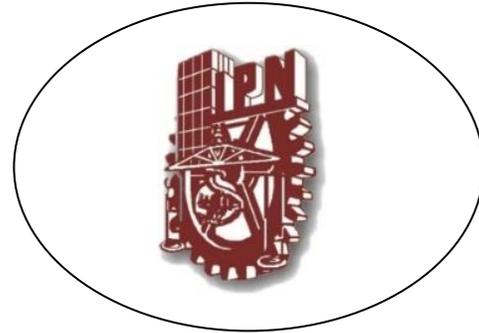




1^{ER} CONGRESO de **ELECTROMECHANICA** **RINTERNACIONAL** & **ELECTRICA** **15 - 16 - 17** **Junio 2016**

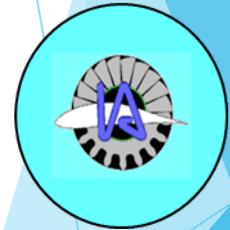
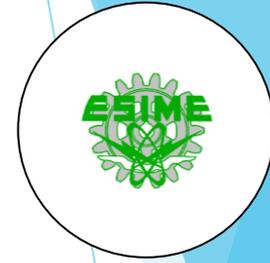
Universidad Tecnológica Equinoccial
15, 16 y 17 de Junio, 2016
Santo Domingo - Ecuador

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL



ESIME U. P. TICOMAN

Ingeniería Aeronáutica



Avances del Proyecto “Tlapixki- Diseño de un UAS para monitoreo y vigilancia volcánica”

Presenta:

- **Vázquez Flores José Félix**
- **Almaraz Sánchez Edgardo Cristóbal**

Introducción.

Hay alrededor de 3,000 volcanes en México

* 12 se consideran activos

Las altitudes de estos volcanes varían desde los 300 hasta los casi 6,000 msnmm.



Algunos de los cuales, como el Popocatepétl, se ubican en zonas densamente pobladas, por lo que su vigilancia y monitoreo representa una actividad de suma importancia para protección civil.



Imagen tomada de: municipiospuebla.mx

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), realiza un monitoreo, mediante una red de estaciones terrenas

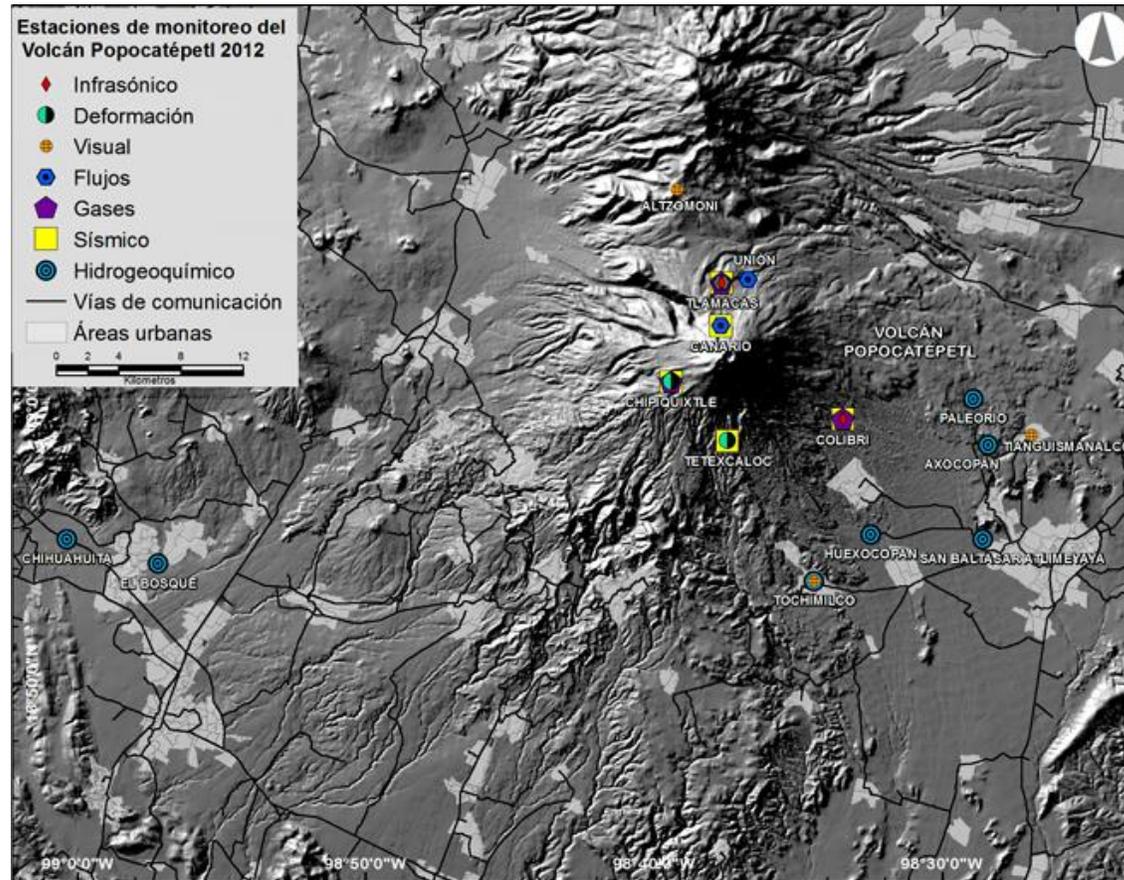
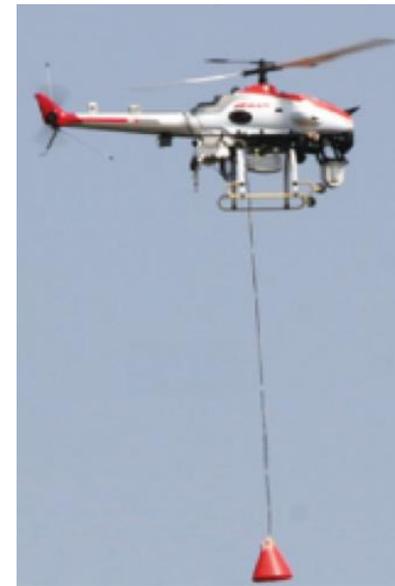


