaves	29
7	Descripción de la ruta México - Toluca	57
8	Descripción de la ruta Toluca - México	60
9	Descripción de la ruta México - Cuernavaca	63
10	Descripción de la ruta Cuernavaca - México	66
11	Descripción de la ruta México - Puebla	69
12	Descripción de la ruta Puebla - México	72
13	Niveles de ruido	79

Relación de gráficas

No	Nombre	Página
1	Gráfica de capacidad de vuelo estacionario con efecto tierra	57
2	Grafica de techo de servicio, máximo continuo	58
3	Gráfica de techo de servicio fuera del efecto tierra y 30 minutos de potencia son efecto tierra	59
4	Gráfica de techo de servicio OEI máximo continuo	60
5	Gráfica de vuelo estacionario sin el efecto tierra	61
6	Gráfica de categoría de despegue y aterrizaje	62

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of gray. Two thin, light gray lines intersect at the top left, forming a large triangular shape that frames the central text and the circles. The overall aesthetic is clean and modern.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El helicóptero es una aeronave que en vuelo, al contrario de los aviones, por un conjunto de aspas giratorias, más conocido como hélice o rotor, situado en la parte superior del aparato. Esta aeronave es propulsada horizontalmente mediante la inclinación del rotor y la variación del ángulo de ataque de sus aspas.

Desde el descubrimiento de las aeronaves, el hombre ha mejorado a través del tiempo estas maquinas llegando a crear unas verdaderas maravillas. Y junto con el desarrollo de las mismas la forma en la que se vuela y se va navegando a través del espacio aéreo mexicano. Hasta el día de hoy la navegación de las aeronaves de ala rotativa (helicópteros) se ha hecho por medio de referencias visuales y con muy pocos instrumentos de navegación a bordo. Con el paso del tiempo y con ayuda de la tecnología se han ido creando nuevas formas de vuelo y nuevos procedimientos tanto de aproximaciones, aproximaciones frustradas y despegues logrando que estas operaciones sean realizadas de manera semi-automática. Cabe mencionar que dichos procedimientos solo se han llevado a cabo solo para las aeronaves de ala fija ya que éstas cuentan con dispositivos eléctricos-electrónicos, apoyando a los procedimientos diseñados.

Debido a que los procedimientos antes mencionados no se han realizado para aeronaves de ala rotativa esto ha sido un factor importante para que ocurran accidentes con consecuencias fatales, de la misma forma las operaciones con este tipo de aeronaves han aumentado y surge la necesidad de volar cuando las condiciones de visibilidad son limitadas o nulas. Éstas son las razones por las cuales en la presente tesina, se pretende desarrollar una nueva forma de navegación para las aeronaves de ala rotativa en el espacio aéreo mexicano, pero particularmente en el valle de México.

Las rutas que aquí se presentan son diseñadas con el fin de evitar los accidentes causados por navegar por Regla Visuales de Vuelo (VFR, por sus

siglas en ingles Visual Flight Rules) y asimismo poder realizar operaciones nocturnas, pasando de éste tipo de navegación a la navegación usada por las aeronaves de ala fija que vuelan por Reglas de Vuelo por Instrumentos (IFR, por sus siglas en ingles Instruments Flight Rules), dejando a un lado las limitaciones que nos dan los vuelos VFR como lo son la visibilidad y demás factores que impiden una operación realizada por este tipo de navegación sea de manera semi-automática y mucho más segura.

La introducción de estos procedimientos en el espacio aéreo mexicano es un tema complicado, pero la intención de la investigación es implementar estos procedimientos para vuelos con matricula particular con la finalidad de aumentar la seguridad en vuelo y reducir el número de accidentes e incidentes con la operación de este tipo de aeronaves.

El desarrollo de este estudio consta de cuatro capítulos, siendo el Capitulo I en el que se hace la descripción general de las operaciones que se realizan con helicópteros en el valle de México, mostrando una serie de accidentes para ejemplificar y dimensionar la magnitud de los riesgos a los que se enfrentan las operaciones de este tipo de vuelos. En este mismo capítulo se establecen los fundamentos de la investigación, los objetivos y el alcance del mismo.

El Capitulo II hace una revisión de la normatividad nacional e internacional en la cual se basa la investigación para su desarrollo. La revisión en manuales de las especificaciones para la construcción de procedimientos IFR y las limitantes que hay de nuestro país para el uso de estos procedimientos.

En el Capítulo III se hace una breve descripción de cómo se llevó a cabo la investigación paso a paso, desde el análisis de estadísticas para determinar los puntos de origen y destino así como la aeronave más común, el estudio de los helipuertos registrados en las aéreas seleccionadas, el estudio de las condiciones orográficas de los sitios seleccionados y la construcción de los procedimientos. Este capítulo es la guía que nos llevará a realizar la investigación de una forma ordenada.

Y por último, el capítulo IV donde finalmente toda la información reunida en capítulos anteriores y en base a estudios realizados a lo largo de la investigación se analiza, organiza y se resuelve el problema de investigación proponiendo una solución factible con todas sus consecuencias. Y en base a lo investigado se tiene una conclusión, la cual describe si se cumplió el objetivo general de la investigación así como las observaciones que surgieron durante ésta.

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of gray. Two thin, light gray diagonal lines intersect to form a large 'V' shape that frames the central text.

CAPITULO I

Problema de la investigación

1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción

Desde el descubrimiento de la aeronave de ala fija (avión), se ha tenido la necesidad de tener un vuelo seguro, rápido y de precisión; esto se logró por medio de las reglas visuales de vuelo (VFR, por sus siglas en inglés, Visual Flight Rules), que fue la primera forma de navegación existente para las aeronaves. Pero esto no solucionaba las problemáticas que fueron surgiendo conforme la demanda de los servicios aéreos fue aumentando, ya que los vuelos fueron incrementándose y no solo se tenía que volar durante el día sino durante la noche y madrugada.

Estas dos últimas condiciones de vuelo, generaban dos aspectos a considerar: condiciones meteorológicas adversas y la poca visibilidad que se tenía cuando el sol no estaba presente. Por lo cual los vuelos VFR no satisfacían las demandas de tener un vuelo seguro, rápido y de precisión. Y de esa necesidad, surgió la navegación por medio de instrumentos que en su interior contaban con un sistema llamado giroscopio, el cual simplificaba más la tarea de realizar un vuelo de noche y con condiciones meteorológicas adversas.

Pero en estos instrumentos se encontraban defectos algo costosos y en ocasiones peligrosos, ya que después de un tiempo determinado de vuelo, se les tenía que hacer un ajuste para que funcionen a la perfección. Al mismo tiempo que también se encontraban defectos muy grandes en estos equipos, como el hecho de que al funcionar por los polos magnéticos del planeta en determinados puntos se volvían obsoletos y podían llegar a ocasionar accidentes o pérdida de las rutas de vuelo.

Fue por esa razón que se tenía la necesidad de diseñar nuevos instrumentos que tuvieran un funcionamiento diferente. Es en este punto donde se desarrollan los instrumentos eléctricos-electrónicos, y se diseñan los primeros procedimientos para volar con éstos. Al mismo tiempo se crean las reglas de vuelo por instrumentos (IFR, por sus siglas en inglés Instruments Flight Rules).

En las aeronaves de ala rotativa (helicópteros), que se descubrieron mucho tiempo después que los aviones, la navegación fue y sigue siendo por medio de las VFR combinado con instrumentos de giroscopio. No se ha dado un cambio importante con respecto a la navegación en este tipo de aeronaves, puesto que su demanda no había sido tan grande como la de los aviones.

Pero en estos tiempos, se ha incrementado la necesidad de tener vuelos personalizados para un grupo pequeño de personas, exigiendo las mismas necesidades que un vuelo con avión: seguridad, rapidez y precisión. Es por esta razón que la navegación en helicópteros debe cambiar, con la finalidad de satisfacer estas necesidades.

En los últimos años, los accidentes e incidentes de helicópteros en tres de las principales rutas de la ciudad de México (México-Toluca, México-Cuernavaca, México-Puebla), han aumentado considerablemente. Esto se debe a la complejidad de la ruta visual, la orografía que se presenta a lo largo de ella así como las condiciones meteorológicas que se manifiestan en algunos puntos a lo largo de esta ruta.

La gran parte de estos accidentes están registrados ante la máxima autoridad de la aviación civil en México, pero por alguna razón los resultados de las investigaciones no fueron dados a conocer o simplemente se ignora la investigación.

Un organismo internacional, la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB, por sus siglas en inglés, National Transport Safety Board), tiene una base de datos en la cual se poseen registros de todos aquellos accidentes e incidentes suscitados alrededor de todo mundo. México no es la excepción en esta base de datos y se encuentran registrados accidentes e incidentes de helicópteros desde el año de 1994, pero cabe destacar que no todos los registros están allí.

Por las condiciones de la investigación, el ocultamiento de la información y por las bases de datos incompletas, es difícil crear estadísticas que muestren el

incremento potencial de las catástrofes con helicópteros en los últimos 15 años en la república mexicana.

Es por eso que se realiza un estudio de los accidentes e incidentes sucedidos a lo largo de 14 años dentro del territorio nacional, con información proveniente de la base de datos de la NTSB y complementándola con información obtenida de los medios impresos y electrónicos de comunicación, que a su vez es escasa y muy limitada.

Con objeto de ejemplificar algunos de los accidentes registrados en México (con helicópteros), a continuación se presenta una breve descripción de algunos de éstos.

El 1º de Noviembre de 1994, el helicóptero Bell modelo 212 con matrícula XA-SVS de la compañía de aerotaxis Pegaso, llevaba turistas con procedencia de Chichén-Itzá, cuando se desplomó en el mar a tres millas del aeropuerto local con 13 pasajeros y un piloto, de los cuales no hubo sobrevivientes. Al momento del accidente, la visibilidad era de 6 millas náuticas y se tenía la presencia de corrientes de viento que originaron la pérdida de control de la aeronave, la cual se desplomó.

El 10 de Julio de 1995, un helicóptero Aerospatale modelo AS355F con matrícula XB-DDX propiedad de la empresa Televisa, al estar sobrevolando la ciudad de México, se accidentó desconociéndose las causas que originaron el siniestro. Los ocupantes de la aeronave perdieron la vida.

El 30 de Marzo de 1997 un helicóptero Bell B212 matrícula XC-JBO propiedad del gobierno del estado de Nuevo León, realiza la maniobra de despegue y poco tiempo después el rotor de cola tiene problemas, se manifestó primero la pérdida de control sobre éste y registrándose poco tiempo después la caída de la aeronave al suelo, estrellándose sobre una residencia en Monterrey. De los seis tripulantes, uno perdió la vida, otro más registro heridas de alto riesgo y los cuatro restantes resultaron con heridas leves.

El 15 de Agosto de 1997, un helicóptero Bell 412HP con matrícula XC-PFI propiedad de la Policía Federal de Caminos, sobrevolaba la ciudad de Cuernavaca en Morelos, cuando vecinos de la comunidad observaron que la aeronave subió aproximadamente 15 m y poco tiempo después colisiono con el suelo. Esto se debió a que el piloto perdió el control sobre el rotor de cola, debido a una falla mecánica, lo que provoco que la aeronave impactara con el suelo dejando 8 víctimas fatales.

El 25 de Febrero de 1998, un helicóptero Bell 212 con matrícula XA-DDF, reporto al servicio de tránsito aéreo, un estancamiento con un cable de electricidad en el rotor de cola, originando el contacto brusco con el suelo en instantes.

El 21 de Marzo de 2000, un helicóptero Bell 206L4 con matrícula XC-JCF, propiedad de la Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, se desplomo tras haber despegado 8 metros sobre la superficie. Las condiciones meteorológicas eran óptimas y todo se realizaba de acuerdo al plan de vuelo, pero la negligencia del piloto al ignorar las instrucciones de despegue origino el accidente dejando como saldo 6 muertos.

El 8 de Junio de 2000, un helicóptero Bell 412 con matrícula XA-TPH aterrizo fuertemente después de haber perdido el control durante el aterrizaje. Esto tuvo como consecuencia dos bomberos seriamente lastimados. El mecánico de la aeronave y cinco bomberos mas salieron ilesos.

El 7 de Octubre de 2001, un helicóptero Bell 412HP con matrícula XA-SPZ cae en Campeche impactándose con el terreno y un conjunto de arboles, las tres personas abordo fallecieron al instante. Las causas del accidente se desconocen hasta el día de hoy.

El 18 de Diciembre de 2001, un helicóptero Bell 412EP con matrícula XC-PUE perteneciente al estado de Puebla, se incrusto en la segunda planta de una casa en construcción, véase Imagen No 1. El accidente se origino debido a

problemas de visibilidad por la dispersión de cenizas volcánicas y polvo, que origino otra aeronave al despegar del mismo campo.



Imagen No 1. Bell 412 EP matrícula XC-PUE

El 18 de Octubre de 2002, un helicóptero Bell 430 con matrícula XC-DPC, propiedad del gobierno del estado de Veracruz, realizaba un vuelo desde el puerto de Veracruz hacia Jalapa. Durante el vuelo se reporto visibilidad limitada casi nula, y aun estas condiciones meteorológicas, el piloto del helicóptero decidió aterrizar llegando a tener una aproximación frustrada. Poco después de este suceso, el piloto perdió contacto visual con el terreno y se estrello contra el suelo a 100 metros del lugar previsto para el aterrizaje. El piloto y copiloto murieron instantáneamente.

El 10 de Abril de 2003, un helicóptero Bell 407 con matrícula XC-NVB, propiedad del gobierno del Estado de México, realizo un aterrizaje forzoso que culminó como accidente. El origen del accidente fue una falla del rotor principal lo cual obligo al piloto a realizar el aterrizaje forzoso el cual culminó con la aeronave en el suelo y sin víctimas fatales.

El 29 de Octubre de 2003, un helicóptero Bell 206B con matrícula XA-AFX, despegó en condiciones meteorológicas favorables del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Momentos después de no tener contacto con el suelo el piloto perdió el control de la aeronave, por causas desconocidas, provocando así la caída de ésta, véase Imagen No 2. Tres personas resultaron con lesiones menores y tres sin lesión alguna.



Imagen No 2. Accidente del helicóptero Bell 206B matrícula XA-AFX

El 25 de Enero de 2004, un helicóptero Garlick OH58A con matrícula XB-IMA, propiedad privada, se estrelló contra residencias en el municipio de La Laya, Jalisco. El accidente fue provocado por una ráfaga de viento la cual el piloto no pudo controlar, perdiendo el control y estrellándose contra el suelo.

El de 12 de Junio de 2004, un helicóptero Bell UH-1B con matrícula extranjera N64CC utilizado para la extinción de incendios, cayó en el municipio de Huatabampo en el estado de Sonora. La caída del helicóptero se debió a que durante el vuelo el rotor de cola tuvo contacto con el suelo, originando la pérdida del control de la aeronave. Las dos personas a bordo resultaron ilesas.

El 13 de Agosto de 2004, un helicóptero Bell 407 con matrícula XA-CVG, propiedad de la compañía Golden Aviation, que operaba como de taxi aéreo despegó al amanecer, del aeropuerto internacional Lic. Adolfo López Mateos de Toluca, instantes después de que otra aeronave de las mismas características también despegó. El destino de las dos aeronaves era la terminal de Atizapán, su propósito era recoger a los pasajeros en dicha terminal y regresar a Toluca.

En su trayecto cuando sobrevolaban Santa Cruz Ayotusco, en el estado de México, se presentaron condiciones de baja visibilidad y llovizna lo que obligo a los pilotos de las aeronaves a buscar una ruta más despejada. Una de estas aeronaves bajo demasiado golpeando un árbol con el fuselaje, lo que obligo al piloto a maniobrar para aterrizar de emergencia, pero en sus intentos una de

las hélices del rotor principal impactó con el suelo a gran velocidad seccionando la aeronave en dos, y dejándolas a una distancia de 50 metros entre una y otra, Imagen No 3.



Imagen No 3. Primer perspectiva del accidente, Bell 407 matrícula XA-CVG.

Las tareas de búsqueda y rescate, se retrasaron debido a que la baja visibilidad prevaleció hasta medio día. Se presentaron fuerzas miliares para agilizar la búsqueda, Imagen No 4 a, lo único que encontraron fueron los restos de la aeronave comprimidos y deshecho por el impacto. Imagen No 4 b.



a



b

Imagen No 4. Tareas de búsqueda y rescate Bell 407 matrícula XA-CVG.

El 15 de Octubre de 2004, dos helicópteros militares MD-530F con matrículas 1152 y 1154, sobrevolaban el cerro Santa María, Municipio Chapa de Mata, en Hidalgo cuando en las inmediaciones se presentaron condiciones

meteorológicas adversas, obligando a los pilotos a descender por emergencia. La aeronave con matrícula 1154 logro el hallazgo pero en cambio la aeronave con matrícula 1152 se desplomo, Imagen No. 5, dejando la aeronave deshecha. Tres militares perdieron la vida y otro cinco resultaron con heridas graves.



Imagen No 5. Aeronave MD-530F matrícula 1152, después del accidente

El 30 de Abril de 2005 un helicóptero Bell 407 con matrícula XA-RRV, propiedad de la empresa Helivan, se encontraba en el aeropuerto internacional de Guadalajara cuando fue llamada para prestar servicios como cisterna de agua para extinguir un incendio forestal en Zapopan, Jalisco.

Mientras prestaba el servicio, la aeronave se adentro en el incendio perdiéndose de vista y aunque las condiciones meteorológicas eran óptimas, el humo emanado por el incendio era muy denso e hizo que el piloto no tuviera contacto visual alguno. Finalmente 200 metros de donde encontraba en incendio fue encontrado el helicóptero accidentado y el cadáver del único hombre fallecido en el accidente.

El 17 de Julio de 2005 un helicóptero Bell 412 de matrícula XA-VVD, propiedad de la empresa Helivan operando para Petróleos Mexicanos, fue llamado de emergencia para recoger a empleados de una plataforma petrolera en Ciudad Del Carmen, Campeche.

Las condiciones meteorológicas durante el vuelo eran adversas ya que en ese momento el huracán "Emily", se manifestaba en esa zona. El aterrizaje intentado por el piloto fue de emergencia pero no se logró con éxito, las ráfagas de viento emanadas por el huracán hicieron que la aeronave perdiera el control y se estrellara contra la estructura de la plataforma y en acto seguido impactará con la superficie acuática, dejando como saldo a los dos pilotos muertos.

El 21 de Septiembre de 2005 un helicóptero Bell modelo 412EP con matrícula XC-PFI propiedad de la Policía Federal Preventiva, transportaba funcionarios del gobierno federal, despegando desde Campo Marte y con destino al penal de La Palma.

El accidente se generó cuando en la ruta convencional, donde se sobrevuela Lomas de Chapultepec, se cruza por el Desierto de los Leones y se dirige hacia Ocoyoacac para entrar a Toluca por el lado sur, se presentaron condiciones meteorológicas adversas. Esto dio lugar a que el piloto decidiera cambiar esta ruta y entrar por el lado norte, lo cual fue una mala decisión ya que en ese punto tanto las condiciones meteorológicas como las comunicaciones con torre de control, son limitadas casi nulas. Y donde finalmente en el municipio de Xonacatlán, Edo. De México se desplomó la aeronave en la zona conocida como Llano Largo, La Cima o Cumbre Las Peñas. Imagen No 6.



Imagen No 6. Helicóptero Bell 412EP matrícula XC-PFI después del accidente.

Después de varias horas (horas de incertidumbre) de no tener contacto con la aeronave se realizaron las tareas de búsqueda y rescate, finalizando en solo encontrar los restos de la aeronave y los cadáveres de los dos pilotos y 6 tripulantes de la aeronave.

El 25 de Marzo de 2006, un helicóptero Augusta 109 matrícula XA-UEN, con rol de taxi aéreo con origen en la zona de Polanco en la ciudad de México, se desploma momentos después de su despegue, Imagen No 7. El despegue se llevo a cabo en la torre de Polanco y se dirigía al aeropuerto internacional de Toluca.

La primera causa para que se propicie el accidente fue el exceso de peso que llevaba la aeronave, pues esta aeronave cuenta con capacidad para llevar 9 personas máximo, y llevaba 10. La segunda causa es el cambio drástico de ruta que el piloto tomo después de haber despegado. Cuando se encontraba en la fase de despegue, el cambio de ruta repentino obligó a la aeronave a ganar altura pero los rendimientos de la aeronave fueron superados y como consecuencia se perdió altura y termino desplomándose en las inmediaciones de una calle de la colonia Chapultepec. Imagen No 7 a.



a



b

Imagen No 7 Helicóptero Augusta 109 matrícula XA-UEN.

Los bomberos llegaron a auxiliar para que el accidente, no fuera mayor, rociando una película de líquido extintor especial para combustibles de aeronaves. Imagen No 7 b.

El 11 de Enero de 2008 un helicoptero Bell 412HP con matricula XC-JCD, despegó de un campo de futbol en Tepango de Rodriguez, a una distancia de aproximadamente media milla de Puebla. Al despegar, después de un recorrido de 7 millas nauticas se desplomó al costado de una colina. La investigación revela que durante el ascenso de la aeronave, para tratar de ganar altitud, el piloto trató de elevarse rapidamente ignorando los rendimientos de la aeronave lo cual origino el desplome de la aeronave. Todos los pasajeros y tripulación, en total nueve, murieron durante la colisión.

El 28 de Febrero de 2009 un helicoptero Bell 212 con matricula XC-DES, operado por la Comisión Nacional del Agua, se disponia a despegar de un campo de futbol soccer, pero los obstaculos que rodeaban el campo, como arboles y cables de luz, dificultaban la operación de despegue. Cuando se elevaba llego un punto a 37 m sobre el nivel del suelo cuando una de las palas del rotor principal golpeo un poste de concreto que llevaba lineas de electricidad. Esto dio lugar a que la aeronave se desplomará e impactara con el suelo. Por fortuna para los tripulantes, la aeronave absorvio los daños dejando ilesos a los pasajeros.

Como puede observarse, en los accidentes antes mencionados la causa probable que ocasiona cada uno de ellos es muy distinta, sin embargo se puede afirmar que hoy en día los incidentes más comunes suceden debido a que los equipos que se encuentran a bordo de las aeronaves no están debidamente certificados, como lo marca la normatividad. Un claro ejemplo es que la mayoría de los pilotos que sobrevuelan rutas como México-Toluca, México-Cuernavaca y México-Puebla; utilizan equipos de Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en ingles, Global Positioning System) que tienen a su reverso la leyenda "Este equipo no debe ser usado para volar por medio de procedimientos IFR".

Y uno de los problemas más graves, es que las operaciones con helicópteros que se llevan a cabo diariamente en el espacio aéreo de la Ciudad de México son demasiadas y sumando a esto las muchas operaciones con aviones que se

realizan dentro de este mismo espacio, puede surgir una colisión de gran tamaño. Y aunado a esto tenemos que el tránsito de aeronaves de cualquier tipo se realiza sobre una ciudad que está habitada completamente en todas las zonas y un accidente entre aeronaves del mismo o diferente tipo puede costar muchas vidas.

Con objeto de buscar una alternativa con la cual puedan reducirse los riesgos de accidentes e incidentes como los descritos en los casos anteriores, el objetivo de este trabajo de investigación es el siguiente:

1.2 Objetivo general

Diseñar procedimientos de vuelo IFR para la operación de aeronaves de ala rotativa entre los principales puntos de tráfico en la Ciudad de México y las ciudades de Toluca, Puebla y Cuernavaca.

Objetivos particulares:

- Revisar la normatividad de base para hacer el diseño de los procedimientos.
- Investigar sobre el equipo mínimo necesario a bordo de los helicópteros para operar bajo condiciones IFR.
- Analizar el tráfico de operaciones con helicópteros en el valle de México.
- Diseñar los procedimientos en base a la normatividad.

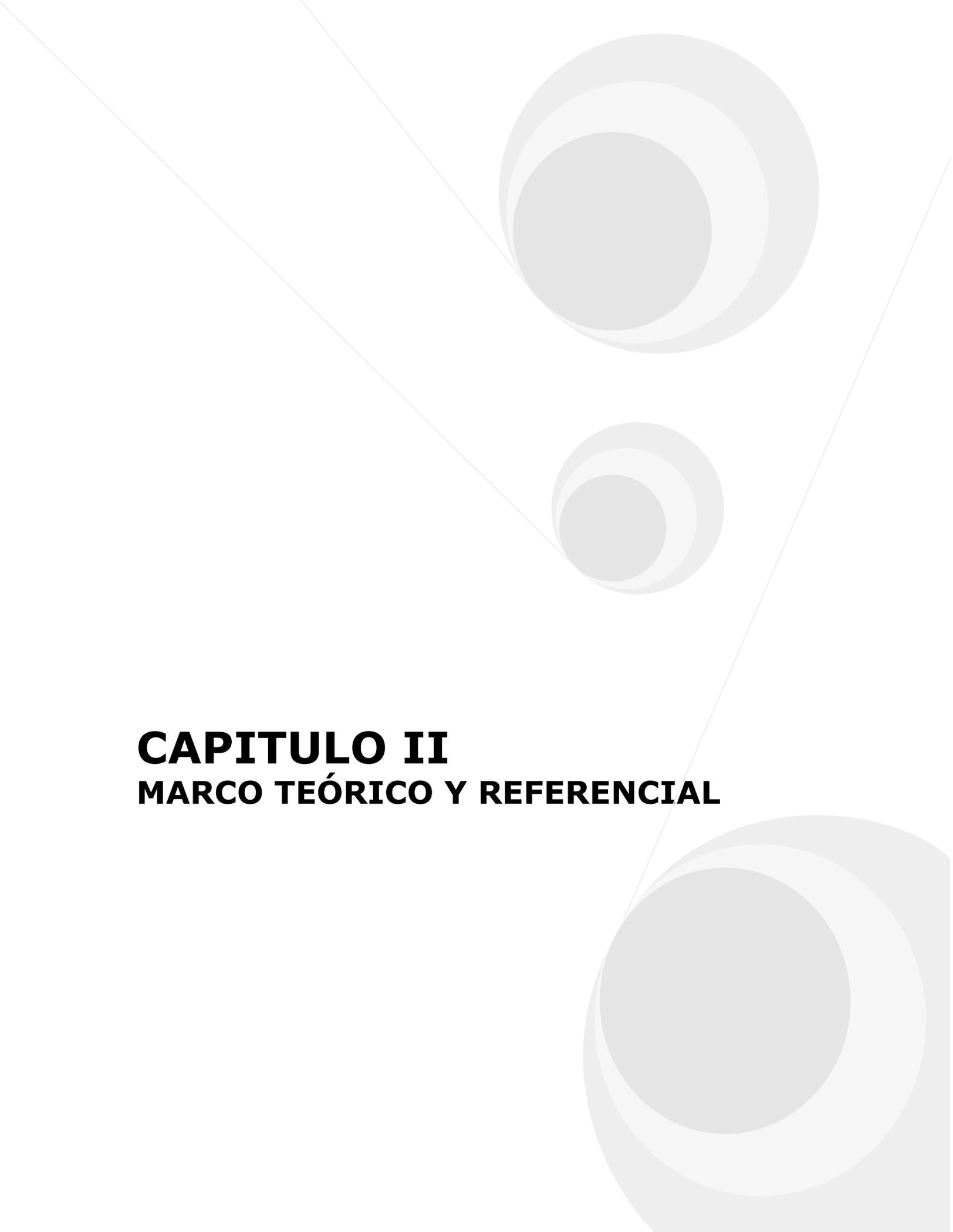
1.3 Justificación de la investigación

Con motivo de los múltiples accidentes que ocurren en las rutas más importantes así como el intenso tránsito de este tipo de aeronaves en estas rutas, se busca diseñar rutas para vuelos instrumentados sustituyendo los vuelos visuales, para la mayor seguridad de las operaciones en el espacio aéreo mexicano así como de normalizar el tránsito dentro de éste. Todo esto dando la mayor seguridad para la tripulación y las personas que indirectamente se ven afectadas en un accidente de esta índole.

Los procedimientos IFR propuestos en este estudio pueden ser de gran utilidad si se aplican como mecanismo para reordenar el tráfico aéreo de helicópteros haciendo más fluida y segura la operación de este tipo de aeronaves en el Valle de México. De igual manera proporciona seguridad y funcionalidad para que se lleven a cabo vuelos durante la noche sin problema.

1.4 Alcance del trabajo

El diseño de tres rutas importantes con origen y destino en la Ciudad de México: Toluca, Cuernavaca y Puebla.

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of gray. Two thin, light gray lines intersect at the top left, forming a large, open angle that frames the central text and the circles.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2 MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

Para la integración del marco teórico y referencial que oriente el desarrollo de esta investigación, y que sustente las alternativas propuestas para establecer rutas IFR, en los siguientes apartados se presenta una revisión a la legislación nacional y la normatividad internacional que está directamente relacionada con la operación de este tipo de aeronaves.

2.1 Legislación y normatividad nacional

La legislación y normatividad nacional hacen referencia a vuelos IFR dentro del espacio aéreo nacional. Entra la legislación y normatividad que marcan las características de los vuelos IFR se encuentran: Ley de aviación civil y su reglamento, normas oficiales mexicanas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el apartado de la aeronáutica civil.

Ley de aviación civil

En la Ley de aviación civil destaca el artículo 35 que cuando se navega por medio de las reglas de vuelo por instrumentos, debe usar de forma obligatoria los servicios que proporcione el estado.

Reglamento de la ley de aviación civil

En su título cuarto, de las aeronaves civiles, de sus operaciones y de los talleres aeronáuticos, del capítulo dos, de las operaciones de vuelo, se encuentran artículos que delimitan la navegación IFR de helicópteros.

En su artículo 122 exige que el concesionario, permisionario u operador aéreo de helicópteros debe cumplir con todos los aspectos relativos a la certificación, supervisión y operación respecto a zonas, instrumentos, equipos y documentos, así como limitaciones, de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.

En el artículo 132 establece que toda aeronave que opere de conformidad con las reglas de vuelo por instrumentos, debe contar con el equipo de comunicación de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes que permita:

- Abarcar las frecuencias de comunicación asignadas a la aviación civil;
- La comunicación en ambos sentidos con las estaciones aeronáuticas y en las frecuencias que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- La comunicación en la frecuencia aeronáutica de emergencia que establezca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En su artículo 158 establece que cualquier aeronave que navegue por vuelos por instrumentos, no debe penetrar los tipos y clases de espacios aéreos con servicios de tránsito aéreo, sin antes haber cumplido con los requisitos que se establecen en las reglas de tránsito aéreo.

El artículo 164 exige que todo el equipo que se implemente para la operación del servicio de telecomunicaciones, radioayudas aeronáuticas y cualquier instrumento de esta índole, se deba observar que los sistemas, equipos o instrumentos destinados al servicio cumplan con los requerimientos nacionales y los estándares internacionales en la materia.

Normas oficiales mexicanas

NOM-003-SCT3-2001. Que regula el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano, del equipo transponder para aeronaves, así como los criterios para su instalación, certificación y procedimientos para su operación.

En esta norma aplica a toda persona que pretendan operar en conformidad con la Ley de Aviación Civil. En la presente norma también se explica el tipo de aeronaves que deben de utilizar un transponder debido al reporte de altitud presión.

NOM-012-SCT3-2001. Que establece los requerimientos para los instrumentos, equipo, documentos, y manuales que han de llevarse a bordo en las aeronaves.

Esta norma aplica para todos los concesionarios, permisionarios y operadores que pretendan operar en conformidad con la Ley de Aviación Civil, en esta norma específica todos los documentos, manuales y equipó que deben llevar a bordo las aeronaves así como la certificación de los equipos.

NOM-018-SCT3-2001. Que establece el contenido del manual de vuelo, y nos establece la información que debe contener el manual de vuelo antes de cada partida e indicando que las aeronaves militares no se rigen bajo esta norma.

NOM-022-SCT3-2001. Que establece el uso obligatorio de registros de vuelo instalados en aeronaves que operen en el espacio aéreo mexicano, así como sus características.

Las aeronaves que están obligadas al uso de esta norma son las civiles y las de estado ya que las militares, de ala rotativa son distintas aunque en la presente norma se especifican los instrumentos a usar como lo son grabadoras de datos, de voz, registradores de vuelo etc.

NOM-036-SCT3-2000. Que establece dentro de la República mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producidos por las aeronaves de reacción, subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas, y helicópteros, su método de medición así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.

Esta aplica para todos los concesionarios, permisionarios y operadores nacionales o extranjeros que pretendan operar en la República Mexicana y su espacio aéreo.

NOM-051-SCT3-2001. Que regula los procedimientos de aplicación del Sistema Mundial de Determinación de la posición (GPS) como medio de navegación dentro del espacio aéreo mexicano.

Esta norma establece los lineamientos para la selección, instalación, certificación y operación de dichos equipos, a bordo de las aeronaves con marca de nacionalidad y matriculas mexicanas, por lo tanto aplica a todos los concesionarios, permisionarios y operadores que pretendan operar en conformidad con la Ley de Aviación Civil con equipos GPS como medio de navegación.

Proyectos de norma oficial mexicana

Las normas que se presentan a continuación, son proyectos de norma los cuales se encuentran en desarrollo y en proceso de aprobación. Pero se toman en cuenta porque contienen características aplicables a nuestra investigación.

PROY-NOM-050-SCT3-2000. Que establece las reglas generales para la operación de helicópteros civiles.

El presente proyecto de norma establece las reglas y procedimientos complementarios a las leyes y reglamentos de aviación civil, para satisfacer las necesidades actuales en las operaciones de helicópteros civiles aplicándose dentro del territorio, aguas y espacio aéreo de los Estados Unidos Mexicanos.

PROY-NOM-091-SCT3-2004. Que establece las operaciones en el Espacio Aéreo Mexicano con separación vertical mínima reducida (MRVSM), estableciendo los procedimientos de operación, las especificaciones de aeronavegabilidad y operacionales MRVSM de aeronaves, de todo concesionario, permisionario u operador aéreo, para su operación en el espacio aéreo MRVSM, desde el FL290 hasta el FL410, inclusive, dentro de la FIR México y la FIR Mazatlán Oceánica.

2.2 Normatividad internacional

En la normatividad internacional se encuentran documentos emitidos por organismos reguladores internacionales como la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI), la cual por medio de normas y métodos recomendados nos guían para realizar procedimientos, verificar que las instalaciones sean las adecuadas y los equipos con los que se debe contar para realizar estos procedimientos.

Entre los principales documentos emitidos por la OACI que representan la base para el diseño de procedimientos IFR para helicópteros, se encuentran los siguientes:

Documento 8168 Operación de aeronaves, Volumen II construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos.

Que en su capitulo, describe paso a paso cómo se debe de llevar a cabo el diseño de los procedimientos y las áreas de protección de la aeronave teniendo como consideración que la parte final de la ruta se divide en tres segmentos: segmento inicial de aproximación (IAF, por sus siglas en inglés Initial Approach Fix), segmento intermedio (IF, por sus siglas en inglés Intermediate Fix) y el segmento de aproximación final (FAF, por sus siglas en inglés Final Approach Fix) tomando en cuenta las restricciones que se describen a continuación:

IAF

Longitud del segmento: no más de 10 MN (millas náuticas).

Velocidad: 120 KTS.

MOC (Minimum Obstacle Currency): 1000ft.

Viraje: no mayor de 120°

Gradiente: óptimo del 5% y máximo del 10%.

IF

Longitud del segmento: óptima 3MN.

MOC: 492ft.

Viraje: no mayor de 60°.

Gradiente máximo: 10%.

FAF

Longitud del segmento: óptima 3.2MN

MOC: 246ft.

Gradiente: óptimo 6.5% y máximo 10%.

Anexo 14 Aeródromos Volumen II Helipuertos

Este anexo de la OACI nos dice como debe estar diseñado el espacio que utiliza una aeronave de ala rotativa: áreas de seguridad, señalizaciones, equipos de seguridad, iluminación, áreas terminales, entre otras.

Anexo 10 Volumen 1 telecomunicaciones aeronáuticas

Este anexo nos guía sobre las especificaciones que debe de tener el equipo que se usa para las telecomunicaciones de la aeronave con tierra y viceversa. Contiene todos los instrumentos relacionados y sus especificaciones sus márgenes de error y tolerancias para su funcionamiento.

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of gray. Two thin, light gray lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text and the circles.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3 METODOLOGÍA

La finalidad del presente capítulo es describir resumidamente la forma en que se llevará a cabo la investigación, estableciendo cuál es la secuencia a seguir para su desarrollo.

Un registro de los vuelos de aeronaves de ala rotativa ayudará a definir varios puntos dentro de la investigación. Estos registros deben contener los orígenes, destinos y marcas o modelos de aeronaves que se utilizan en los vuelos. Los registros y estadísticas están proporcionados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), donde se lleva el control de vuelos de los helicópteros, se analizará cuántos y cuáles son los vuelos que se llevan a cabo en un intervalo determinado de tiempo. Se desglosarán y reacomodarán en tablas que hagan fácil su manejo, con la finalidad de utilizarlos para los propósitos de esta investigación.

Seleccionar una aeronave es importante debido a que esto afectará todos los aspectos de la investigación. Esta aeronave será la aeronave crítica, que con sus características físicas, establecerá los límites máximos para el uso de helipuertos y los procedimientos a diseñar. Una aeronave mayor a la seleccionada no podrá utilizar ninguno de los procedimientos ni los helipuertos. Y por el contrario una aeronave menor a la seleccionada podrá utilizar y aplicar todo procedimiento y helipuerto.

Esta selección de aeronave se llevará a cabo de acuerdo a las estadísticas, éstas reflejarán cuáles son las aeronaves más comunes y acuerdo a eso se extraerán sus características físicas y se compararán para saber cuál es la más ideal para la investigación.

Con las estadísticas organizadas también se detectará cuáles son los destinos principales, confirmando así que Toluca, Puebla y Cuernavaca son los lugares con más afluencia procedente de la Ciudad de México. De la misma manera ubicar los lugares precisos del origen con más vuelos registrados.

Ya organizadas y estudiadas las estadísticas, se seleccionaran los helipuertos con más tránsito de aeronaves para tres propósitos:

1.- De acuerdo a las normas y métodos recomendados en el anexo 14 Diseño de aeródromos Volumen II Helipuertos, de la OACI, verificar que:

- a) Características físicas: área de aproximación final y despegue, zona libre de obstáculos, área de toma de contacto y elevación inicial, áreas de seguridad y calles de rodaje.
- b) Ayudas visuales: indicadores, señales y balizas y luces.

Cumplan con los requerimientos de diseño y espacio para poder aplicarse de acuerdo al documento ya mencionado, cuidando que las características sean las indicadas para vuelos IFR y las dimensiones de la aeronave crítica.

2.- Con las características físicas de los lugares de origen de los helipuertos y con la aeronave crítica, calcular las limitaciones operacionales de la aeronave crítica en cada uno de los helipuertos seleccionados.

3.- El diseño de los procedimientos IFR para aeronaves de ala rotativa incluyendo: aproximación, aproximación frustrada, despegue y ruta. Esto en base al documento de la OACI 8168, Operación de aeronaves Volumen II Construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos, donde se describe cómo realizar estos procedimientos.

Estos procedimientos comprenderán 4 puntos importantes a desarrollar: aproximación, aproximación frustrada, despegue y ruta. Estos serán desarrollados y plasmados en el software AUTOCAD MAP, el cual evitará la compra de cartas topográficas, evitando así un gasto muy grande y al mismo tiempo se tiene una mejor portabilidad y manejabilidad de la información.

Dentro del diseño de las rutas, se debe de tener en consideración que hay áreas prohibidas y restringidas marcadas por la ley. Estas deben de evitarse como lo marca la legislación.

También cuando dos aeronaves del mismo o distinto tipo, se encuentren navegando en los mismos cuadrantes, se les debe dar una separación vertical la cual será especificada dentro del diseño de los procedimientos. Esto para evitar colisiones indeseadas que como resultado tengan un accidente fatal.

Y cuando se realice el diseño de los tramos de aproximación final y despegue, que es cuando se tiene mayor contacto con la superficie, se debe de cuidar la emisión de ruido que está regulada por la normatividad.

Para poder operar aeronaves de ala rotativa bajo condiciones IFR, se deben de tener equipos adecuados tanto a bordo de la aeronave como en tierra. Las características de estos equipos se definen en la legislación nacional que será revisada para establecer los requisitos mínimos de los equipos para poder usarlos en vuelo.

Dentro de estos instrumentos el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) cuenta con una norma la cual especifica los requisitos y la forma en la que se debe usar como un instrumento de navegación.