Imagen tomada de: cenapred.gob.mx

En años recientes, nuevas metodologías han sido empleadas en el estudio y monitoreo volcánico, demostrando la viabilidad del uso de aeronaves no tripuladas (UAV) en las mediciones de flujos de gases y toma de imágenes aéreas.



Sistema de Aeronave No-Tripulada (UAS) .

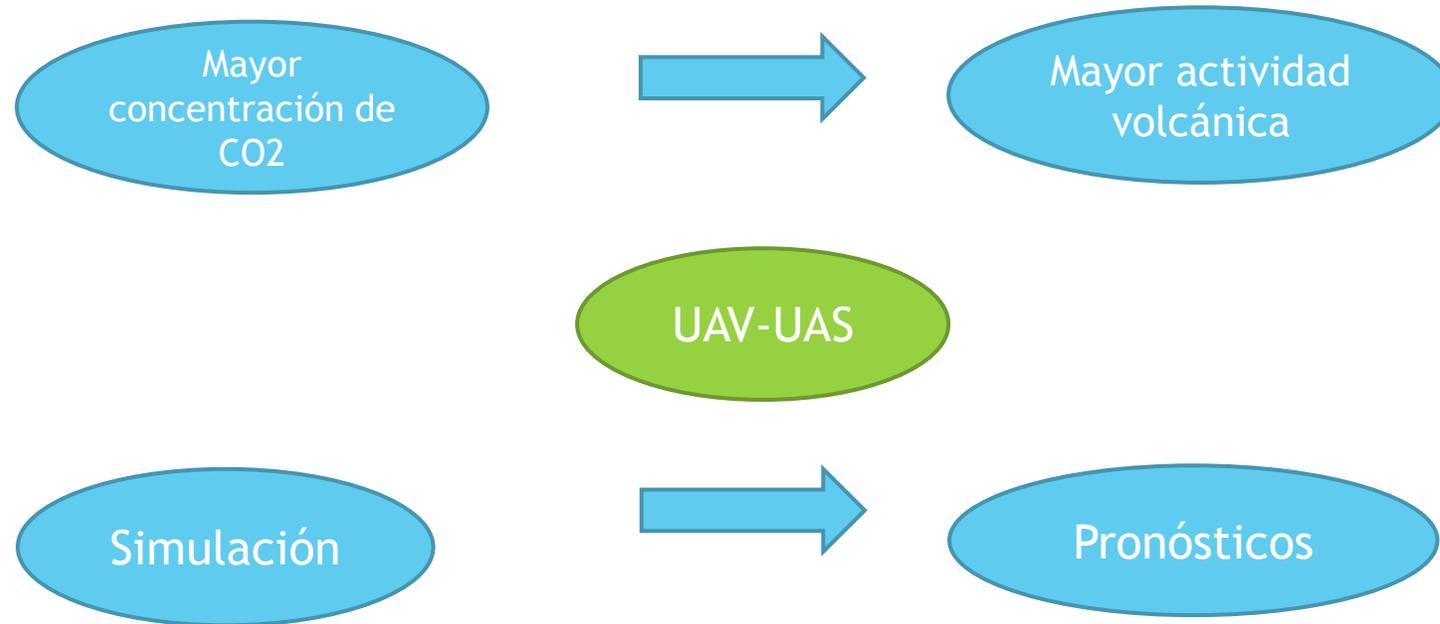
Un UAS como su nombre lo indica es un sistema, que a su vez comprende un número de sub-sistemas, dentro de los cuales incluye:

- La aeronave (UAV o Vehículo Aéreo No-Tripulado).
- Estaciones de control.
- Sistemas de lanzamiento y recuperación. (Si aplica)
- Soporte logístico.
- etc.