Una vez terminada la investigación y desarrollados los resultados de la propuesta se procederá a crear la introducción, se hará al término de la investigación ya que esta habla de lo que contiene la tesina y se hará de forma resumida partiendo del comienzo de la investigación hasta las conclusiones de ésta.

Las conclusiones es lo último que se hace puesto que se analizan los resultados obtenidos de la tesina si estos son factibles y fáciles o resulta todo lo contrario.

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes, each composed of concentric layers in shades of gray. Two thin, light gray diagonal lines intersect to form a large 'V' shape that frames the central text.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Análisis de Estadísticas

Con objeto de estudiar las trayectorias de vuelo en las que se registra un mayor número de operaciones con helicóptero en el valle de México, se lleva a cabo un análisis de las operaciones registradas durante el año 2008, buscando identificar los tipos de aeronaves utilizados y los destinos a donde se dirigieron tales vuelos.

Las estadísticas están hechas en base a una recopilación de los vuelos registrados por la DGAC en los que se concentran los vuelos comerciales y privados, el origen, el destino, la aeronave utilizada y el número de operaciones mensuales. La tabla 1, expone las operaciones mensuales que se realizan indicando en porcentaje de los destinos principales y las aeronaves más usadas durante ese mes, teniendo en cuenta que el origen es la Ciudad de México.

Mes	No. de operaciones	% de Operaciones Por Destinos				Aeronave típica
		Toluca	Puebla	Cuernavaca	Otros	
Enero	217	24%	17%	27%	32%	Bell 430
Febrero	219	20%	23%	34%	23%	Bell 430
Marzo	191	23%	31%	29%	17%	Bell 412
Abril	227	33%	19%	25%	23%	Bell 407
Mayo	186	27%	26%	32%	15%	Bell 212
Junio	209	18%	15%	24%	43%	Bell 412
Julio	218	25%	21%	27%	27%	Bell 430
Agosto	231	15%	13%	19%	53%	Bell 412
Septiembre	196	24%	30%	24%	22%	Bell 212
Octubre	187	20%	22%	25%	33%	Bell 407
Noviembre	219	41%	14%	29%	16%	Bell 430
Diciembre	225	22%	17%	32%	29%	Bell 430

Tabla 1. Estadísticas de vuelos de helicóptero registrados por DGAC

En los destinos marcados como otros, figuran: Acapulco, Veracruz, Tlaxcala, Querétaro, Pachuca, Morelia y Tabasco.

Estas estadísticas se han modificado solo extrayendo los datos necesarios, sin exponer información como operador de la aeronave, las matriculas, los destinos específicos de cada una, pilotos y tripulación. Se omite esta información debido a que es de carácter confidencial y cualquier mal uso de ésta se encuentra penalizado por la ley.

4.2 Selección de la aeronave crítica

La selección de la aeronave es importante para la investigación ya que en base a esto se realizarán los cálculos necesarios para las características físicas del helipuerto y los cálculos de rendimientos necesarios para el diseño de los procedimientos.

De acuerdo a la Tabla 1, las aeronaves más utilizadas para realizar vuelos, son de la armadora Bell, y los cuatro modelos que se usan son: 430, 412, 407 y 212.

Para conocer cuál es la aeronave ideal para la investigación se compararán las características físicas y los rendimientos de cada aeronave. A continuación se muestran tablas e imágenes de cada una de las aeronaves, que contienen la información necesaria para someter a comparación cada una de ellas.

Bell 430

La Imagen No 8 muestra las características físicas de la aeronave, mientras que la Tabla 2 muestra información acerca de los rendimientos de esta aeronave.

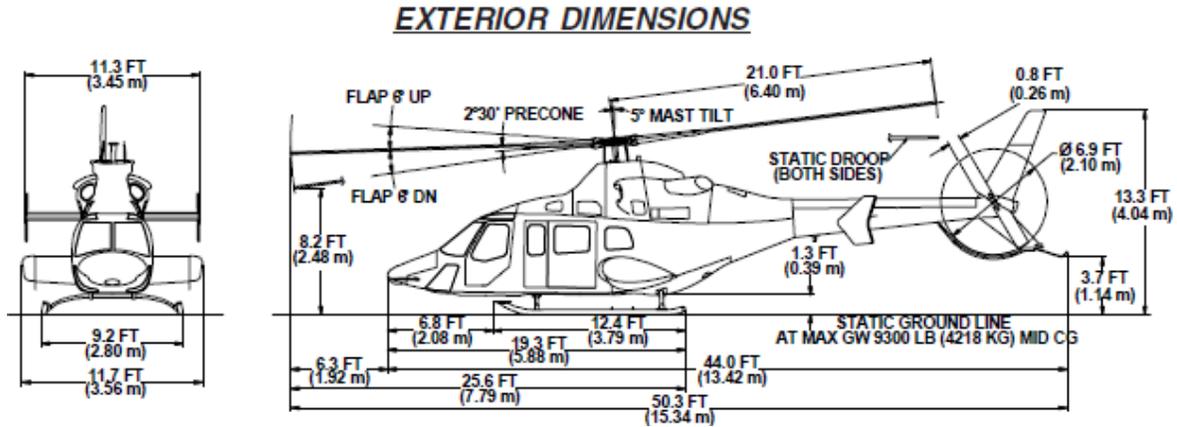


Imagen No 8. Características físicas de la aeronave Bell 430.

(Serial No. 49107 & Subsequent)

<u>WEIGHTS</u>	<u>KG</u>
Standard Configuration Weight (Note 1)	2418
Normal Gross Weight	4218
External Gross Weight	4218
Standard Configuration Useful Load (Normal Gross Wt - Standard Configuration Wt)	1800
Maximum External Load [Cargo Hook Limit]	1270

Note 1: Includes sixteen kilograms of engine oil. Ballast is not included in standard configuration weight (ballast is function of installed equipment).

PERFORMANCE SUMMARY: (INTERNATIONAL STANDARD DAY EXCEPT AS NOTED)

♦ ♦ ♦ REFER TO DEMONSTRATED TAKEOFF & LANDING AND MAXIMUM OPERATING ALTITUDE NOTES ON THE PERFORMANCE CHARTS ♦ ♦ ♦

<u>TAKEOFF, GROSS WEIGHT</u>	<u>Kg</u>	<u>3400</u>	<u>3625</u>	<u>3850</u>	<u>4080</u>	<u>4218</u>
<u>I GE Hovering Ceiling</u>	ISA	5243	4632	4023	3475	3170
	ISA+20C	4084	3383	2743	2103	1707
<u>O GE Hovering Ceiling</u>	ISA	4450	3840	3246	2682	1890
	ISA+20C	3322	2652	1981	1311	914
<u>Service Ceiling (MCP) - AEO</u> <u>(30-minute) - OEI</u> <u>(continuous) - OEI</u>	ISA	6096	6096	5685	5212	4932
	ISA	4313	3795	3261	2804	2530
	ISA	4142	3609	3106	2630	2359
<u>Cruise @ Sea Level ISA</u>	Maximum Continuous Speed	km/h	265	263	261	259
	Long Range Cruise Speed (average)	km/h	241	241	243	243
	Range at LRC, No Reserve	km	680	675	667	658
<u>Category A Takeoff and Landing Ceiling (Note 2)</u> <u>Ground Level or Elevated Helipad</u>	ISA	m	2438	1829	1097	366 (Note 2)
	ISA+20C	m	1646	975	305	3960 Kg (Note 2)
						@SL
<u>Endurance, @ Loiter 120 km/h</u>	ISA	hr				3.8

Note 2: Maximum approved weight for Category A operations is 9000 pounds (4082 Kg).

Tabla 2. Rendimientos de la aeronave Bell 430

Bell 412

La Imagen No 9 muestra las características físicas de la aeronave, mientras que la Tabla 3 muestra información acerca de los rendimientos de esta aeronave.

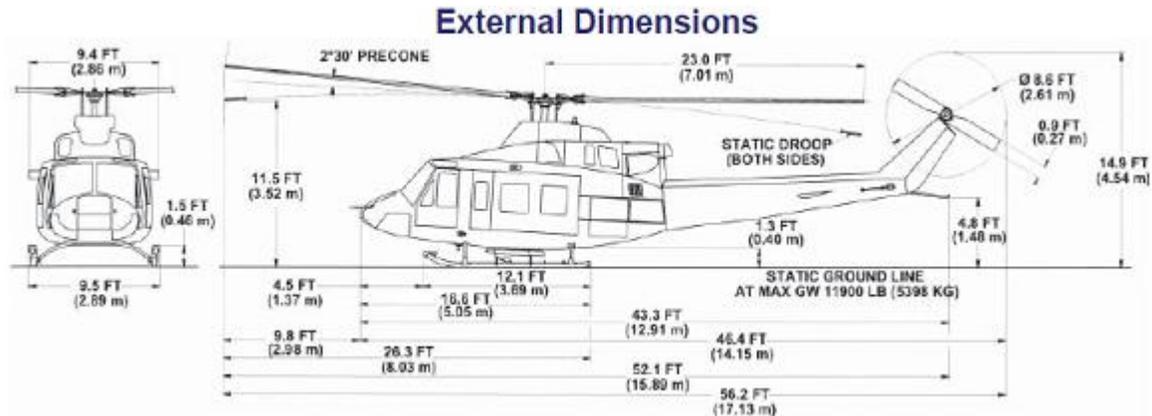


Imagen No 9. Características de la aeronave Bell 412

Specification Summary (Metric Units)

Weights	kg
VFR Standard Configuration Weight (Note 1,3)	3084
IFR Standard Configuration Weight (Note 2,3)	3146
Normal Gross Weight	5398
External Load Gross Weight	5398
VFR Standard Configuration Useful Load (Gross Wt-Standard Configuration Wt)	2299
IFR Standard Configuration Useful Load (Gross Wt-Standard Configuration Wt)	2252
Maximum External Load	2041

Performance Summary: (International Standard Day Except as Noted)				
Takeoff, Gross Weight	kg	4309	4763	5398
Hovering Ceiling (TOP capability)				
IGE Standard Day	m	5304	4359	3109
Standard Day+20 C	m	4389	3322	1890
OGE Standard Day	m	4206	3170	1585
Standard Day+20 C	m	3139	1844	(5393 kg @ SL)
FAA T/O and Ldg Limit, WAT (Note 4)				
Standard Day	m	3192	2316	1067
Standard Day+20 C	m	2600	1628	372
Service Ceiling (OEI, continuous power)	m	3490	2897	1646
Service Ceiling (OEI, OPTIONAL 30-Min Pwr) (Note 5)	m	3917	3200	2316
Max Continuous Cruise TAS (sea level)	km/h	233	232	226
Max Continuous Cruise TAS (1524 m)	km/h	246	243	230
Long Range Cruise Speed, 1524 m (avg)	km/h	243	243	241
Range (1524 m)	km	784	787	745
Category A Takeoff and Landing Ceiling				
Elevated Helipad with ISA	m	1829	1036	(5252 kg @ SL)
Optional PT8T-3DF engine ISA+20C	m	1143	366	(4899 kg @ SL)
Endurance, @ Loiter 130 km/h SL, ISA (no reserve)	hr			3.7

Tabla 3. Rendimientos de la aeronave Bell 412

Bell 407

La Imagen No 10 muestra las características físicas de la aeronave, mientras que la Tabla 4 muestra información acerca de los rendimientos de esta aeronave.

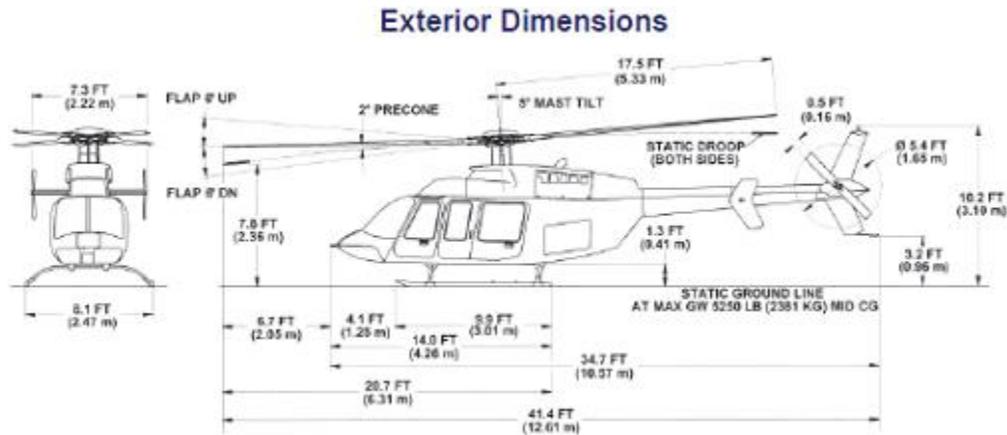


Imagen No 10. Características de la aeronave Bell 407

Specification Summary (Metric Units)

WEIGHTS	KG
Standard Configuration Weight (Note 1)	1214
Internal Gross Weight [Normal / Optional] (Note 2)	2268/2381*
External Load Gross Weight	2722
Useful Load [Gross Wt- Standard Configuration Wt] [Normal / Optional] (Note 2)	1058/1171*
Maximum External Load [Cargo Hook Limit]	1200

Performance Summary (International Standard Day except as noted)						
Takeoff gross weight		KG	1814	2041	2268	2381
IGE Hovering Ceiling (1.4 M Skid Height)	ISA	m	5852	4755	3718	1040*
	ISA+20C	m	4755	3566	2408	980*
	ISA+30C	m	4039	2697	1402	625*
OGE Hovering Ceiling	ISA	m	5364	4221	3185	1040*
	ISA+20C	m	4206	2941	1753	980*
	ISA+30C	m	3368	1981	564	(2358kg @ SL)*
Service Ceiling @ MCP (0.5 m/s)	ISA	m	6096+	6096+	5364	4892
	ISA+20C	m	6096+	5410	4359	3856
Cruise at Long Range Cruise Speed (LRC)						
Range (standard fuel)	SL,ISA	km	634	623	612	604
LRC Speed		km/h	222	222	224	224
Range (standard fuel)	1200m, ISA	km	710	695	675	661
LRC Speed		km/h	219	222	222	222
Maximum Cruise Speed	SL,ISA	km/h	250	250	246	244
@ Takeoff Gross Weight	SL,ISA+20C	km/h	241	239	234	231
	1200m, ISA	km/h	259	256	250	246
	1200m, ISA+20C	km/h	246	241	234	228
Endurance @ Loiter 111 km/h	SL,ISA	hr	4.0	3.9	3.8	3.7
	1200m, ISA	hr	4.5	4.4	4.2	4.1

Tabla 4. Rendimientos de la aeronave Bell 407

Bell 212

Puesto que esta aeronave es antigua, la compañía Bell ha dejado de fabricarla, y la tabla con sus características físicas y rendimientos no se encontró, por lo cual solo se hizo una tabla con sus datos más relevantes obteniéndolos de diferentes fuentes. La tabla 5, muestra los datos de mayor importancia de esta aeronave.

Modelo	Bell 212
Asientos	16 pasajeros
Altura	12.57 ft (3.83 m)
Largo del fuselaje	57.14 ft (17.43 m)
Ancho fuselaje	8.1 ft (2.47 m)
Diámetro del rotor	48 ft (14.64 m)
Peso máximo de despegue	11200 lb (5080 kg)
Velocidad máxima	120 kts (223 km/h)
Techo de servicio	17400 ft (5305 m)
Rango	237 MN (439 km)
Peso Vacío	6529.4 lb (2961.7 kg)

Tabla 5. Características físicas y rendimientos aeronave Bell 212.

Con las tablas de cada una de las aeronaves, se procedió a vaciar los datos más importantes en otra tabla, Tabla 6, con la finalidad de sintetizar toda la información para así poder comparar cada una de las aeronaves y seleccionar cual será la ideal para nuestra investigación y de esa forma convertir a ésta en la aeronave crítica.

Los datos seleccionados como los cruciales para la elección son: capacidad de pasajeros (PAX), altura del fuselaje, largo del fuselaje, ancho del fuselaje, diámetro del rotor, velocidad máxima, peso vacío, carga máxima interna y carga máxima externa.

Modelo	Bell 430	Bell 412	Bell 407	Bell 212
Capacidad	9 pasajeros	13 pasajeros	7 pasajeros	14 pasajeros
Altura	14.2 ft (4.33 m)	14.9 ft (4.33 m)	10.2 ft (3.1 m)	12.57 ft (3.83 m)
Largo del fuselaje	50.3 ft (15.34 m)	56.2 ft (17.13 m)	41.4 ft (12.61 m)	57.14 ft (17.43 m)
Ancho fuselaje	11.7 ft (3.56 m)	9.5 ft (2.89 m)	8.1 ft (2.47 m)	8.1 ft (2.47 m)
Diámetro del rotor	42 ft (12.80 m)	46 ft (14.02 m)	35 ft (10.66 m)	48 ft (14.64 m)
Velocidad máxima	143 kts (265 km/h)	126 kts (233 km/h)	136 kts (250 km/h)	120 kts (223 km/h)
Peso Vacío	5331 lb (2418 kg)	6935 lb (3146 kg)	2676 lb (1214 kg)	6529.4 lb (2961.7 kg)
Carga máxima interna	9300 lb (4218 kg)	11900 lb (5398 kg)	5250 lb (2381 kg)	
Carga máxima externa	9300 lb (4218 kg)	11900 lb (5398 kg)	6000 lb (2722 kg)	

Tabla 6.Tabla comparativa de las características de las diferentes aeronaves

Para saber que aeronave es más conveniente, en primer lugar se compararan las dos aeronaves con baja capacidad de pasajeros y las dos con la más alta, de esas comparaciones saldrán dos opciones que finalmente se compararán nuevamente para saber cuál será la aeronave crítica ideal para la investigación.

La primera comparación entre el Bell 430 y el Bell 407, como se puede apreciar en la tabla comparativa, el Bell 430 tiene mejores características físicas y rendimientos, las dos aeronaves son de uso civil muy común. Y de estas dos aeronaves el Bell 430 es definitivamente cumple mejor con el propósito.

El Bell 412 es una variante del Bell 212, pero con dos palas más en su rotor, con lo que el Bell 412 supera las características físicas y de rendimientos del Bell 212, como se observa en la tabla, con lo cual el Bell 412 es una propuesta para nuestra investigación.

Las dos aeronaves, Bell 412 y Bell 430, son las mejores de las cuatro que se examinaron. El Bell 412 supera tanto en características físicas como de rendimientos al Bell 430, la única diferencia y la más importante, es que la más común en su uso comercial es el Bell 430, ya que el Bell 412 es mas de

uso militar debido a sus buenas características, aunque existe en su versión comercial, la registrada en la estadísticas es de uso militar.

Por lo que nuestra aeronave crítica es el Bell 430, por su uso más común y sus características y rendimientos son los más óptimos para realizar los procedimientos.

Hay que aclarar que se define como aeronave crítica por que será la máxima permisible en el uso de los procedimientos, esto quiere decir que aeronaves más grandes que la seleccionada no podrán utilizar los procedimientos, éstos se tendrían que rediseñar y verificar que los helipuertos sean capaces de admitir la aeronave. En cambio aeronaves más pequeñas que la seleccionada podrán utilizar los procedimientos sin inconveniente alguno.

4.3 Puntos de origen y destino

De acuerdo a la tabla 1, las rutas con mayor porcentaje de tránsito aéreo son entre la Ciudad de México y Toluca, Puebla y Cuernavaca. Para definir cuáles son los helipuertos con mayor movimiento en estos puntos, se consulto estadísticas proporcionadas por la DGAC.

Por la seguridad de las empresas y/o dependencias del gobierno no se detallo con exactitud los helipuertos donde las aeronaves despegaban o aterrizaran. Solo se mencionan las zonas con mayor movimiento de este tipo de aeronaves en la Ciudad de México. En el caso de las ciudades de Toluca, Puebla y Cuernavaca, no se proporciono información de éstas zonas.

Para establecer los helipuertos de despegue y aterrizaje de las diferentes ciudades, fue proporcionada una relación de los helipuertos registrados ante la DGAC.

Ciudad de México

En la Ciudad de México, de acuerdo a la información proporcionada por la DGAC, las zonas con mayor movimiento de aeronaves de ala rotativa se encuentran en las zonas centro, poniente y sur. En las cuales las colonias más concurridas son: Polanco, Magdalena Contreras y Cuauhtémoc.

Cualquier helipuerto tomado de esta zona será el mejor para el desarrollo de los procedimientos, debido a que estas zonas están ubicadas en la cercanía a la orografía más complicada de la Ciudad de México.