Ventajas del uso de un UAS en el monitoreo volcánico.

- ▶ Fácil manejo.
- ▶ Bajo costo de operación y mantenimiento.
- ▶ No requiere de instalaciones específicas para su resguardo y mantenimiento.
- ▶ Disponibilidad de la aeronave para recolectar datos en cualquier momento.
- ▶ Evita la exposición a los gases tóxicos y del peligro a las personas durante la recolección de datos.

Descripción del problema.



La red de monitoreo del volcán Popocatépetl no cuenta con un UAS.

La altitud del cráter del volcán (5,600 msnmm)

Proyecto “Tlapixki”

Objetivo:

Diseñar y manufacturar un UAS con materiales compuestos con las características aerodinámicas y estructurales necesarias para volar a una altitud de 7,000 msnmm, transportando cámaras (térmicas y UV) y medidores de concentración de gases para el monitoreo y vigilancia del volcán Popocatepetl en México.

Requerimientos de misión del UAS.

- ▶ Autonomía: 2 h.
- ▶ Carga de paga: 5 kg
- ▶ Velocidad de crucero: 25 m/s
- ▶ Altitud de crucero: 7,000 msnmm
- ▶ Rango: 100 km

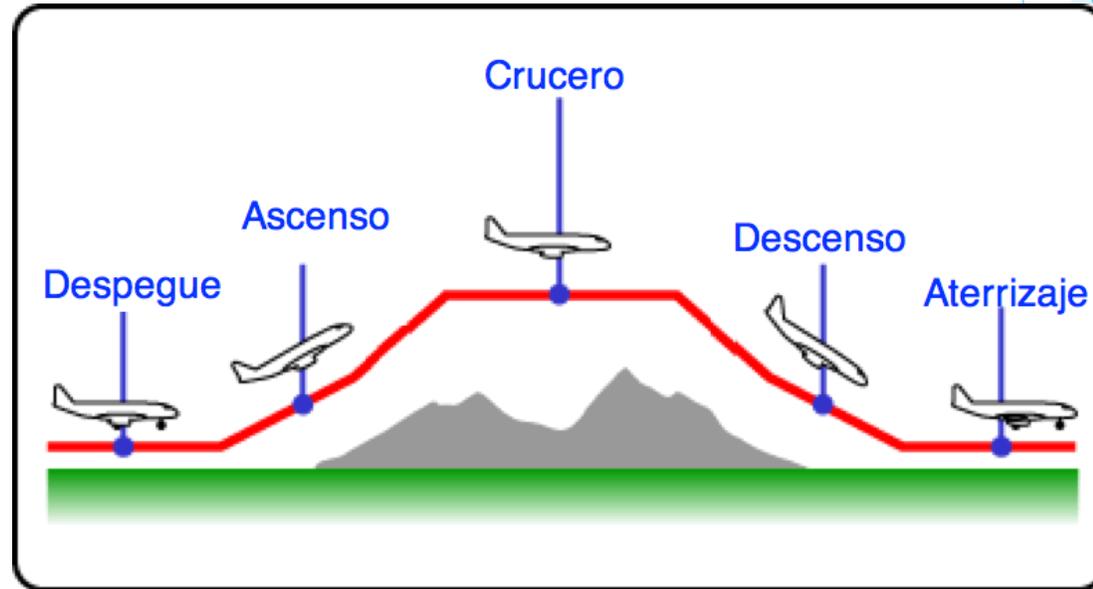


Imagen tomada de: science.howstuffworks.com

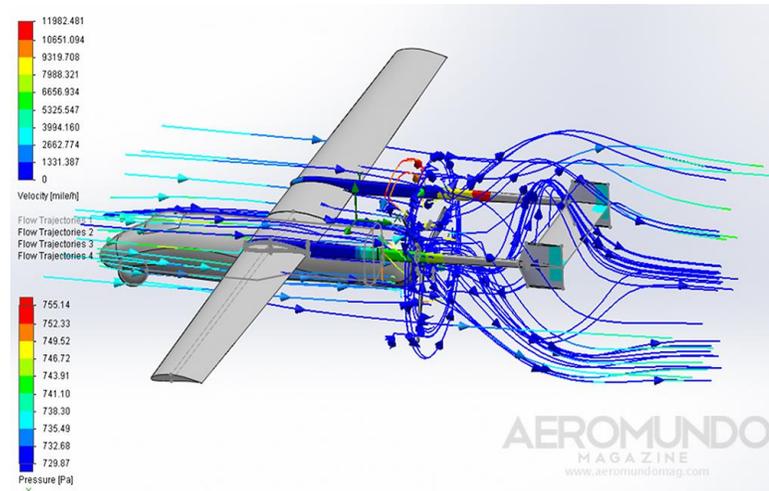
Especificaciones de diseño UAS Tlapixki.

Primera estimación:

- Peso de la aeronave: 50 kg
- Envergadura: 3.5 m
- Motor: motor de combustión interna de 150 cc.

UAV	Envergadura	Autonomía	Carga de Paga	Velocidad	Altitud máxima snmm	Peso Aeronave	Motor
Volcano	3 m	30 min	5 kg	40 km/h	4,000 m	13 kg	Motor eléctrico de CD 2,000W sin carbones, baterías de Li-Po, 20,100 rpm máximo.
Odyssey	4.6 m	3 h	6.4 kg	88.8 km/h	3048 m	63.5 kg	Motor de combustión interna de 150 cc
Thunder Tiger Raptor 90		12 min	3 kg	83.4 km/h		5.2 kg	Motor de combustión interna de 15 cc, combustible basado en metanol con 30% de nitrometano.
ACR Silver Fox	2.4 m	10-20 h	3.6 kg	65-111 km/h	4,876 m	9 kg	
Butterfly	3.5 m	4-5 h	3 kg	70 km/h			
Wing100	2.1 m	45 min	0.9 kg	111 km/h	4,900 m	1.4 kg	Motor eléctrico silencioso sin carbones.

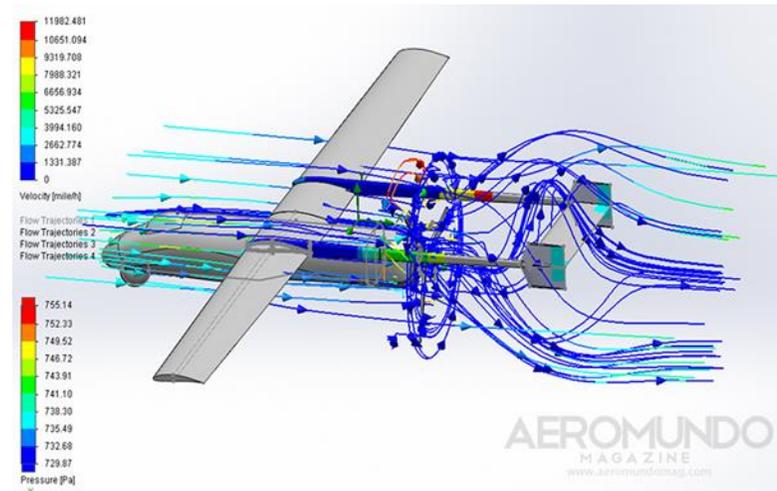
Diseño Aerodinámico.



- ▶ Geometría y configuración de la aeronave.
- ▶ Selección de perfiles aerodinámicos.
- ▶ Análisis de perfiles aerodinámicos.

Geometría del ala y configuración del UAS.

- ▶ Buscando simplificar el análisis aerodinámico y el proceso de manufactura de la aeronave:
 - ▶ geometría rectangular :ala y estabilizador horizontal.

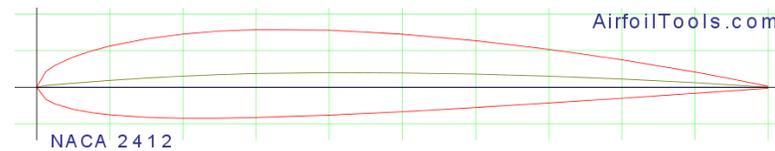
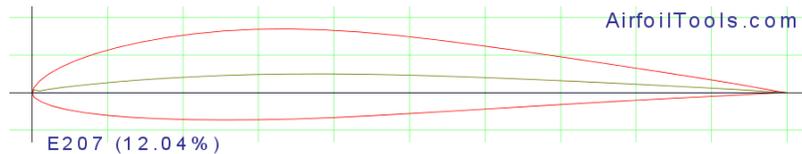


Selección del perfil aerodinámico

- ▶ Ala:
 - ▶ robustos
 - ▶ alto coeficiente de levantamiento
 - ▶ Fácil manufactura
 - ▶ Perfiles propuestos: Naca 24012 y Eppler 207.
- ▶ Estabilizadores horizontal y vertical
- ▶ Perfiles propuestos: Naca 0012 y Eppler 168.