El punto mejor ubicado y dentro de estas zonas es un helipuerto que se encuentra en la colonia Magdalena Contreras, el Hospital Ángeles, con una elevación sobre el nivel del mar de 2357 m (7733 ft).

Toluca

En el Estado de México, la zona con mayor movimiento y con más dificultad debido a la orografía es el municipio de Toluca. De los helipuertos registrados ante la DGAC el más óptimo es el helipuerto del Estado de México, con una elevación sobre el nivel del mar de 2591 m (8501 ft).

Cuernavaca

El estado de Morelos no es una zona con complejidad orográfica, pero es un punto con tránsito de aeronaves muy importante. La zona con más fluencia de aeronaves es el municipio de Cuernavaca y el único helipuerto registrado en este municipio es Mundo infantil, con una elevación sobre el nivel del mar de 1540 m (5053 ft).

Puebla

Para el estado de Puebla, la complejidad de la orografía es elevada puesto que cuenta con dos volcanes y el mejor lugar para tener nuestro punto es la localidad de Puebla. Se definió que el lugar más conveniente para establecer el punto es el Hospital Ángeles Puebla. El cual se encuentra en el centro de la ciudad y tiene una elevación sobre el nivel del mar de 2167 m (7110 ft).

4.4 Características y señalizaciones de los helipuertos

Una vez que se definieron los puntos en cada una de las ciudades, se debe confirmar que los helipuertos registrados cuenten con el área necesaria para albergar la aeronave crítica: superficie de aproximación y de despegue y área de seguridad. Estas dimensiones se darán de acuerdo a lo establecido en el Anexo 14 Aeródromos Volumen II Helipuertos, de la OACI.

Las áreas de restricción y eliminación de obstáculos que marca el Anexo 14, no se tomarán en cuenta ya que estas no aplican para procedimientos de precisión, puesto que con estos procedimientos estas áreas son diferentes a las planteadas. Estas tendrán su lugar en el apartado de diseño de procedimientos.

La señal de indicación del helipuerto es otra de las características obligatorias, la cual tendrá su diseño y emplazamiento como se especifica en el Anexo 14.

Para conocer las dimensiones tanto de la FATO y su área de seguridad, es necesario saber el tipo de helipuerto que se va a utilizar si es de superficie o elevado; para qué clase de performance de aeronave de ala rotativa está diseñado, clase I o clase II; Y de acuerdo a estas características se sabrá las dimensiones de las áreas.

Superficie de aproximación final y de despegue (FATO)

Esta es el área definida en la que termina la fase final de la maniobra de aproximación hasta el vuelo estacionario o el aterrizaje y a partir de la cual empieza la maniobra de despegue, se muestra en la Imagen No 11.

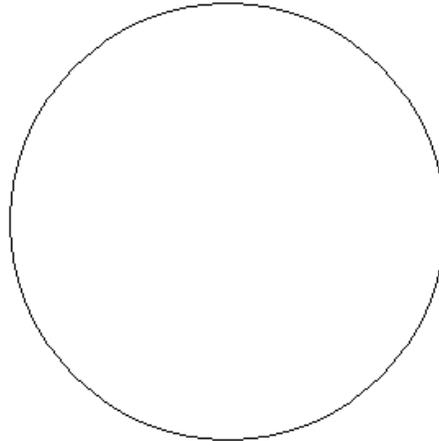


Imagen No 11. Área de aproximación final y de despegue (FATO)

En la Ciudad de México, Toluca y Puebla se tienen helipuertos elevados y de clase performance II. Por lo tanto la FATO será una circunferencia de diámetro 1.5 veces la dimensión más grande de la aeronave (ancho o largo).

De acuerdo a la Tabla 6, el largo del Bell 430 es 50.3 ft (14.35 m):

$$FATO = 14.35m \times 1.5 = 21.52m \quad (70.60ft)$$

En Cuernavaca, el helipuerto es de superficie y clase performance II, por lo que la dimensión de la FATO será una circunferencia de diámetro de 2 veces la dimensión más grande de la aeronave (ancho o largo).

$$FATO = 14.35m \times 2 = 28.7m \quad (94.16ft)$$

Área de seguridad

Es el área definida de un helipuerto en torno a la FATO, que está despejada de obstáculos, salvo los que sean necesarios para la navegación aérea y destinada a reducir el riesgo de daños de los helicópteros que accidentalmente se desvíen de la FATO, se muestra en la Imagen No12.

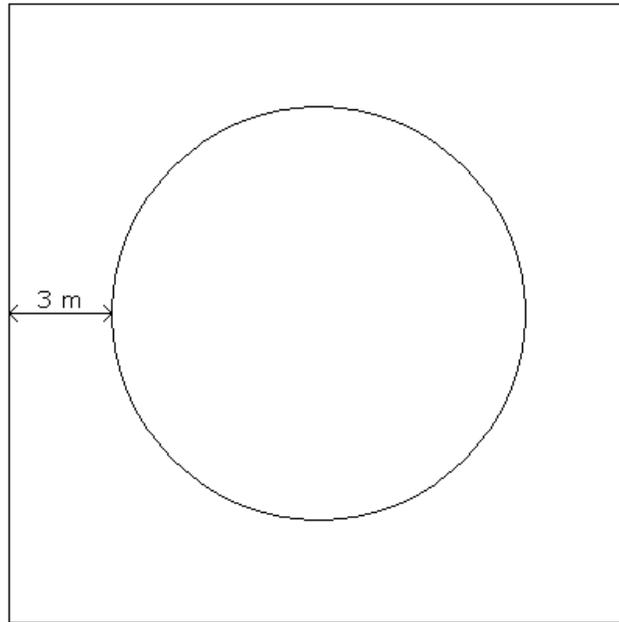


Imagen No 12. Área de seguridad

Para la Ciudad de México, Toluca y Puebla, con las características, el área de seguridad será de 3 m o 0.25 veces la dimensión más grande de la aeronave (ancho o largo) en la periferia de la FATO, que tendrá una forma cuadrada.

$$\text{Área de seguridad} = 21.52m + 3m = 24.52m \text{ (80.44 ft)}$$

Cada lado del área de seguridad será de 24.52 m (80.44 ft)

En Cuernavaca, con las mismas características, el área de seguridad tendrá las mismas características que las de las ciudades anteriores.

$$\text{Área de seguridad} = 28.7\text{m} + 3\text{m} = 31.7\text{m} \text{ (104ft)}$$

Señal de identificación de un helipuerto

Como su nombre lo indica, esta es una señal obligatoria, para indicar que en esa área o superficie existe un helipuerto.

La señal de identificación de helipuerto se emplazará dentro del área de aproximación final y de despegue, en el centro del área, o en un lugar cercano a éste.

La señal de identificación de helipuerto consistirá en una letra "H", de color blanco. Las dimensiones de la señal no serán menores que las indicadas en la Imagen No 13.

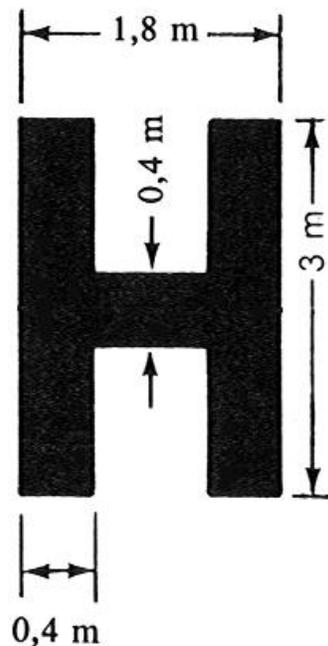


Imagen No 13. Dimensiones y forma de la señal de identificación de un helipuerto

4.5 Diseño de procedimientos

Para el diseño de los procedimientos de vuelo IFR, se deben de tomar en cuenta dos características principales: el método de navegación y el equipo o radio ayuda que se utiliza para llevar a cabo este método. Las restricciones en el diseño de los procedimientos estarán seriamente marcadas por estas dos características, y aunado a esto los rendimientos de las aeronaves serán parte minoritaria en el diseño.

4.5.1 Método de navegación

Los métodos de navegación han ido evolucionando conforme transcurren los años, se han modificado los existentes y se han creado nuevos con la finalidad de que las operaciones sean mucho más seguras reduciendo así el margen de accidentes en el aire y al mismo tiempo realizar operaciones a cualquier hora del día.

Inicialmente se utilizaban métodos por referencias visuales, por medio de referencias orográficas o de infraestructura. Después se utilizaron métodos por medio de radio ayudas terrestres que hoy en día siguen siendo utilizados y que próximamente serán inservibles debido a la llegada de los métodos de navegación por medio de equipos autónomos. Estos últimos son capaces de guiar una aeronave sin la necesidad de recibir información de una radio ayuda terrestre.

En el siguiente apartado, se describen brevemente los métodos de navegación comparándolos entre si y escogiendo el que mejor satisface las necesidades de la investigación.

4.5.1.1 Métodos de navegación terrestre

Hoy en día los métodos de navegación utilizados en el medio aeronáutico usan radio ayudas en tierra, pero con el paso del tiempo los problemas en estos tipos de navegación se fueron marcando cada vez más.

La navegación por medio de ayudas terrestres está dividida de la siguiente manera:

Faro no direccional (NDB, por sus siglas en inglés Non Directional Beacon). Es un faro ubicado en la superficie terrestre, que como su nombre lo indica no es direccional. Este envía una señal en una frecuencia fija que puede ser captada de todas las direcciones por medio de su contraparte ubicada en el aire, Buscador Automático de Dirección (ADF, por sus siglas en inglés Automatic Direction Finder), el piloto podía seleccionar la frecuencia de esa emisora, que conocía por las cartas de navegación, observando el comportamiento de la aguja del instrumento, que le indicaba en qué dirección se encontraba el radiofaro, guiándolo así hacia una estación o un aeropuerto. La emisión se realizaba en frecuencia media y el alcance era de 30 millas náuticas o 55560 metros.

Radiofaro Omnidireccional de VHF (VOR, por sus siglas en inglés Very High Frequency Omnidirectional Range). Es un faro más moderno que el NDB, emite una doble señal, de las cuales una es fija, la otra es una señal que se emite mediante un dispositivo que gira rápida y continuamente en 360 grados, de forma que se recibe una doble señal procedente del emisor. El instrumento VOR de a bordo, seleccionando la frecuencia del radiofaro, informa tanto la dirección en la que se encuentra y el radial que está volando el avión respecto al faro. La gran ventaja de éste es que se conoce el radial en el que se vuela y permite volar con precisión en las rutas y aproximaciones cada vez más densas. Su alcance es de unas 80 millas o 148160 metros.

Sistema de Aproximación por Instrumentos (ILS, por sus siglas en inglés Instrument Landing System). Como su nombre lo indica se trata de un sistema que por medio de antenas ubicadas en el espacio terrestre emiten dos señales: el localizador y la pendiente de planeo. La primera indica donde se encuentra la aeronave con respecto al eje de la pista y la segunda indica cómo debe de descender la aeronave con respecto al suelo. Este sistema tiene una aceptación muy buena entre los usuarios pues simplifica mucho las

operaciones con mínimos de visibilidad. Hoy en día es una de las principales ayudas en los aeropuertos.

Estos tres sistemas de navegación terrestre tienen un problema en común, están limitados por la superficie terrestre y en ciertos lugares sus señales son limitadas casi nulas.

Es por esta razón que se han desarrollado métodos de navegación por medio de satélites que no cuentan con el mismo problema y que abarcan la superficie completa de la tierra.

4.5.1.2 Métodos de navegación satelital

Para poder hablar de los métodos de navegación satelital, se debe de hacer una descripción de los Sistemas Globales de Navegación Satelital. Elegir el más adecuado y entonces poder hablar extensamente de los métodos de navegación satelital.

Los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS, por sus siglas en inglés Global Navigation Satellite System), es una constelación de satélites que transmite señales utilizadas para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terráqueo: tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de los satélites artificiales de la tierra. También es capaz de proporcionar la hora en Tiempo Universal Coordinado (UTC, por sus siglas en inglés Universal Time Coordinated), y las coordenadas geográficas en el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS, por sus siglas en inglés World Geodesic System).

En este sistema por medio de posicionamiento satelital, se encuentran dos principales subsistemas: Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés Global Positioning System) y Sistema Mundial de Navegación por Satélites (GLONASS, por sus siglas en inglés Global Navigation Satellite System).

GPS. su nombre correcto es NAVSTAR-GPS, y es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros, usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros. Funciona mediante una red de 27 satélites en órbita sobre el globo a 20200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra.

Este sistema fue desarrollado, implementado y actualmente administrado por los Estados Unidos.

GLONASS. Es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) desarrollado por Rusia y que representa la contrapartida al GPS estadounidense y al futuro Galileo europeo. Consta de una constelación de 24 satélites situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de 64,8° con un radio de 25510 kilómetros. La constelación de GLONASS se mueve en órbita alrededor de la tierra con una altitud de 19.100 kilómetros y tarda aproximadamente 11 horas y 15 minutos en completar una órbita.

Entre estos dos GNSS, la diferencia es bastante notable, el GLONASS está en desarrollo para convertirse en el sistema GALILEO el cual será el respaldo principal para la OACI dentro de muy poco tiempo, y teniendo como ventaja que funcionará las 24 horas del día los 365 días del año.

Mientras que el GPS no está obligado a fungir como servidor principal por lo que en el momento que se desee, su administrador puede apagarlo y/o restringirlo para su solo uso.

Con lo mencionado anteriormente, el sistema satelital base para el desarrollo de los métodos de navegación, será el GPS y teniendo esto definido, se puede explicar con más amplitud los criterios en los que se basa.

Navegación por aérea. La navegación por área (RNAV, por sus siglas en inglés Area Navigation), es un método de navegación aérea basada en puntos que no se corresponden con radio ayudas en tierra (WAYPOINTS).

El empleo de la navegación RNAV aporta una mayor flexibilidad a las rutas, dado que no están restringidas a la ubicación geográfica de las radio ayudas. Esta posibilidad de diseñar rutas más directas permite la descongestión del espacio aéreo y la disminución de los tiempos de vuelo.

Desde 1998 se implantaron las operaciones RNAV básicas (B-RNAV) en la región EUR, según lo propuesto por la OACI. Una aeronave con capacidad B-RNAV deberá ser capaz de conservar una derrota con una precisión ± 5 NM durante el 95% del tiempo. Actualmente se está implementando la especificación P-RNAV (RNAV de precisión), que garantiza una precisión de ± 1 MN.

En su funcionamiento, un sistema RNAV toma las señales recibidas por los sensores de navegación (GPS), extrapoliéndolas para calcular la posición virtual de un punto ficticio, en otras palabras: tomando un dato real (input de radio ayuda o sistema autónomo), y es capaz de calcular la posición de un punto virtual o imaginario.

La precisión de este sistema de navegación satelital, es inigualable, exige requisitos muy estrictos pero es debido al nivel de precisión con el que se trabaja por lo cual los equipos destinados para este tipo de navegación, deben estar certificados por las autoridades competentes.

En la investigación, se marca que las rutas a diseñar serán IFR de precisión, con lo cual el método de navegación utilizado para el diseño de las rutas será satelital RNAV y su equipo respectivo será el GPS, que deberá cumplir ciertos requisitos para su utilización por los procedimientos RNAV.

4.5.2 Equipo abordo y en tierra

Una vez definido el método de navegación, RNAV, básicamente el equipo utilizado para este tipo de procedimientos se encuentra a bordo de la aeronave, es un aparato aparentemente sencillo pero requiere de muchas características que deben ser debidamente certificadas para que tenga un correcto funcionamiento evitando así accidentes.

El equipo GPS de abordo proporcionara datos sobre posición y hora, obtenidos a partir de pseudodistancias entre un receptor GPS y diversas señales a bordo de satélites.

Se proporciona mediante combinaciones de los siguientes elementos instalados a bordo de satélites o instalados en la aeronave:

Sistema de posicionamiento global: proporciona servicio de determinación de la posición normalizada (SPS).

Referencia de espacio. Se expresará la información sobre posición en el sistema geodésico mundial WGS84

Referencia horaria. Se expresará los datos de la hora proporcionada al usuario en la escala de tiempo proporcionada por el Tiempo Universal Coordinado (UTC)

Sistema de posicionamiento global GPS SPSL1

Exactitud de la posición. Los errores de posición del SPS del GPS no excederán los límites siguientes:

	Promedio mundial 95% del tiempo	Peor emplazamiento 95% del tiempo
Error de posición horizontal	13m (43ft)	36m (118)
Error de posición vertical	22m (72ft)	77m (253ft)

Exactitud en cuanto a transferencia de tiempo. Los errores de transferencia de tiempo SPS del GPS no excederán de 40 nano-segundo el 95% del tiempo

Exactitud en cuanto a dominio de la distancia. No excederá los límites siguientes:

- Error de distancia de cualquier satélite 30m (100ft)
- Error de cambio de distancia de cualquier satélite .02m (.02ft) por segundo.
- Error de aceleración en distancia de cualquier satélite $.007\text{m/s}^2$.
- Media cuadrática del error telemétrico de los satélites.

Fiabilidad. Se encontrará dentro de los siguientes límites:

- a) Frecuencia de una falla importante del servicio no superior a 3 al año para la constelación.
- b) Fiabilidad por lo menos 99.94% (promedio mundial).
- c) Fiabilidad por lo menos 99.79% (promedio en un punto).

Cobertura abracará la superficie de la tierra hasta 3000km de altitud.

Los datos transmitidos por los satélites comprenderán la información necesaria para determinar lo siguiente:

- a) Hora de transmisión del satélite.
- b) Posición del satélite.
- c) Funcionalidad del satélite.
- d) Corrección del reloj del satélite.
- e) Efectos de retardo de propagación.
- f) Transferencia del tiempo a UTC.
- g) Estado de la constelación.

Estos son los requisitos que debe de cubrir a nivel internacional el GPS para poder ser aplicados a los procedimientos RNAV.

En la normatividad nacional, la NOM-051-SCT3-2001, establece los requisitos que debe de cumplir el GPS para poder ser certificado para usarse dentro del espacio aéreo mexicano.

La norma establece que solo cuando la instalación del equipo represente una modificación en el diseño de la aeronave se tendrá que hacer un análisis para determinar si es viable adaptar el sistema y asimismo de contar con la clasificación de los equipos GPS aprobados, las fases y procedimientos de operación en México.

4.5.3 Limitaciones operacionales de la aeronave crítica respecto a las operaciones en los helipuertos seleccionados

En cada uno de los puntos elegidos como orígenes o destinos de las rutas, se tienen diferentes características y estas afectan directamente los rendimientos de la aeronave al momento del despegue o el aterrizaje. Es debido a esto que se debe de realizar el cálculo de los rendimientos en cada uno de los puntos seleccionados para saber cómo se comporta la aeronave en cada uno de ellos, ya que al ser de precisión se basan en los rendimientos de la aeronave.

Dentro de las limitaciones por rendimientos en los helipuertos, se consideran los siguientes:

- a) Por Pesos de la Aeronave.
- b) Por Temperatura y Presión del Helipuerto
- c) Por Elevación del Helipuerto.
- d) Por Falla de motor con:
 - 1) Hover
 - 2) Potencia Máxima de despegue
 - 3) Máximo Continúo

Para el cálculo de los rendimientos de la aeronave (Bell 430), el siguiente procedimiento es único para los distintos puntos, y se lleva a cabo de la siguiente forma

Se debe tomar el peso de configuración estándar del manual de rendimientos del helicóptero que es de 5331 lb, a este peso se le debe sumar el peso de la configuración de asientos estándar que es de 108.6 lb:

$$5331 \text{ lb} + 108.9 \text{ lb} = 5439.9 \text{ lb}$$

Este resultado, es el peso sin combustible de la aeronave.

Para obtener el peso con combustible de la aeronave es necesario conocer el peso específico del combustible a utilizar que es un JET A1 para aviación:

$$\text{JET A1: } 840 \text{ Kg/m}^3$$

Con este dato, se busca la capacidad del tanque de combustible de la aeronave, que es de 935 litros, y se multiplica el peso específico del combustible por la capacidad total del tanque para sacar el peso con combustible.

Para poder realizar esta operación se tuvo que transformar la capacidad del tanque de Lt a m³, entonces:

$$1 \text{ Lt} = .001 \text{ m}^3$$

$$935 \text{ Lt} = 0.935 \text{ m}^3$$

Y multiplicada esa cantidad por el peso específico del combustible tenemos que:

$$840 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0.935 \text{ m}^3 = 785.4 \text{ Kg}$$

Que en libras son: 1731.5 lb

En este punto se tiene el peso de la aeronave sin combustible y el peso del combustible, se sumaron las dos cantidades para tener el peso de la aeronave con combustible:

$$5439.9lb + 1731.5lb = 7171.4lb$$

Y el peso de la aeronave con combustible es 7171.4 lb ó 3252.892 kg.

Conocer la carga de paga de la aeronave, considerada como los pasajeros más el equipaje a bordo de la aeronave, se debe recordar que se está utilizando la configuración estándar de la aeronave para 9 asientos (2 pilotos y 7 pasajeros). El peso individual del pasajero que en promedio se considera de 75 kg por persona con todo y equipaje, y tomando en cuenta que hay 9 asientos entonces:

$$75(9) = 675kg.$$

Como resultado, el peso de los pasajeros es de 675 kg ó 1488.12 lb

Por último se sumo el peso de la carga de paga y el peso total de la aeronave con combustible para darnos el peso total de operación de nuestra aeronave.

$$7174.4lb + 1488.12lb = 8659.52lb = 8700 lb$$

El redondeo del peso total de operación, se hizo para tener una operación crítica, es mejor que sobre y no que falte.

El peso total de la aeronave resultó de 8700 lb con respecto a 9300 lb que es el peso máximo de la aeronave, tabla, que está abajo por 600 lb. Tomando en cuenta que este cálculo fue basado en el combustible JET A1 con un peso específico de 840 kg/m³ el cual puede variar con respecto al tipo de combustible que se esté utilizando.

Por lo que se puede concluir que el peso máximo a ser considerado para entrar a nuestras gráficas de rendimiento será de 8700 lb. Y este peso será el mismo para cualquier punto de despegue.

Para el cálculo restante se toma la elevación de cada punto donde se hará una operación. Por lo tanto cada punto tendrá diferentes cálculos, con lo que entrará y saldrá de las gráficas de rendimientos con diferentes datos y resultados.

4.5.3.1 Temperatura ISA de la Ciudad de México

Elevación del helipuerto: 2357 m (7733 ft)

Peso máximo de operación es de 8700 lb.

Temperatura ISA para la Ciudad de México:

Temperatura de Referencia: 27 °C

De la Atmósfera Estándar se tiene que para una altitud de 7733 ft, la temperatura es:

$$T(^{\circ}C) = 15 - 0.0019812h = 15 - 0.0019812(7733) = -0.32^{\circ}C$$

Por lo tanto la ISA correspondiente a la Ciudad de México es: 27 °C - (-0.32 °C). Y tenemos que el resultado es ISA + 27.32, por tanto para el análisis de rendimientos se toma ISA+ 30, con la finalidad de hacer el estudio mas critico.

4.5.3.2 Temperatura ISA de Toluca

Elevación del helipuerto: 2591 m (8501 ft)

Peso máximo de operación es de 8700 lb

Temperatura de Referencia: 21 °C

De la Atmósfera Estándar se tiene que para una altitud de 8501 ft, la temperatura es:

$$T(^{\circ}C) = 15 - 0.0019812h = 15 - 0.0019812(8501) = -1.84^{\circ}C$$

Por lo tanto la ISA correspondiente a Toluca es: 21 °C-(-1.84 °C). Y tenemos que el resultado es ISA + 24.84, por tanto para el análisis de rendimientos se toma ISA+ 30, con la finalidad de hacer el estudio mas critico.

4.5.3.3 Temperatura ISA de Cuernavaca

Elevación del helipuerto: 1540 m (5053 ft)

Peso máximo de operación es de 8700 lb

Temperatura de Referencia: 30 °C

De la Atmósfera Estándar se tiene que para una altitud de 5053 ft, la temperatura es:

$$T(^{\circ}C) = 15 - 0.0019812h = 15 - 0.0019812(5053) = 4.98^{\circ}C$$

Por lo tanto la ISA correspondiente a Cuernavaca es: 30 °C-(4.98 °C).

Y tenemos que el resultado es ISA+25.02, por tanto para el análisis de rendimientos se toma ISA+30, con la finalidad de hacer el estudio mas critico.

4.5.3.4 Temperatura ISA de Puebla

Elevación del helipuerto: 2167 m (7110 ft)

Peso máximo de operación es de 8700 lb

Temperatura de Referencia: 24 °C

De la Atmósfera Estándar se tiene que para una altitud de 7110 ft, la temperatura es:

$$T(^{\circ}C) = 15 - 0.0019812h = 15 - 0.0019812(110) = 0.9136^{\circ}C$$

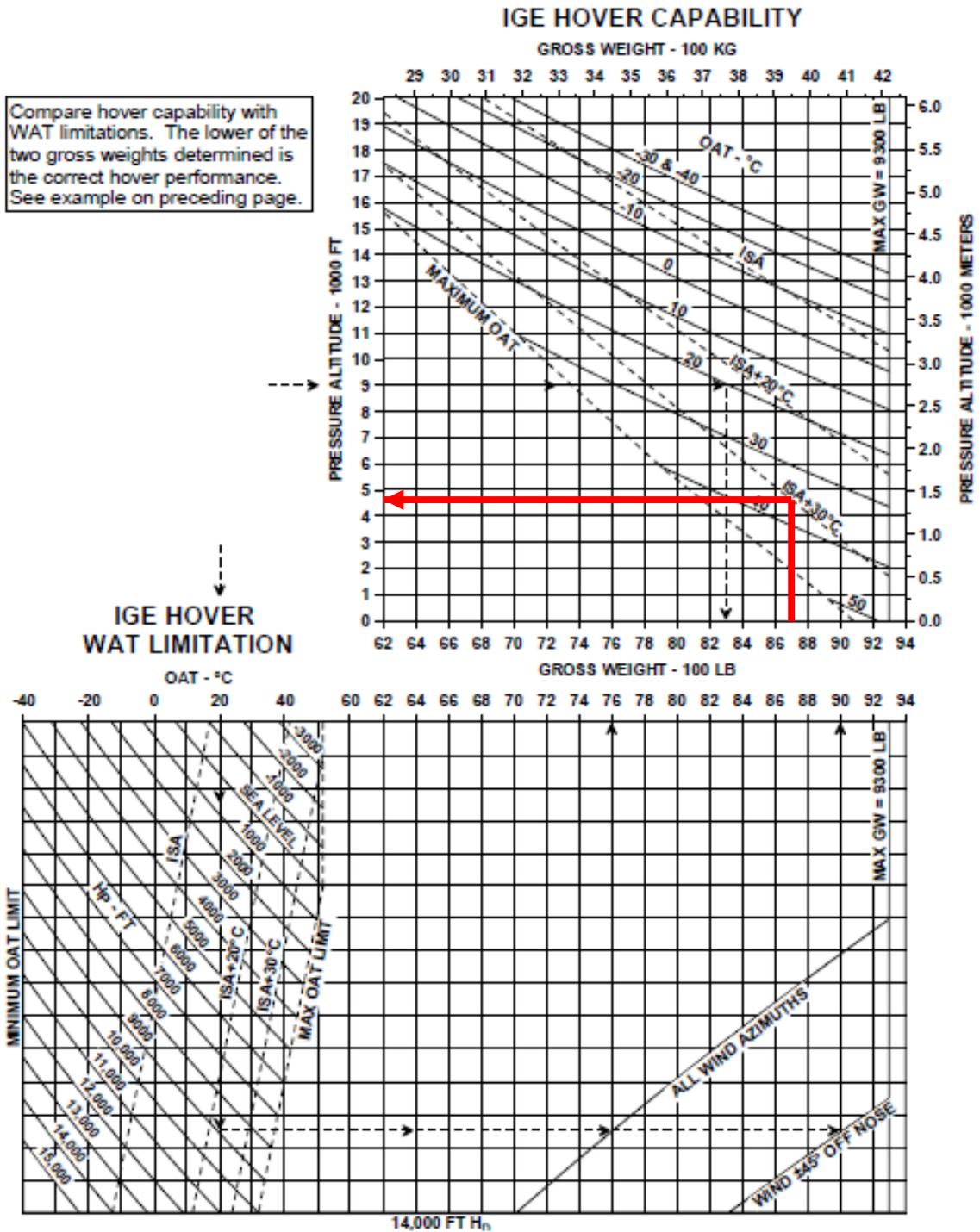
Por lo tanto la ISA correspondiente a la Ciudad de México es: $24^{\circ}C - (0.91^{\circ}C)$.

Y tenemos que el resultado es $ISA + 23.09$, por tanto para el análisis de rendimientos se toma $ISA + 30$, con la finalidad de hacer el estudio mas critico.

Con todo lo calculado anteriormente, en la tabla 2, se presentan las limitaciones operacionales así como los rendimientos de dicha aeronave.

Las siguientes gráficas son de rendimientos que con base a los resultados arrojados por los cálculos hechos con anterioridad, se ingresarán en esta tabla y nos dará diferentes características de performance o rendimiento.

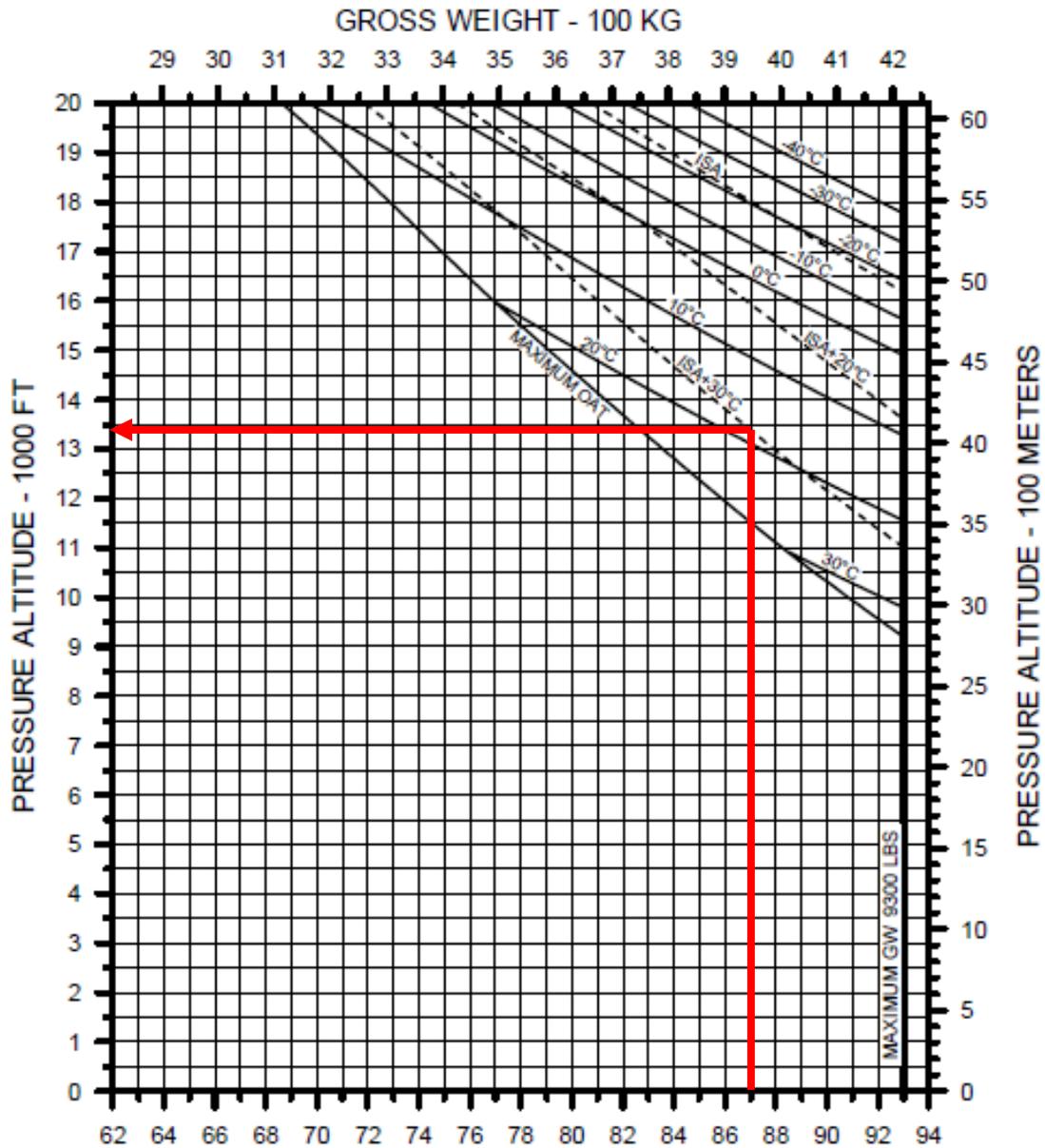
GRÁFICA DE CAPACIDAD DE VUELO ESTACIONARIO CON EFECTO TIERRA



Gráfica 1. Gráfica de capacidad de vuelo estacionario con efecto tierra

GRÁFICA DE TECHO DE SERVICIO, MÁXIMO CONTINUÓ

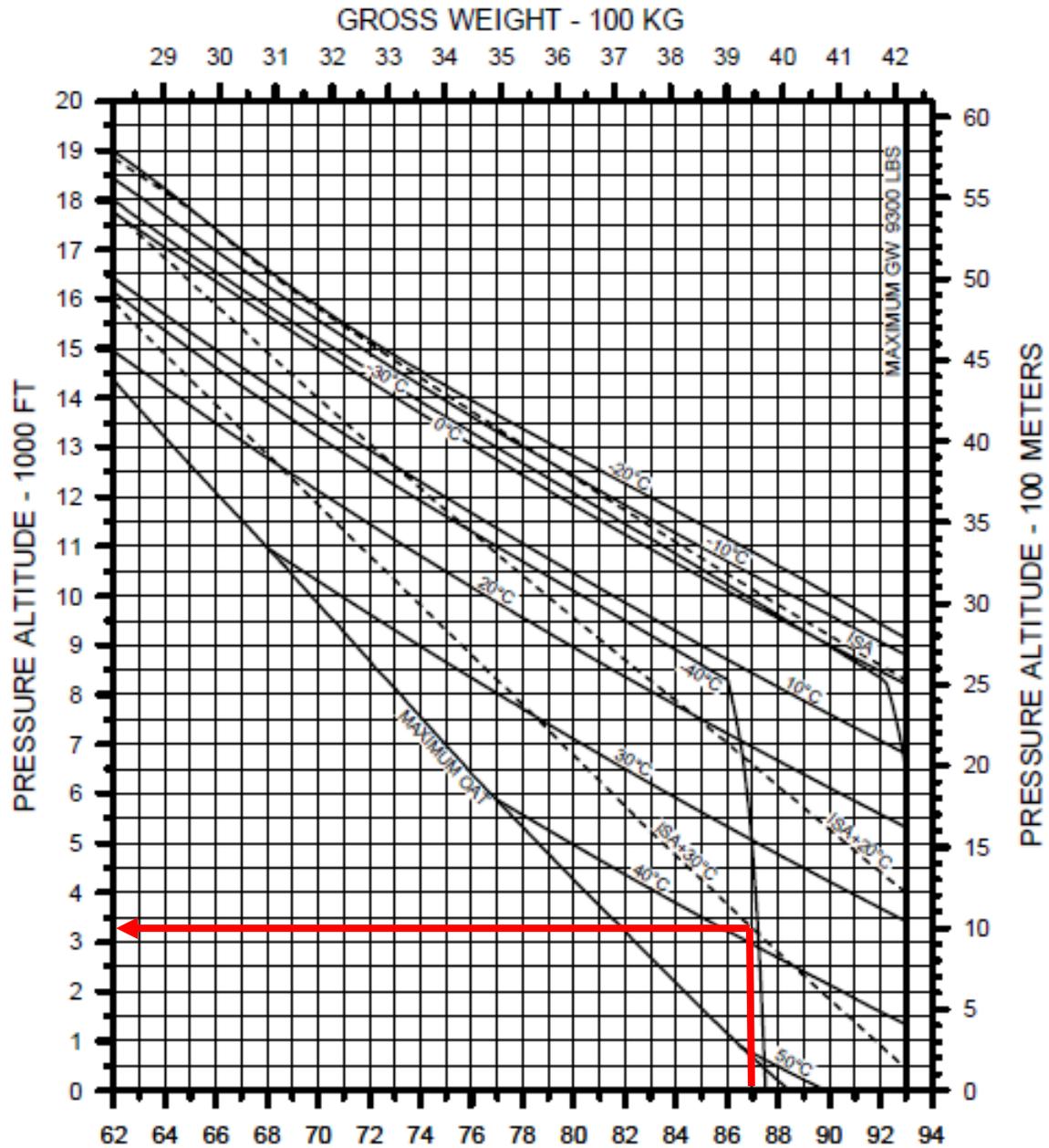
SERVICE CEILING
TWIN ENGINE OPERATION AT MAXIMUM CONTINUOUS POWER
BASIC INLET INSTALLED



Gráfica 2. Grafica de techo de servicio, máximo continuo

GRÁFICA DE TECHO DE SERVICIO FUERA DEL EFECTO TIERRA Y 30 MINUTOS
DE POTENCIA SIN EFECTO TIERRA

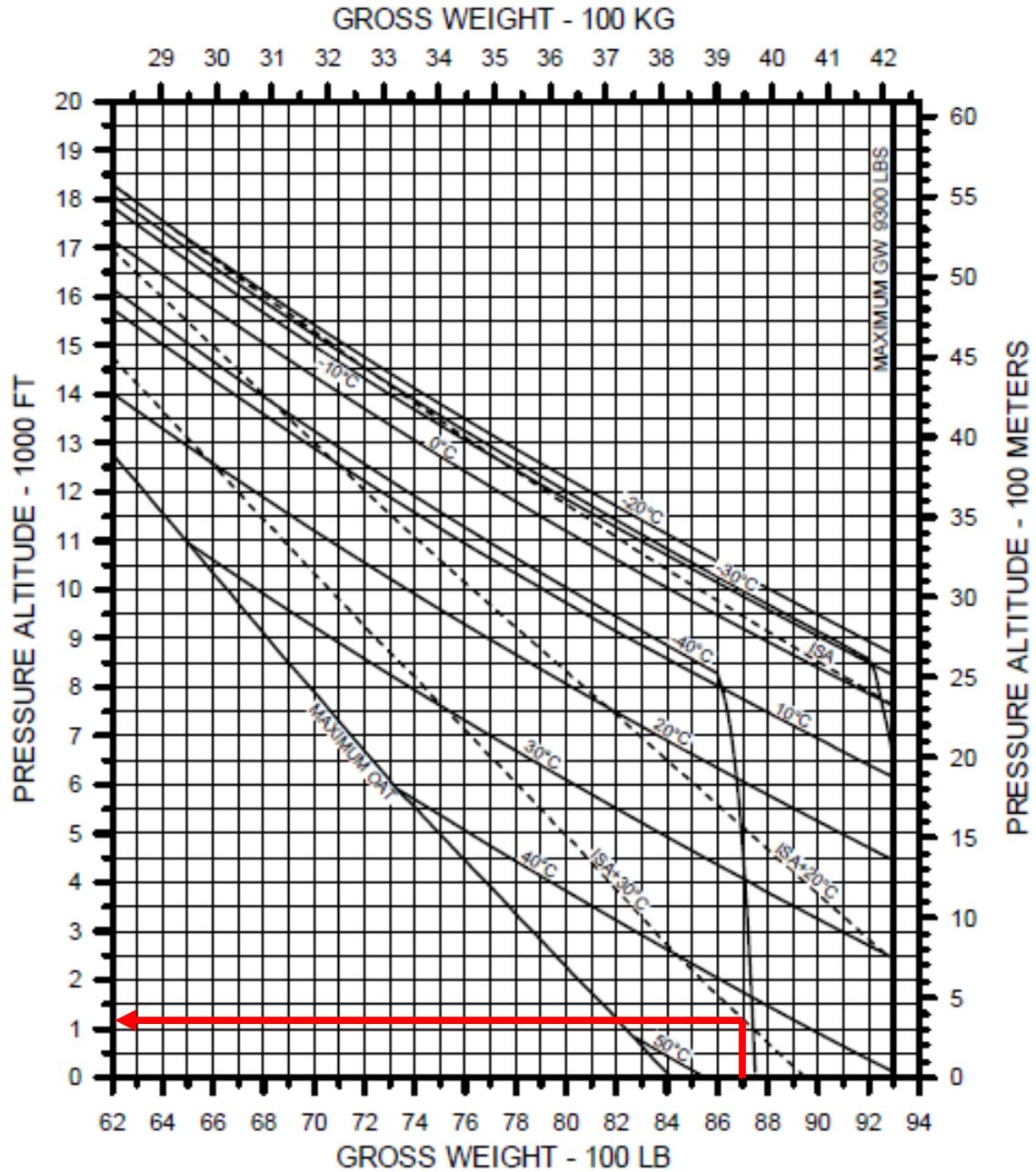
OEI SERVICE CEILING
OEI 30 MINUTE POWER
BASIC INLET INSTALLED



Gráfica 3. Gráfica de techo de servicio fuera del efecto tierra y 30 minutos de potencia son efecto tierra.