Características de perfiles aerodinámicos.

	Ala		Estabilizador	
	Naca 2412	Eppler 207	Naca 0012	Eppler 168
CL máx	1.6	1.3	1.3	1.2
Cm máx	-0.0069	-0.0023	0.0315	0.0308
Espesor máx	12%	12.04%	12%	12.40%
Combadura máx	2%	2.50%	0%	0%



Análisis aerodinámico del UAS.

El *coeficiente de levantamiento máximo de un ala de envergadura finita* depende del coeficiente de levantamiento máximo del perfil y la longitud de envergadura con flaps.

Además de esto, otros factores a considerar son:

- ❖ Presencia del fuselaje
- ❖ Fuerza necesaria en el estabilizador horizontal para mantener a la aeronave horizontalmente estable.

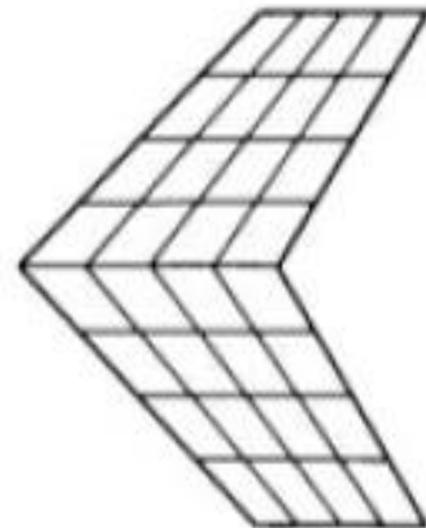
El cálculo del levantamiento máximo comienza con una estimación de la distribución de cargas a lo largo de la envergadura.

- Método “Vortex Lattice” (Patrón de vórtices).

Basados en este método, diversos análisis se hicieron para diferentes combinaciones de los perfiles aerodinámicos, configuración y geometría del ala seleccionados.

Método Vortex Lattice.

Este método similar a la teoría de línea de levantamiento (Lifting Line Theory), diferenciándose en que el método Vortex Lattice efectúa una discretización de líneas de vórtices en la dirección de la cuerda. De esta manera, la superficie a ser cubierta con vórtices es descompuesta en paneles cuadriláteros

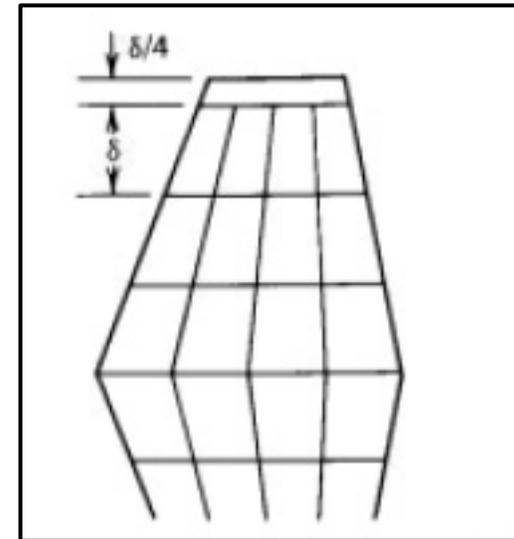
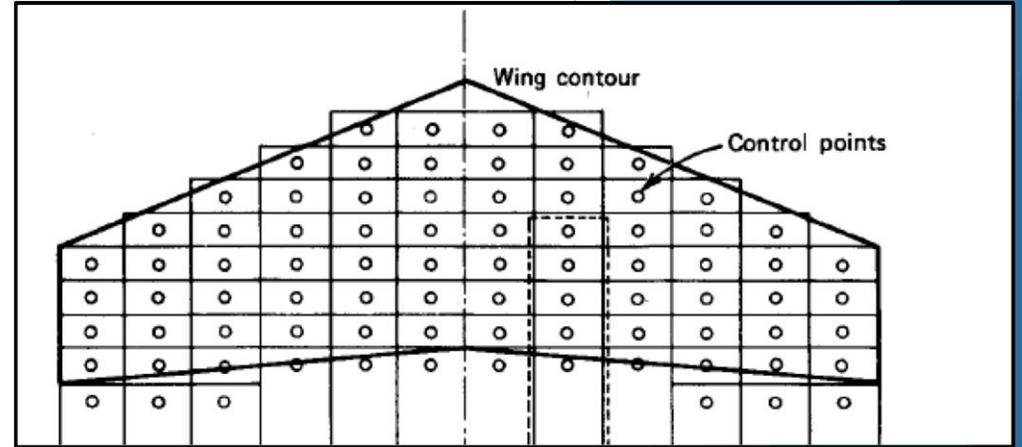


Paneling for the vortex-lattice method.

Método Vortex Lattice.

Cada panel tendrá un vórtice de herradura (Horseshoe Vortex), y por consecuencia se tendrá un sistema de vórtices de herradura. La intensidad de cada vórtice se determina imponiendo la condición de flujo tangencial en el punto medio de los tres cuartos de cuerda de cada panel.

La exactitud de este método para un número determinado de paneles se incrementa si el espesor de los paneles es igual a lo largo de la envergadura, y si los paneles no se extienden hasta las puntas de ala, a una distancia de un cuarto del espesor de los paneles.

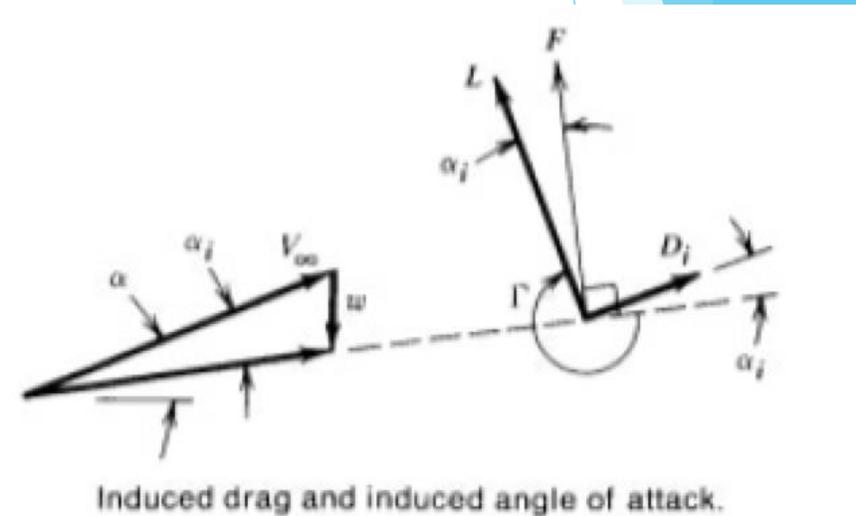


Imágenes tomadas de: "An Introduction to Theoretical and Computational Aerodynamics." Moran, Jack.
"Aerodynamics, aeronautics and flight mechanics." McCormick, Barnes.

Método Vortex Lattice.

Un aspecto único del método Vortex Lattice es la forma en la cual calcula la fuerza y momento en un ala una vez determinados las intensidades de los vórtices. La fuerza en cada panel es calculada aplicando el teorema Kutta-Joukowski al vórtice de unión (bound vortex) de cada panel.

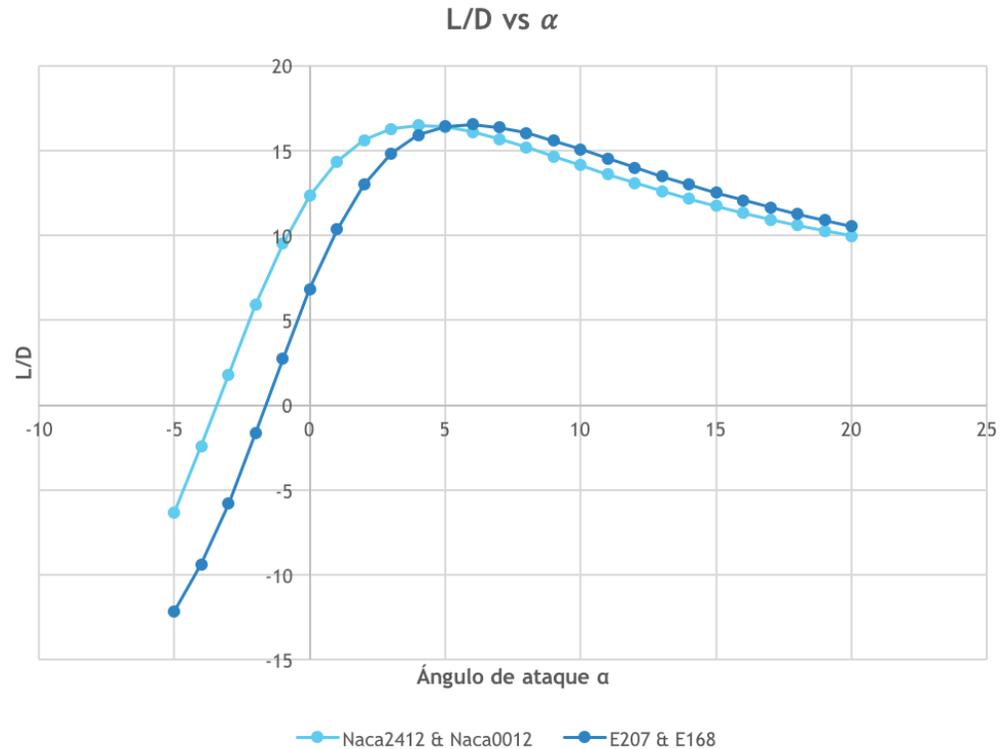
La fuerza en cada panel es perpendicular a la velocidad local efectiva (suma de la velocidad en la corriente libre y la velocidad descendente inducida por los vórtices). Por lo tanto, la fuerza tiene una componente en la dirección de vuelo, dicho de otra manera, cada panel experimenta una fuerza de arrastre. Esta fuerza es llamada *resistencia al avance inducida*, y se debe al flujo descendente inducido por el sistema de vórtice de salida (trailing vortex system).