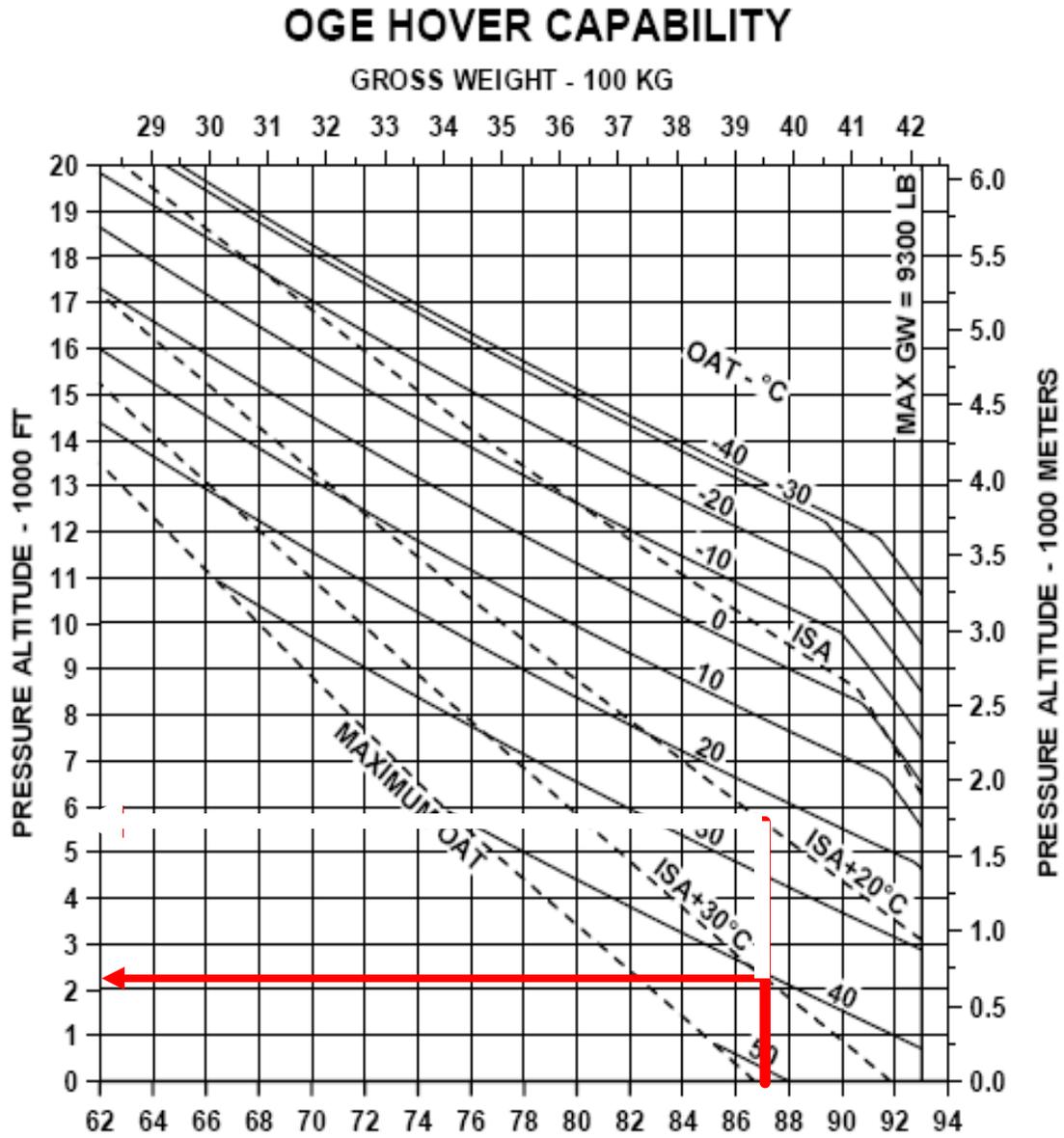
GRÁFICA DE TECHO DE SERVICIO OEI MÁXIMO CONTINUÓ

OEI SERVICE CEILING OEI CONTINUOUS POWER BASIC INLET INSTALLED



Gráfica 4. Gráfica de techo de servicio OEI máximo continuó

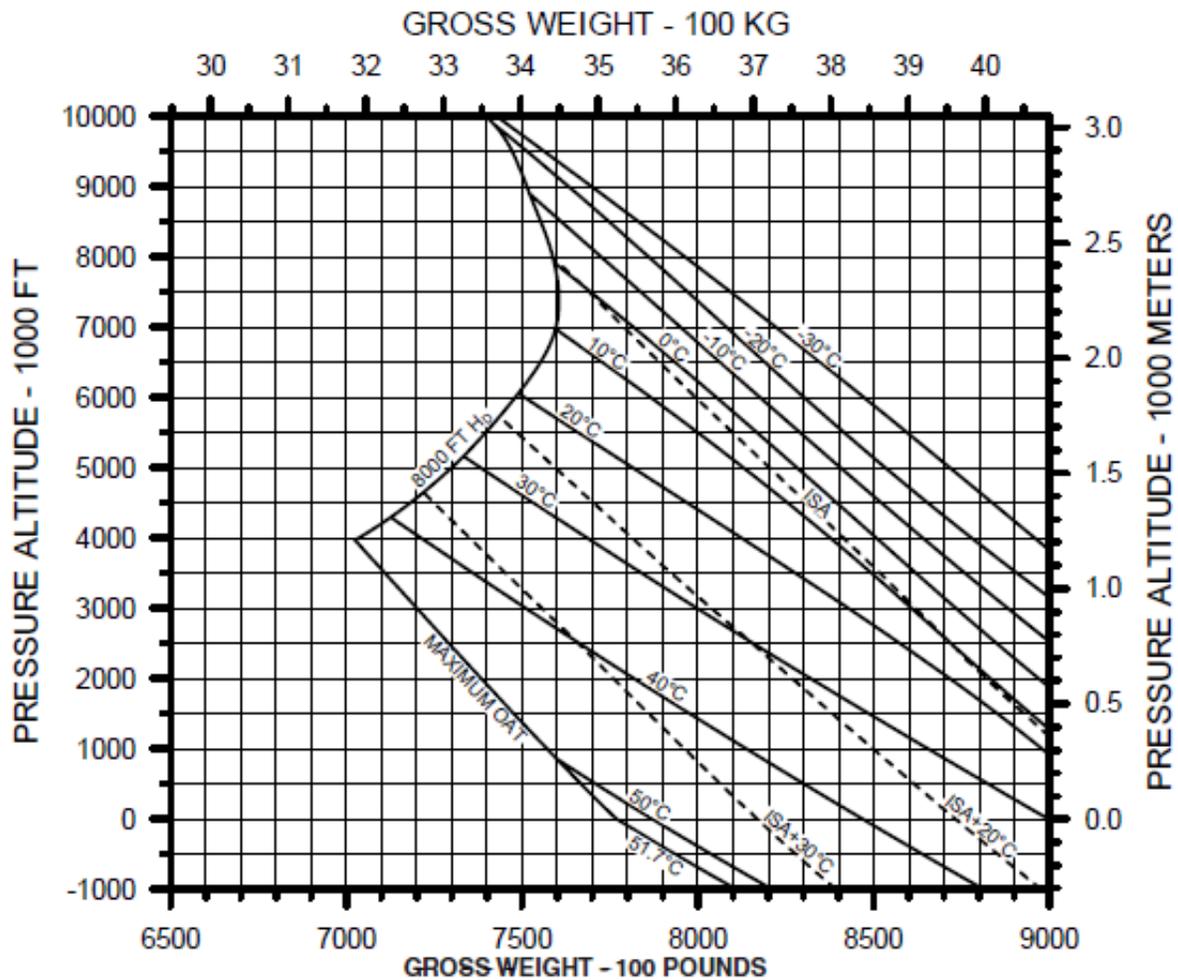
GRÁFICA DE VUELO ESTACIONARIO SIN EL EFECTO TIERRA



Gráfica 5. Gráfica de vuelo estacionario sin el efecto tierra

GRÁFICA DE CATEGORIA DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE

CATEGORY A TAKEOFF AND LANDING LIMIT
GROUND LEVEL OR ELEVATED HELIPAD
DAY AND NIGHT
ROLLS-ROYCE 250-C40B ENGINE / BASIC INLET INSTALLED



Gráfica 6 Gráfica de categoría de despegue y aterrizaje

Con el peso máximo de despegue y las temperaturas ISA, se entra en las gráficas que nos proporcionan los siguientes datos:

Para ISA+30 (México y Toluca):

Gráfica de capacidad de vuelo con efecto tierra: 4800 ft

Gráfica de techo de servicio máximo continuo: 13400 ft

Gráfica de techo de servicio fuera del efecto tierra y 30 minutos de potencia sin efecto tierra: 3400 ft

Gráfica de techo de servicio OEI máximo continuo: 1300 ft

Gráfica de capacidad de vuelo sin efecto tierra: 2300 ft

4.5.4 Construcción de los procedimientos

En base a las especificaciones marcadas en el capítulo II, las limitaciones operacionales de la aeronave, las limitaciones por rendimientos de los aeropuertos, las características físicas del helipuerto, la orografía del espacio; entre otras, se procede a diseñar las rutas IFR para los puntos anteriormente mencionados. En el diseño de los procedimientos se establecieron WAYPOINTS, los cuales se les designo con cinco letras esto establecido en el documento del diseño de los procedimientos, son letras aleatorias no llevan ninguna nomenclatura.

Los obstáculos son parte importante dentro del diseño de las rutas IFR pues estas cambian completamente la dirección y el sentido así como las limitaciones para el diseño de las rutas. Se tiene que verificar que se cumplan los requerimientos y si no se debe de jugar con los valores y las posiciones de los fijos para hacer que los procedimientos cumplan con sus limitantes.

La construcción de los diseños se hará por medio de un software, AUTOCAD MAP 3D 2009, éste brinda más facilidades que el comprar cartas topográficas de papel. Se adquieren las cartas topográficas digitalizadas en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con lo que se puede trabajar mediante ellas en este software. Otras ventajas de este software es que nos brinda rumbos, distancias, coordenadas, elevaciones y el tipo de coordenadas que se pueden utilizar. Tiene muchas herramientas que nos facilitan el trabajo,

el gasto excesivo en papel y se puede manipular de mejor forma la información.

Los requisitos para el uso de este software son: Sistema operativo Windows XP SP 3 o superior, Internet Explorer 6 o superior, Procesador Intel Pentium 4 o AMD Athlon 2.2 GHz o superiores, 1Gb de RAM para Windows XP 2Gb para Vista.

Las siguientes secciones describen cada una de las rutas y los parámetros que se consideran para que el vuelo de éstas y así lograr el vuelo exitoso.

4.5.4.1 Ruta México Toluca

En la tabla 7 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
MÉXICO	7973 ft	283°	9.5 MN		---
MTLLI	13000 ft	231°	5 MN		---
IAF	11500 ft	241°	4 MN	200 ft/MN	---
IF	10500 ft	270°	4 MN	250 ft/MN	---
FAF	9500 ft	313°	4 MN	249 ft/MN	9300 ft
TOLUCA	8501 ft	---	---	---	---
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
MTAFL	9800 ft			241 ft/MN	---
MTAFI	9800 ft				---
MTAFK	9800 ft				---
REINCORPORARSE AL FAF					

Tabla 7. Descripción de la ruta México - Toluca

En la ruta solo un punto crítico se presenta donde la altitud es de 13000 ft, los obstáculos en esa zona son aproximadamente de 12000 ft. Las zonas que se encuentran fuera de la ruta trazada, sea mas norte o sur, presentan una orografía superior a los 13000 ft y de acuerdo a los criterios para la construcción de procedimientos, se agregan 1000 ft como margen de obstáculo que da como resultado 14000 ft y como se puede observar en las gráficas de rendimientos para Toluca con ISA+30 el techo máximo de servicio esta a los 13400 ft lo que no permite un vuelo seguro.

Otro factor para considerar esta ruta es la aproximación frustrada pues es una ida al aire con potencia máxima de motor lo cual requiere que los gradientes de ascenso sean moderados y los obstáculos en la zona de aproximación frustrada sean fáciles de librar.

La ruta seleccionada es la más corta y segura, para el vuelo entre estos dos puntos. Se puede observar cada punto de la Tabla 7 reflejado en la Imagen 14.

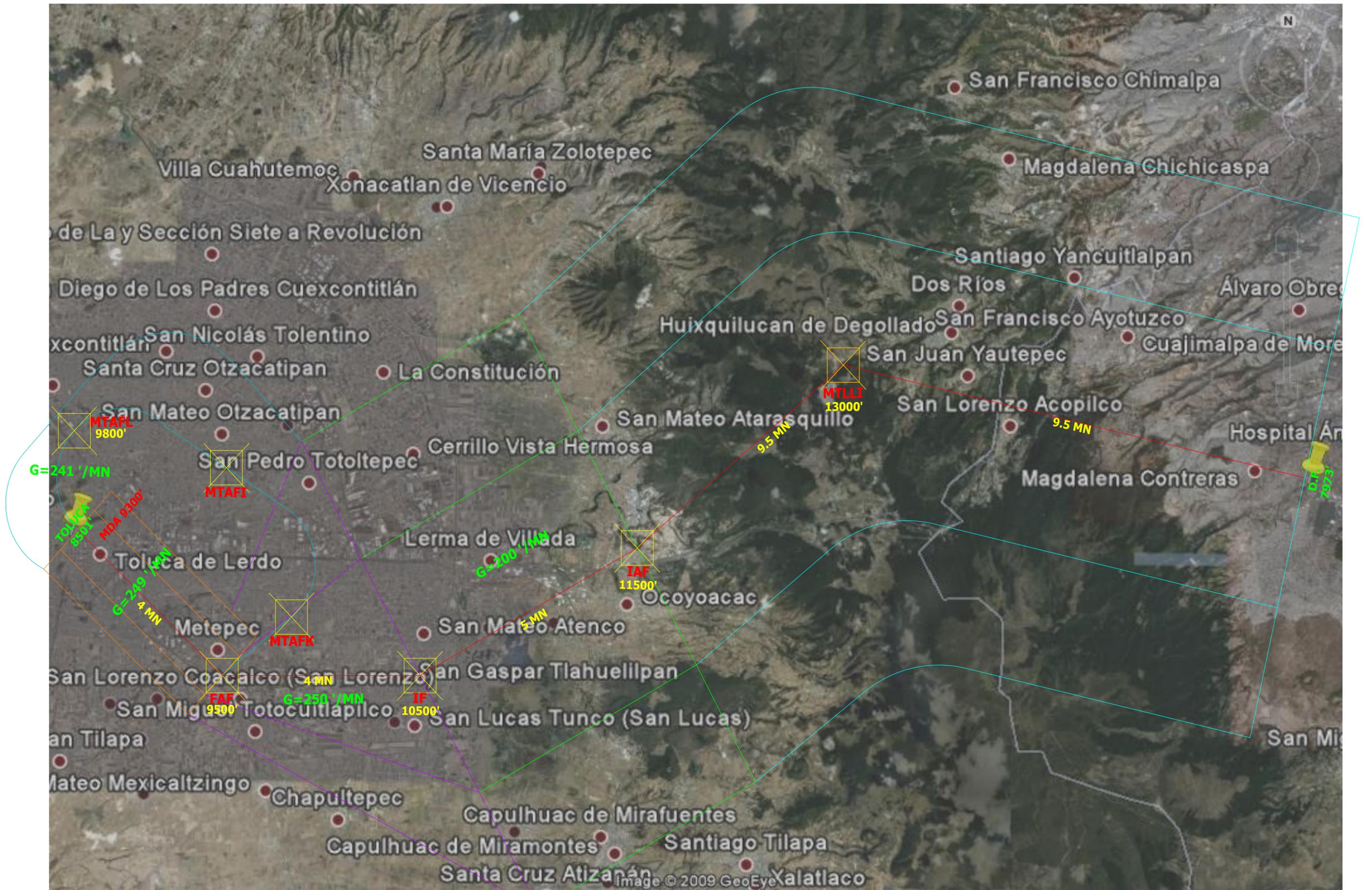


Imagen 14 Ruta México-Toluca

4.5.4.2 Ruta Toluca México

En la tabla 8 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
TOLUCA	8501 ft	065°	14 MN	321 ft/MN	---
IAF	13000 ft	091°	5.8 MN	300 ft/MN	---
IF	11800 ft	123°	4 MN	575 ft/MN	---
FAF	9500 ft	123°	4 MN	249 ft/MN	8600 ft
MÉXICO	7973 ft	---	---	---	---
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
TMAFL	9600 ft			249 ft/MN	---
TMAFK	10250 ft			236 ft/MN	---
TMAFI	10800 ft			220 ft/MN	---
TMAFF	11200 ft			235 ft/MN	---
REINCORPORARSE AL FAF					

Tabla 8. Descripción de la ruta Toluca - México

Esta ruta es similar a la anterior, puesto que sigue el mismo camino pero de regreso, teniendo aproximadamente 13000 ft máximo en el mayor obstáculo en la orografía.

La aproximación frustrada en este caso, es algo complicada puesto que para ambos lados tratando de incorporarse a los segmentos finales de aterrizaje, los obstáculos que presenta la zona son elevados, por lo tanto el diseño es delicado pero cumple con los requerimientos establecidos en el documento correspondiente.

Esta ruta es la más corta y segura, para el vuelo entre estos dos puntos. Se puede observar cada punto de la Tabla 8 reflejado en la Imagen 15.