Resultados del análisis aerodinámico.

De la gráfica L/D vs α ...

Combinación	L/D	alfa (ataque)
E207 & E168	16.53	6°
Naca2412 & Naca0012	16.49	4°

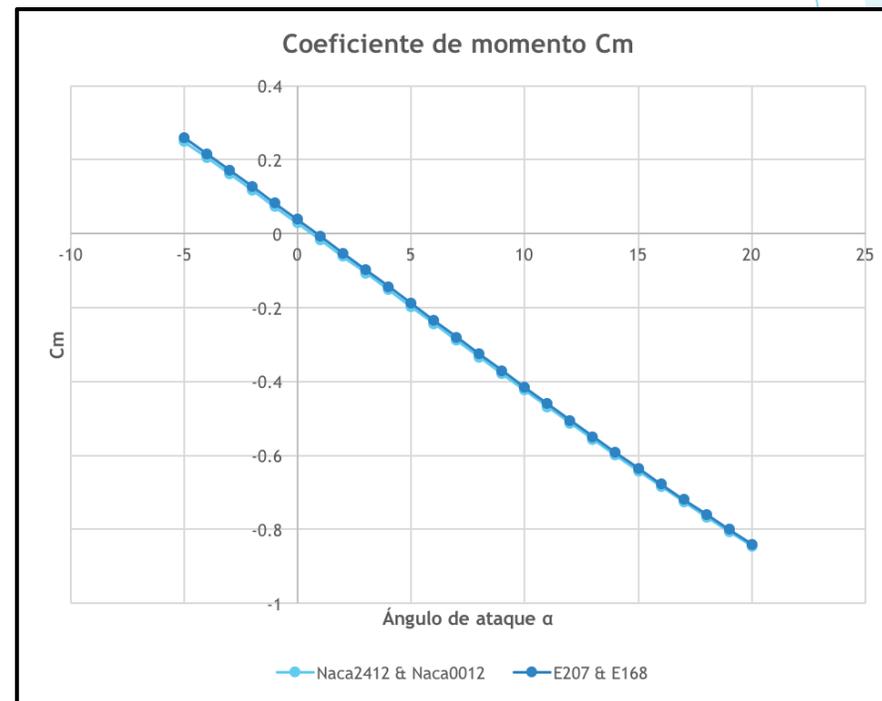


Resultados del análisis aerodinámico.

Gráfica de C_m .

- Ambas combinaciones de perfiles tienen coeficiente de momento (C_m) casi iguales.
- Ambas combinaciones son naturalmente estables.

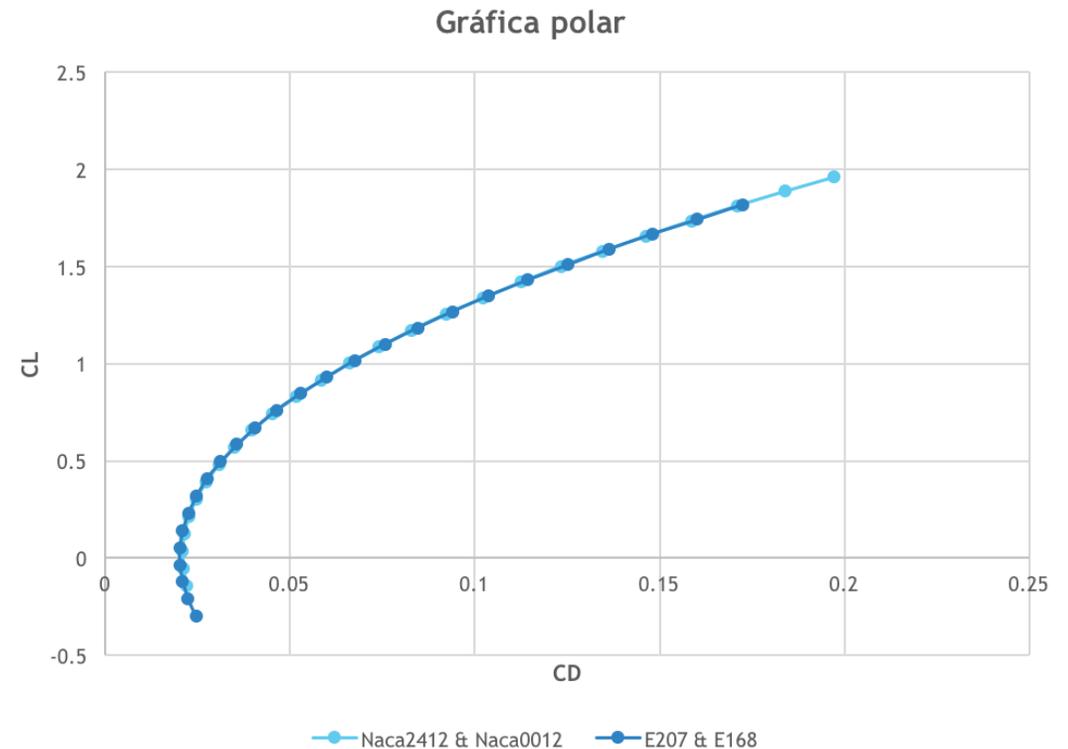
Nota.- Que para el caso de este UAS la condición de estabilidad horizontal es deseada.



Resultados del análisis aerodinámico

Gráfica polar.

Esta gráfica presenta una situación a las gráficas de fineza y C_m , los valores de ambas combinaciones de perfiles son casi idénticas. La combinación de perfiles Naca tiene un valor mínimo de $C_d=0.02093$, el valor de C_d para la fineza máxima es de $C_d=0.03983$. Los perfiles Eppler tienen un valor mínimo de $C_d= 0.2029$ y para fineza máxima de $C_d= 0.04068$.



Conclusiones

El análisis aerodinámicos presentados sugieren que una aeronave con las características geométricas y aerodinámicas tiene la capacidad de volar a una altitud de 7,000 msnmm. Sin embargo con los datos obtenidos se ha estimado una velocidad de desplome de 32 m/s (115 km/h) la cual sobrepasa la velocidad especificada de 25 m/s (90 km/h) establecida al inicio del proyecto para llevar a cabo las funciones de monitoreo. Ante esta situación ***es necesario incrementar el coeficiente de levantamiento de la aeronave o modificar la geometría del ala*** con la finalidad de aumentar la carga alar disminuyendo de esta forma la velocidad requerida para volar y monitorear el volcán.

Nuevos análisis aerodinámicos se están realizando para una ***envergadura de 5m y cuerda de 0.7m***, estas nuevas dimensiones del ala en conjunto con superficies ***hipersustentadoras*** modificarán los valores de carga alar y coeficiente de levantamiento lo que le permitirá a la aeronave tener la misma sustentación con una velocidad menor, lo que al mismo tiempo disminuirá la potencia del motor requerida para las condiciones de vuelo de esta aeronave.

Una vez concluído estos análisis, se procederá a la elaboración de un modelo a escala para pruebas de laboratorio en túnel de viento, con el objetico de validar los datos obtenidos analítica y computacionalmente. Posterior a esto, cálculos estructurales será realizados para proceder con la construcción del prototipo y pruebas de vuelo.

Referencias bibliográficas

- ❖ “Mechanics of flight”.Kermode, Alfred. Pearson Education. 2006.
- ❖ “Aerodynamics, aeronautics and flight mechanics”. McCormick, Barnes. John Wiley & Sons. 1997.
- ❖ “Theory of wing section”. Abbott, Ira. Dover Publications. 1959.
- ❖ “Foundations of aerodynamics”. Kuethe, Arnold et al. John Wiley & Sons. 1998.
- ❖ “An introduction to theoretical and computational aerodynamics”. Moran, Jack. John Wiley. 1984.
- ❖ “Handbook of unmanned aerial vehicles”. Valavanis, Kimon et al. Springer. 2015.
- ❖ “Unmanned aircraft systems”. Austin, Reg. John Wiley & Sons. 2010.
- ❖ “A brief introduction to fluid mechanics”. Young, Donald et al. John Wiley & Sons. 2011.
- ❖ <http://municipiospuebla.mx>
- ❖ <http://cenapred.gob.mx>
- ❖ <http://vulcanologia.geofisica.unam.mx>
- ❖ <http://science.howstuffworks.com>
- ❖ <https://www.grc.nasa.gov>