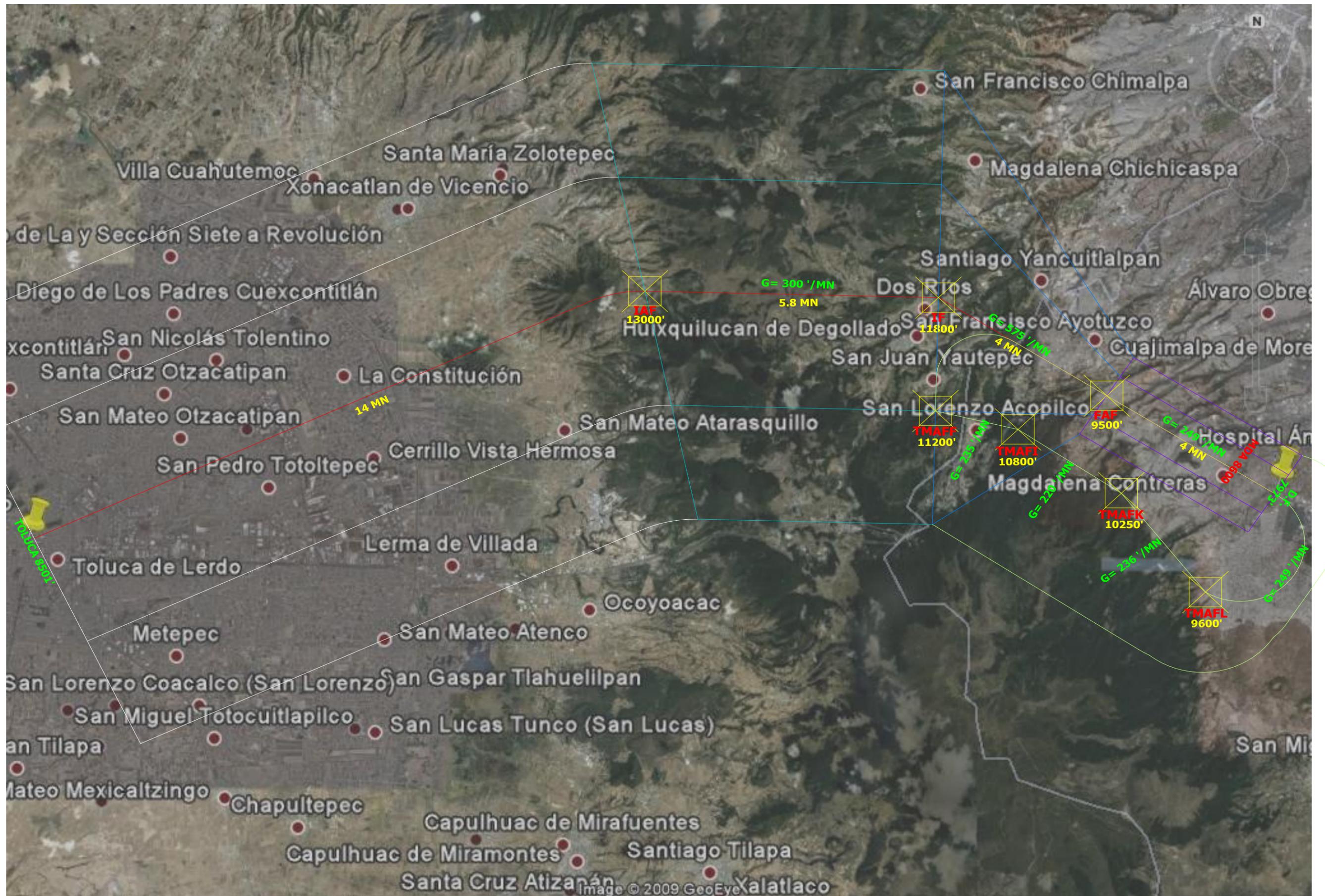


Imagen 15 Ruta Toluca- México

4.5.4.3 Ruta México Cuernavaca

En la tabla 9 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
MÉXICO	7973 ft	116°	10.4 MN	310 ft/MN	---
MCAFAV	11200 ft	116°	10.4 MN	---	---
MCKIK	11200 ft	162°	6.2 MN	194 ft/MN	---
MCISR	10000 ft	162°	4.4 MN	---	---
MCANG	10000 ft	261°	2.1 MN	952 ft/MN	---
IAF	8000 ft	261°	5 MN	---	---
IF	8000 ft	261°	1.8 MN	527 ft/MN	---
MCBUR	7000 ft	261°	2.2 MN	363 ft/MN	---
FAF	6200 ft	261°	1.7 MN	352 ft/MN	---
MCRIV	5600 ft	261°	2.3 MN	237 ft/MN	5400 ft
CUERNAVACA	5053 ft	---	---	---	---
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
MCAFK	6200 ft	---	3.7 MN	235 ft/MN	---
MCAFF	7000 ft	---		---	---
MCAFI	7000 ft	---		---	---
REINCORPORARSE AL IF					

Tabla 9. Descripción de la ruta México - Cuernavaca

La ruta México – Cuernavaca, no se hizo directamente por el sur debido a que la orografía es elevada, excede los 15000 ft, y para nuestra aeronave en condiciones de Cuernavaca ISA+30 el techo máximo de servicio de acuerdo a nuestras gráficas es de 13400 ft, que no alcanza para librar los obstáculos.

Se rodea y encontramos que la orografía es elevada pero permite el diseño del procedimiento sin problema alguno. Teniendo como obstáculo más alto una elevación de 10000 ft, permitiendo así el libre paso de la aeronave bajo condiciones favorables. Los segmentos finales, se dividen en varios ya que al tratar de descender de desde una altitud elevada a una altitud considerable es gradiente rebasa lo permitido y tenemos que acortar distancia y establecer altitudes en esos puntos para cumplir con la seguridad en la ruta.

La aproximación frustrada en esta parte de la república es sencilla pues cercano a este helipuerto la zona orográfica no tiene obstáculos muy elevados con lo que podemos realizar el diseño hacia cualquier lado. Lo visto en la Tabla 9 se refleja en la Imagen 16.

4.5.4.4 Ruta Cuernavaca México

En la tabla 10 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
CUERNAVACA	5053 ft	044°	10.08 MN	788 ft/MN	---
CMFAV	13000 ft	044°	5.8 MN	69 ft/MN	---
CMKIK	13400 ft	306°	1 MN	---	---
IAF	13400 ft	306°	6.5 MN	215 ft/MN	---
CMBUR	12000 ft	306°	2.6 MN	192 ft/MN	---
IF	11500 ft	306°	1.8 MN	555 ft/MN	---
CMRIV	10500 ft	306°	2.2 MN	500 ft/MN	---
FAF	9400 ft	306°	4 MN	356 ft/MN	8600 ft
MÉXICO	7973 ft	---	---	---	---
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
CMAFF	9600 ft	---	10.2 MN	235 ft/MN	---
CMAFL	12000 ft	---	---	---	---
REINCORPORARSE A CMBUR					

Tabla 10. Descripción de la ruta Cuernavaca - México

Para no errar con la ruta directa y los rendimientos de la aeronave se decidió tomar la ruta México – Cuernavaca solo que invertida para poder aprovechar ya ese diseño y solo calcular los puntos finales. Llega a un punto donde la altitud del procedimiento se iguala a la limitación de la aeronave por rendimientos de 13400 ft.

De igual manera en los segmentos de aproximación, se dividen en veces de dos ya que la orografía obliga a elevarse y que para poder descender y cumplir con los gradientes se deben de realizar estos movimientos de coordenadas y aumento de puntos para que la operación en el aterrizaje sea segura.

En el primer punto donde el gradiente corresponde a un valor de 788 ft/MN, es valor real, pero con los rendimientos de la aeronave donde el vuelo estacionario con efecto tierra tiene un valor de 4800 ft para despegar en plano vertical siendo así un total de 9853 ft para llegar a 13000 ft se tiene una gradiente de 312 ft/MN, reducido ese gradiente hasta lo permitido y cumplimos con los requerimientos.

La aproximación frustrada en la Ciudad de México es sencilla por que como está completamente urbanizada los obstáculos no son impedimento. Todo lo expresado en la Tabla 10 se encuentra ilustrado en la Imagen 17.

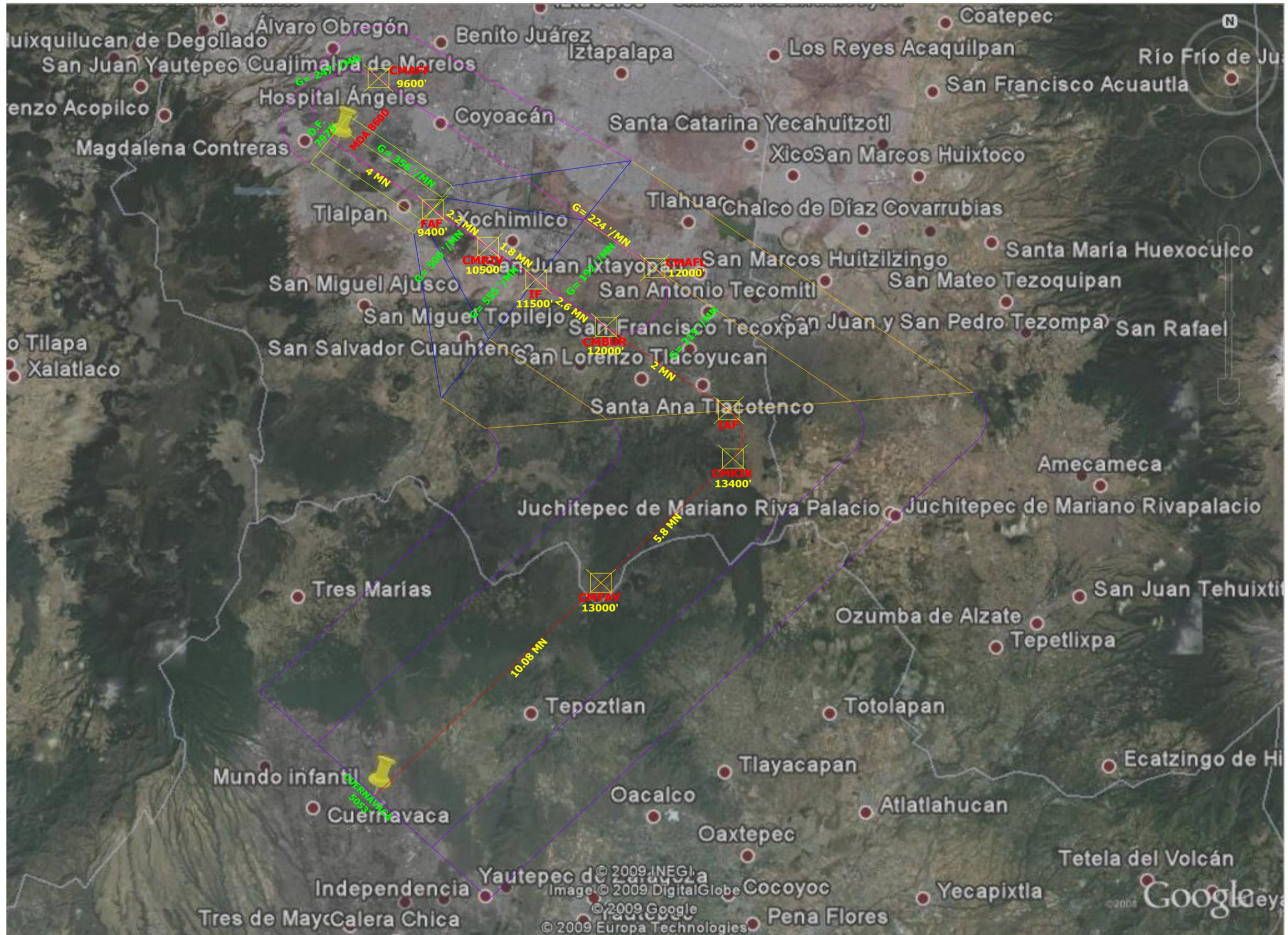


Imagen 17 Ruta Cuernavaca- México

4.5.4.5 Ruta México Puebla

En la tabla 11 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
MÉXICO	7973 ft	126°	2.3 MN	1098 ft/MN	---
MPFAV	10500 ft	126°	16.6 MN	60.24 ft/MN	---
MPKIK	11500 ft	177°	16.5 MN	---	---
MPISR	11500 ft	177°	616.5 MN	---	---
MPBUR	11500 ft	095°	20.8 MN	72.11 ft/MN	---
MPSCH	10000 ft	052°	16.5 MN	60.60 ft/MN	---
IAF	9000 ft	052°	4 MN	---	---
IF	9000 ft	052°	4 MN	200 ft/MN	---
FAF	8200 ft	052°	4 MN	266 ft/MN	7500 ft
PUEBLA	7110 ft	---	---	---	
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
MPAFF	8000 ft	---	5.37 MN	186 ft/MN	---
MPAFI	9000 ft	---	---	---	---
REINCORPORARSE A IF					

Tabla 11. Descripción de la ruta México - Puebla

Lo más difícil para esta ruta es que al despegar de la ciudad de México, se tiene un gradiente de ascenso de 1098 ft/MN, pero como se mencionó anteriormente el rendimiento extraído de las gráficas llamado vuelo estacionario con efecto de tierra permite elevarse 4800 ft en el lugar del despegue en plano vertical y con una altitud en este plano de 12773 dejamos el gradiente en cero.

La aproximación frustrada en este procedimiento es sencilla pues el helipuerto de Puebla se encuentra en una zona urbanizada con pocos obstáculos a su alrededor y se manejan altitudes más pequeñas lo que facilita la reincorporación de una aproximación frustrada al procedimiento en el IF.

El contenido de la Tabla 11 se encuentra ilustrado en la Imagen 18.

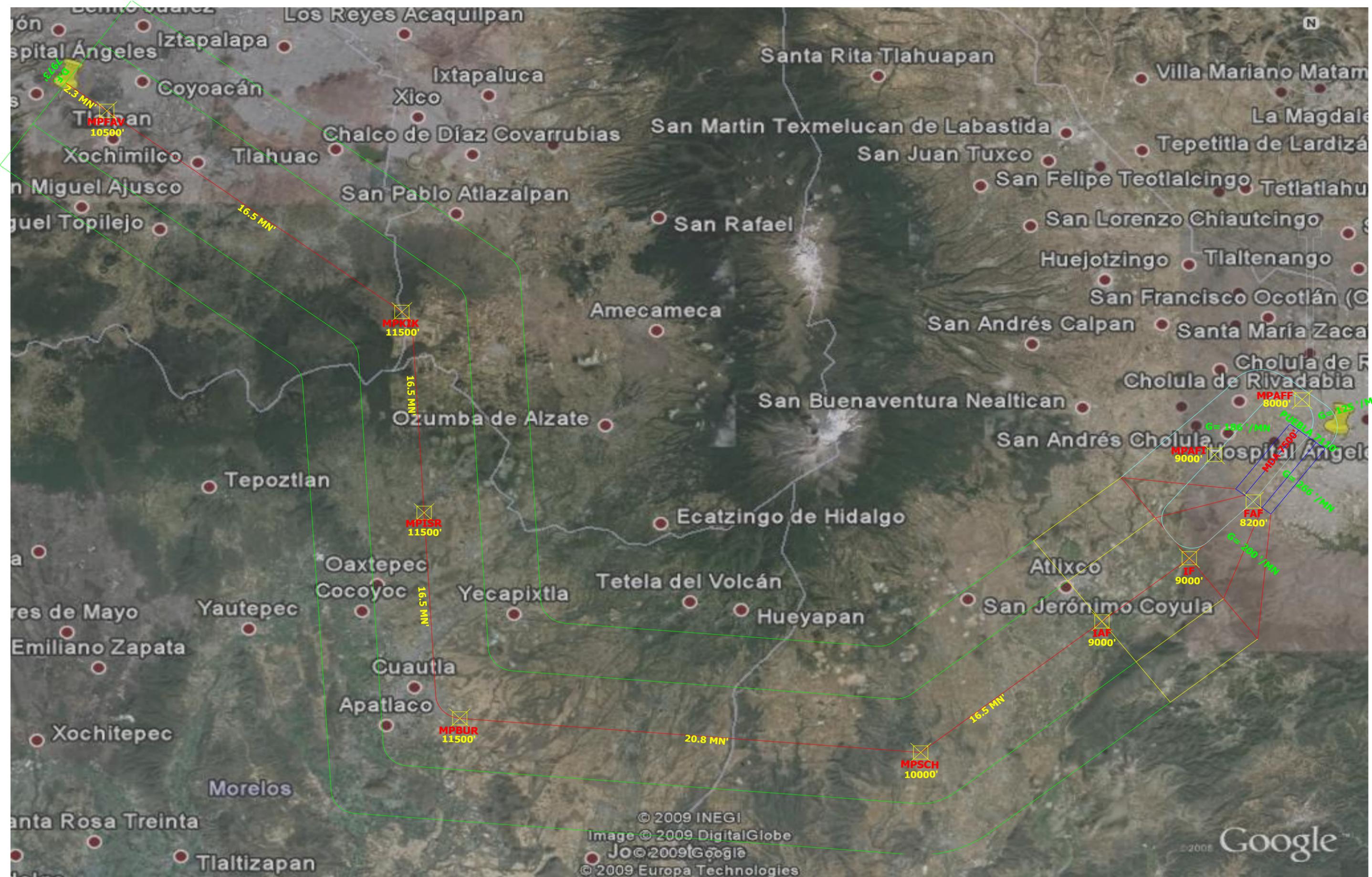


Imagen 18 Ruta México-Puebla

4.5.4.6 Ruta Puebla México

En la tabla 12 se muestran los diferentes parámetros que en cada uno de los puntos se debe cumplir, para poder entender esta tabla se debe de tener en cuenta lo siguiente:

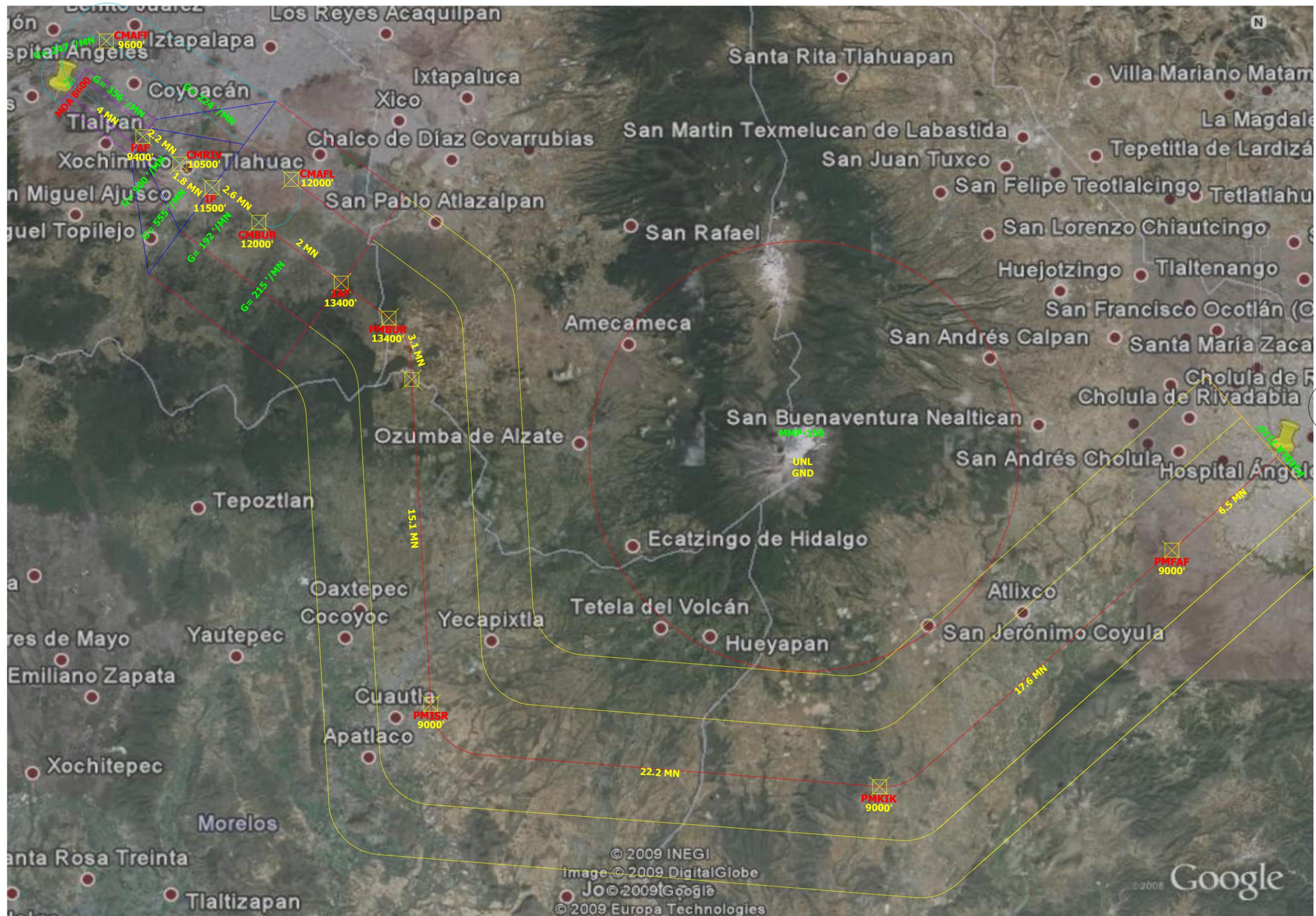
- Columna 1 (Punto): Indica el punto donde se encuentra la aeronave.
- Columna 2 (Altitud): Indica la altitud a la que se encuentra.
- Columna 3 (Rumbo): Indica el rumbo que debe llevar para llegar al siguiente punto.
- Columna 4 (Distancia): Indica la distancia que debe seguir en el rumbo para llegar al próximo punto.
- Columna 5 (Gradiente): Indica el gradiente de ascenso o descenso a utilizar antes de llegar al siguiente punto. Se sabe que es de ascenso si el siguiente punto en la tabla tiene una altitud mayor al actual y si es de descenso la altitud del siguiente punto será menor que la actual.
- Columna 6 (MDA): Indica la altitud mínima de decisión, esta solo se presenta en el FAF, y se decide si se aplica la aproximación frustrada o se aterriza.

PUNTO	ALTITUD	RUMBO	DISTANCIA	GRADIENTE	MDA
PUEBLA	7110 ft	229°	6.5 MN	290 ft/MN	---
PMFAV	9000 ft	229°	17.6 MN	---	---
PMKIK	9000 ft	275°	22.2 MN	---	---
PMISR	9000 ft	357°	18.2 MN	241 ft/MN	---
PMBUR	13400 ft	306°	2 MN	---	---
IAF	13400 ft	306°	2 MN	215 ft/MN	---
CMBUR	12000 ft	306°	2.6 MN	192 ft/MN	---
IF	11500 ft	306°	1.8 MN	555 ft/MN	8600 ft
CMRIV	10500 ft	306°	2.2 MN	500 ft/MN	---
FAF	9400 ft	306°	4 MN	356 ft/MN	
MÉXICO	7973 ft	---			
EN CASO DE APROXIMACIÓN FRUSTRADA					
CMAFF	9600 ft	---	10.71 MN	224 ft/MN	---
CMAFL	12000 ft	---	---	---	---
REINCORPORARSE A CMBUR					

Tabla 12. Descripción de la ruta Puebla - México

Conociendo los procedimientos pasados sobre describir lo que ocurre de forma que el procedimiento expresado en la Tabla 12 se ilustra en la Imagen 19.

La razón de ser el procedimiento más largo rodeando el Popocatepetl es que por la parte superior de esta área restringida las altitudes superan los 13400 ft permitidos para que la aeronave vuele en óptimas condiciones sin provocar el desplome. De acuerdo a los lineamientos del uso del espacio aéreo Mexicano donde se limita pasar sobre áreas prohibidas y/o restringidas esta área denominada MMP-159 no puede ser sobrevolada, además que también en ese punto las altitudes superan los límites operacionales de la aeronave por lo cual se presenta la ruta de esta forma.



INMEX-105
1500
400

INMEX-114
1500
400

Imagen 19 Ruta Puebla-México

Cada una de las rutas fue planeada de acuerdo a la orografía presentada en los diferentes lugares, las altitudes máximas en la ruta se tomaron de acuerdo a los obstáculos más altos y con los criterios mencionados en el Capítulo II acerca del MOC, se establecieron esas altitudes.

Referente a las áreas prohibidas y/o restringidas, se tiene que solo una afecta el diseño de la ruta, el Popocatepetl (MMP-159), esa es la razón de que las rutas México-Puebla y Puebla-México tengan esa forma, aunado a esto que la parte superior del volcán, este llena de obstáculos que rebasan los 14000 ft siendo que nuestra aeronave de acuerdo a sus rendimientos el techo máximo de servicio es de 13400 ft.

Los rendimientos obtenidos de la tabla del fabricante, en el punto 4.5.3, se toman en cuenta para ocasiones tales como en una corta distancia deba elevarse más de lo que un gradiente pueda permitir. El dato más importante es el techo máximo continuo de servicio de 13400 ft el cual nos limita a que más arriba de esa altitud no se puede volar pues la aeronave entra en pérdida.

En cada una de las figuras se pueden observar los puntos por los que debe de pasar la aeronave, con sus altitudes sus gradientes de ascenso/descenso y las áreas de protección de la ruta.

4.5.5 Reducción de ruido

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT-2000 que establece dentro de la República Mexicana lo límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, se método de medición, así como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos límites.

El helicóptero Bell- 430 cumple con los requerimientos de la norma anteriormente referida y apegándose a lo establecido, además de los cálculos realizados en este apartado, tenemos lo siguiente:

- La forma más efectiva de abatimiento de ruido es mantener la máxima separación horizontal y vertical de las áreas sensibles.
- El movimiento de los controles de vuelo debe ser suave y gradual.

La exposición al ruido es:

- Menor detrás que delante del helicóptero;
- Menor del lado izquierdo que del lado derecho
- Menor a los lados de la trayectoria de vuelo que directamente abajo
- Menor en sentido contrario que el sentido que viaja el helicóptero
- Los despegues deberán hacerse hacia el viento
- Ascender con la mejor relación de ascenso, para alcanzar la máxima altitud tan pronto como sea posible
- Evitar la máxima potencia de ascenso sobre áreas sensibles al ruido, cuando sea posible
- Limitar la velocidad de crucero a 130 nudos al sobrevolar áreas sensibles.
- Planear las rutas para mantener las áreas sensibles al ruido del lado izquierdo.
- Mantener altitud mínima de 1000 pies sobre el terreno.
- Mantener la velocidad de aproximación alrededor de 60 nudos o superior hasta justo antes del aterrizaje
 - Efectuar aproximaciones inclinadas con un ángulo de 12 a 15°
 - No incrementar la potencia hasta encontrarse dentro de 1000 pies del terreno
 - Nivelar e incrementar la potencia como para un aterrizaje normal.
 - Planear la aproximación y el aterrizaje para mantener las áreas sensibles a la izquierda.
 - Evitar descender directamente sobre las áreas sensibles al ruido.

De igual forma a continuación se describen los procedimientos apegados a la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT-2000

4.5.5.1 Punto de referencia de medición del ruido de despegue.

1).- Un punto de referencia de la trayectoria de vuelo situado sobre el terreno en la proyección de la trayectoria de vuelo definida en el procedimiento de referencia para el despegue y a una distancia horizontal de 500 m en el sentido de vuelo, del punto en que comienza la transición al vuelo de ascenso de dicho procedimiento.

Punto de Referencia para el Radial de Salida 261° (Sistema WGS-84)

Punto de Referencia para el Radial de Salida 100° (Sistema WGS-84)

2).- Otros dos puntos sobre el terreno, dispuestos simétricamente a 150 m a ambos lados de la trayectoria de vuelo definida en el procedimiento de referencia para el despegue y sobre una línea que pase por el punto de referencia de la trayectoria de vuelo.

Punto de Referencia para el Radial de Salida 261° (Sistema WGS-84)

Punto de Referencia para el Radial de Salida 100° (Sistema WGS-84)

4.5.5.2 Punto de referencia de medición del ruido de sobrevuelo.

1).- Un punto de referencia de la trayectoria de vuelo situado sobre el terreno a 150 m (490 ft) por debajo de la trayectoria de vuelo definida en el procedimiento de referencia para el sobrevuelo.

Punto de Referencia para el Radial de Salida 261° (Sistema WGS-84)

Punto de Referencia para el Radial de Salida 100° (Sistema WGS-84)

2).- Otros dos puntos sobre el terreno, dispuestos simétricamente a 150 m a ambos lados de la trayectoria de vuelo definida en el procedimiento de referencia para el sobrevuelo y sobre una línea que pase por el punto de referencia de la trayectoria de vuelo

4.5.5.3 Punto de referencia de medición del ruido de aproximación.

1).- Un punto de referencia de la trayectoria de vuelo situado sobre el terreno a 120 m (395 ft) por debajo de la trayectoria de vuelo definida en el procedimiento de referencia para la aproximación en terreno horizontal, este punto se encuentra a 1,140 m de la intersección de la trayectoria de aproximación de 6° con el plano del terreno.

4.5.5.4 Niveles máximos de ruido

En el punto de referencia de la trayectoria de despegue: 109 EPNdB

Para los helicópteros cuyo peso máximo certificado de despegue, en relación con el cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 80,000 kg, valor que decrecerá linealmente con el logaritmo del peso del helicóptero, a razón de 3 EPNdB por cada reducción del peso a la mitad hasta él un límite de 89 EPNdB, después de lo cual el límite deberá mantenerse constante.

En el punto de referencia de la trayectoria de sobrevuelo: 108 EPNdB

Para los helicópteros cuyo peso máximo certificado de despegue, en relación con el cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 80,000 kg, valor que decrecerá linealmente con el logaritmo del peso del helicóptero, a razón de 3 EPNdB por cada reducción del peso a la mitad hasta él un límite de 88 EPNdB, después de lo cual el límite deberá mantenerse constante.

En el punto de referencia de la trayectoria de despegue: 109 EPNdB

Para los helicópteros cuyo peso máximo certificado de despegue, en relación con el cual se solicita la homologación en cuanto al ruido, sea igual o superior a 80,000 kg, valor que decrecerá linealmente con el logaritmo del peso del helicóptero, a razón de 3 EPNdB por cada reducción del peso a la mitad hasta

él un límite de 89 EPNdB, después de lo cual el límite deberá mantenerse constante.

Por lo que para el Bell-430 que es la aeronave crítica calculando los niveles de ruido de acuerdo con la tabla 7 de la mencionada Norma y que a continuación ilustramos:

Nivel de ruido lateral (EPNdB)	89	$90.03+9.97 \log W$	109
Nivel de ruido de aproximación (EPNdB)	90	$91.03+9.97 \log W$	110
Nivel de ruido de sobrevuelo (EPNdB)	88	$89.03+9.97 \log W$	108

4.5.5.5 Niveles Máximos de ruido para los Helicópteros

Calculando el Nivel Máximo de Ruido para el Bell-430, se tiene:

Peso Bruto Máxima Carga Externa: 4082Kg

Nivel de ruido lateral (EPNdB):

$$90.03+9.97 \log (4.082)=96.12$$

Nivel de ruido de aproximación (EPNdB)

$$91.03+9.97 \log (4.082)= 97.12$$

Nivel de ruido de sobrevuelo (EPNdB)

$$89.03+9.97 \log (4.082)= 95.12$$

Por lo que los rangos se encuentran dentro de los Niveles Máximos permitidos de Ruido comparativamente con la tabla número 7.

En lo referente a los Procedimientos de referencia para el despegue, sobrevuelo y aproximación se hace referencia al inciso 10.6.1.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT-2000 que a su letra dice:

“En los procedimientos de referencia se satisfarán los requisitos correspondientes de aeronavegabilidad”.

Es decir la aeronave al aprobar el certificado de aeronavegabilidad emitido por la Autoridad da por sentado la aprobación de dicho procedimientos de referencia.

Además de cumplir con la Norma mencionada en la segunda sección página 117 de fecha lunes 19 de febrero de 2001.

The background features a minimalist design with three overlapping circles of varying sizes and shades of gray. Two thin, light gray lines intersect at the top center, forming a large 'V' shape that frames the central text. The overall aesthetic is clean and modern.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de realizar el estudio y el diseño de los procedimientos han sido satisfactorios. Estos cumplen con todos los requisitos para poder ser utilizados por una aeronave de ala rotativa, en el Capítulo II se hace referencia a la documentación y equipo que se debe de obtener para poder implementarlos.

Los procedimientos completamente terminados brindan una mayor seguridad y confiabilidad para el vuelo de aeronaves en cualquier hora del día, ya sea con condiciones de visibilidad limitada o nula.

Por otro lado la orografía que presenta la república Mexicana es bastante extensa y complicada lo que hace que este tipo de propuesta sea más interesante, a pesar de la limitación en este aspecto, la propuesta se llevo a cabo.

Los procedimientos fueron diseñados para condiciones críticas de vuelo, que se cumplen y que todos los datos son verídicos y funcionales. Que las limitaciones fueron marcadas y especificadas quedando como resultado los primeros procedimientos de vuelo IFR (RNAV) para aeronaves de ala rotativa en la república Mexicana.

Finalmente la implementación de procedimientos RNAV en aeronaves de ala rotativa no está lejos del alcance de la aeronáutica civil mexicana y cualquier tipo de usuario puede utilizarlos debidamente.

The image features a minimalist, abstract design. It consists of several overlapping circles in various shades of gray, creating a sense of depth and movement. Two thin, light gray diagonal lines intersect to form a large 'V' shape that frames the central text. The overall aesthetic is clean and modern.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Durante la investigación, mientras se realizaba la comparación con la normatividad nacional se pudo observar que no hay normatividad nacional que restrinja los vuelos IFR en el espacio aéreo mexicano, ni siquiera los vuelos VFR están normados. La poca reglamentación encontrada es normatividad en proceso de estandarizarse, pues solo son proyectos de normas.

En cuanto a la normatividad internacional se refiere los vuelos con aeronaves de alas rotativas son tan importantes como los de aeronaves de ala fija, por lo que las normas y métodos recomendados por los distintos organismos internacionales, son suficientes para regular el vuelo de helicópteros por reglas de vuelo por instrumentos.

Es tanto el retraso de tecnología e implementación de leyes en el espacio aéreo mexicano que con la investigación se observó que solo se necesita un equipo a bordo de la aeronave para realizar dichos procedimientos. Este equipo llamado Sistema de Posicionamiento Global, puede brindar información suficiente para reemplazar varios equipos, siempre y cuando cuente con la certificación de la autoridad del estado contratante al cual pertenezca la matrícula de dicha aeronave.

En el tránsito de aeronaves de ala rotativa en la ciudad de México se observó que gran parte de las operaciones no son registradas ante la autoridad aeronáutica, por lo que la deficiencia al momento de investigar un accidente o monitorear un vuelo, es elevada.

Los procedimientos desarrollados en la presente investigación, se apegaron a la normatividad internacional y nacional existente. Se comprobó que son factibles, ya que se optimizaron las distancias y se volvieron más seguros los vuelos, que puedan realizarse a cualquier hora del día. Agregando que otro objetivo fundamental se cumplió al dar margen de que las operaciones con este tipo de aeronaves se extiendan a cualquier hora del día.

Por último sería gratificante que un helicóptero verificador, autorizado y equipado con el equipo suficiente, pudiera verificar, evaluar y corregir estos procedimientos que no están muy lejos de implementarse. Y que este tipo de investigaciones con respecto a las aeronaves de ala rotativa pudieran desarrollarse más ampliamente no solo en el ámbito del diseño u mantenimiento, sino también en el ámbito operacional.

The background features a minimalist abstract design. It consists of several overlapping circles in various shades of gray, creating a sense of depth and movement. Two thin, light gray lines intersect at the top center, forming a large 'V' shape that frames the central text. The overall aesthetic is clean, modern, and professional.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- **Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión** (2006), "Ley de aviación civil", México D.F.: Secretaría General.
- **Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión** (2004), "Reglamento de la ley de aviación civil", México D.F.: Secretaría General.
- **Organización de Aviación Civil Internacional** (1996), "Anexo 10 Telecomunicaciones aeronáuticas, Volumen I", Montreal, Canadá: OACI
- **Organización de Aviación Civil Internacional** (1995), "Anexo 14 Aeródromos Volumen II Helipuertos", Montreal, Canadá: OACI
- **Organización de Aviación Civil Internacional** (2006), "Documento 8168 Operación de aeronaves, Volumen II construcción de procedimientos de vuelo visual y por instrumentos", Montreal, Canadá: OACI
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2001), "Norma Oficial Mexicana 003 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2001), "Norma Oficial Mexicana 012 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2001), "Norma Oficial Mexicana 018 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2001), "Norma Oficial Mexicana 022 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2000), "Norma Oficial Mexicana 036 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2001), "Norma Oficial Mexicana 051 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2000), "Proyecto de Norma Oficial Mexicana 050 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.
- **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2004), "Proyecto de Norma Oficial Mexicana 091 perteneciente a la SCT sección 3 Aeronáutica", México D.F.

- **Bell helicopter** (2007), "<http://www.bellhelicopter.textron.com>", Fort Worth, USA.
- **Dirección General de Aeronáutica Civil** (2009), "<http://www.dgac.sct.gob.mx>", México D.F.
- **El universal compañía periodística nacional** (2000), "<http://www.eluniversal.com.mx>", México D.F.
- **National Transport Safety Board** (2000), "<http://www.nts.gov>", Washington DC, USA.
- **Secretaría de economía** (2002), "<http://www.economia-noms.gob.mx>", México D.F.
- **Wikipedia la enciclopedia libre** (2001), "<http://es.wikipedia.org>", Alabama, USA.

The background features a decorative graphic consisting of several overlapping circles in various shades of gray, arranged in a roughly triangular pattern. Two thin, light gray lines intersect at the top center, forming a large 'V' shape that frames the central text.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aeronave de ala fija:	Véase Avión.
Aeronave de ala rotativa:	Véase Helicóptero.
Altitud:	Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar.
Altitud mínima de decisión (MDA):	Altitud o altura especificada en la aproximación de precisión o en una aproximación con guía vertical, a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación frustrada si no se ha establecido la referencial visual requerida para continuar la aproximación.
Altura:	Distancia vertical de un nivel, punto u objeto considerado como punto, medido desde una referencia especificada.
Atmosfera estándar internacional:	Modelo atmosférico terrestre invariante creado por la Organización de Aviación Civil Internacional. Se utiliza principalmente en la navegación aérea. Y se origina a partir del nivel medio del mar.
Área de aproximación final y de despegue (FATO):	Area definida en la que termina la fase final de la maniobra de aproximación hasta el vuelo estacionario o el aterrizaje, y a partir del cual empieza la maniobra de despegue.
Avión:	Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.
Decibel:	Unidad empleada en Acústica y Telecomunicación para expresar la relación entre dos potencias, acústicas o eléctricas.
Desplome:	Pérdida de la posición vertical de una cosa, en las

aeronaves cuando la capa de fluido se separa de las alas y no sustenta más a la aeronave.

Elevación: Distancia vertical entre un punto o un nivel de la superficie de tierra, o unido a ella, y el nivel medio del mar.

Helicóptero: Aeronave sustentada por un conjunto de alas giratorias (rotor) situado en la parte superior del aparato. Esta aeronave es propulsada horizontalmente mediante la inclinación del rotor y la variación del ángulo de ataque de sus palas.

Helipuerto: Aeródromo o área definida sobre una estructura destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento de superficie de los helicópteros.

Navegación: Viaje que se hace con cualquier embarcación, y tiempo que dura.

Orografía: Parte de la geografía física que trata de la descripción de las montañas o el relieve.

Procedimiento: Modo de ejecutar determinadas acciones que suelen realizarse de la misma forma, con una serie común de pasos claramente definidos, que permiten realizar una ocupación o trabajo correctamente.

Rendimientos: Conjunto de capacidades ofrecidas por un avión de acuerdo con el objetivo primordial para el cual ha sido diseñado.

Rumbo: Dirección en que apunta el eje longitudinal de una aeronave, expresada generalmente en grados respecto al norte.

Segmento de aproximación final: Fase de un procedimiento de aproximación por instrumentos durante la cual se ejecutan la alineación y el descenso para aterrizar.

Segmento de Fase de un procedimiento de aproximación por

aproximación inicial:	instrumentos entre el punto de referencia de aproximación inicial y el punto de referencia intermedio.
Segmento de aproximación intermedio:	Fase de un procedimiento de aproximación por instrumentos entre el punto de referencia intermedio y el punto de referencia de aproximación final.
Sistema geodésico mundial:	Es un Sistema Terrestre Convencional (CTS, por su siglas en Inglés) desarrollado por un comité del Departamento de Defensa de los Estados Unidos haciendo modificaciones al Sistema de Navegación por Satélite de la Marina.
Software:	Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica, en contraposición a los componentes físicos del sistema.
Telecomunicaciones:	Es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional.
Temperatura ISA:	Temperatura calculada en base a la atmosfera estándar.
Tiempo universal coordinado:	Es el tiempo de la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo, sucesor del GMT.

The page features a decorative graphic consisting of three overlapping circles of varying sizes, each with a gradient from dark to light gray. Two thin, light gray lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The text 'LISTA DE SIGLAS' is centered in the lower-left quadrant of the page.

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE SIGLAS

DGAC:	Dirección General de Aeronáutica Civil
FAF:	Final Approach Fix (Segmento de Aproximación Final)
FATO:	Final Approach and Take Off (Área de Aproximación Final y de Despegue)
GLONASS:	Global Navigation Satellite System (Sistema Mundial de Navegación por Satélites)
GNSS:	Global Navigation Satellite System (Sistemas Globales de Navegación Satelital)
GPS:	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
IF:	Intermediate Fix (Segmento de Aproximación Intermedio)
IAF:	Initial Approach Fix (Segmento de Aproximación Inicial)
IFR:	Instrument Flight Rules (Reglas de Vuelo por Instrumentos)
ILS:	Instrument Landing System (Sistema de Aproximación por Instrumentos)
ISA:	International Standard Atmosphere (Atmosfera Estándar Internacional)
NDB:	Non Directional Beacon (Faro No Direccional)
NOM:	Normal Oficial Mexicana
NTSB:	National Transport Safety Board (Junta Nacional de Seguridad del Transporte)
OACI:	Organización Internacional de Aviación Civil
PROY:	Proyecto
RNAV:	Area Navigation (Navegación por Area)
SCT:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SPS:	Standard Position System
UTC:	Universal Time Coordinated (Tiempo Universal Coordinado)
VOR:	Very High Frequency Omnidirectional Range (Radiofaro Omnidireccional VHF)
VFR:	Visual Flight Rules (Reglas de Vuelo Visual)

WGS: World Geodesic System (Sistema Geodésico Mundial)