

# Un museo en el desierto de Arizona

**J. Rubén Morones Ibarra**

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL  
rmorones@fcfm.uanl.mx



## **RESUMEN**

*The Titan Missile Museum en Arizona, EUA, exhibe un misil balístico intercontinental que contenía una bomba termonuclear de nueve megatonas. Este misil es el único de su tipo que no fue desmantelado por los acuerdos de desarme entre los EUA y la URSS, permitiendo que sus instalaciones fueran convertidas en museo. Se resume la historia reciente de los desarrollos tecnológicos militares que comprenden las armas nucleares y los misiles.*

## **PALABRAS CLAVE**

Misiles, Misiles balísticos intercontinentales, Titan II.

## **ABSTRACT**

*The Titan Missile Museum in Arizona, USA, exhibits an Intercontinental Ballistic Missile which contained an hydrogen bomb of nine megatons. This missile is the only one in the world of its type that was not dismantled obeying the Strategy Arms Reduction Talks between USA and the Sovietic Union, allowing that the facilities were used as a museum. A summary of the recent history about the development of nuclear weapons and missiles is also included.*

## **KEYWORDS**

Missiles, Intercontinental Ballistic Missiles, Titan II.

## **INTRODUCCIÓN**

En el Estado de Arizona, EUA, a cincuenta kilómetros de la ciudad de Tucson, se encuentra el museo “Titan Missile Museum”. Este museo es de un tipo único en el mundo ya que en él se puede ver directamente, en su presentación original, la combinación de tecnología para la guerra más avanzada e impresionante de la historia. El edificio del museo corresponde a las instalaciones donde estuvo un misil con una cabeza nuclear. Ahí se exhiben principalmente el misil, del cual se quitó la bomba de hidrógeno que contenía, y el cuarto de control de este artefacto que es del tipo de misil intercontinental. Visité este museo en septiembre de 2008, invitado por el Dr. Ubirajara van Kolck, profesor del Departamento de Física de la Universidad de Arizona en Tucson. La visita al museo revive aspectos de una parte de la historia mundial reciente, en la que la humanidad vivió momentos de gran tensión por la amenaza de una tercera guerra mundial y que por ningún motivo deberían repetirse. El recorrido es impactante, provocando una sensación de escalofrío por lo que significaron en su momento sus instalaciones y por la autenticidad del equipo que se exhibe.

Para comprender mejor lo que este museo representa y poder apreciar en su exacta dimensión las enseñanzas que se extraen al visitarlo, es conveniente echar un vistazo a la historia reciente de la humanidad asociada con el desarrollo de las armas nucleares y los misiles y hacer un breve recuento de los momentos dramáticos que vivió la humanidad durante la guerra fría.

## LOS MISILES

Un misil es, en general, un cohete autopropulsado que transporta una bomba, la cual puede consistir de un material explosivo convencional o un arma de destrucción masiva como armas que liberan material químico o biológico o armas nucleares.

Los primeros misiles fueron desarrollados por Alemania durante la segunda guerra mundial. Este avance tecnológico de la industria de la guerra fue logrado en un centro de investigación ubicado en Peennemunde, una pequeña población del norte de Alemania. El director del proyecto de diseño y fabricación de misiles era Wernher von Braun, quien logró un avance tecnológico considerable con el desarrollo de los cohetes V-2.

Los misiles V-2 fueron el producto tecnológico más desarrollado por el equipo de Wernher von Braun. Estos cohetes podían transportar una carga de una tonelada de explosivos hasta un blanco distante 350 kilómetros. Estos cohetes no eran muy precisos pero el daño psicológico causado al enemigo era enorme. Dado que son supersónicos, golpeaban la superficie de la tierra en un silencio total, sin previo aviso, abriendo un inmenso hoyo por el impacto.



Fotografía 1. Vista exterior del museo The Titan Misil Museum. En la parte de arriba del poste se encuentran tres focos. Si las tres luces están en verde indica que nos podemos acercar con seguridad. En amarillo indica precaución y en rojo peligro, nadie debe aproximarse al área. La entrada al subterráneo donde se encuentra el misil y el cuarto de control de este, está al pie del poste.

Después del impacto llegaba una estruendosa onda de sonido, la onda de choque, que aun cuando no producía una destrucción adicional, causaba pánico. De estos cohetes, lanzados desde Alemania, cayeron miles sobre Londres y otras ciudades europeas.

Los V-2 no eran muy efectivos, desde el punto de vista de su poder destructivo sobre los blancos preestablecidos, pues su Círculo Probable de Error era de más de dos kilómetros. Teniendo en cuenta que el daño causado por estos misiles era más por impacto (por su elevada energía cinética), que por explosión, este error era muy grande. El Círculo Probable de Error se define como el radio de un círculo centrado en el blanco, dentro del cual cae el 50% de los misiles.<sup>1</sup>

Los misiles modernos de largo alcance, conocidos como ICBM (Inter-Continental Ballistic Misil) tienen un Círculo Probable de Error de 300 metros, lo que no hace prácticamente ninguna diferencia con acertar en el blanco, ya que transportan armas nucleares, entre las que se cuentan las bombas de hidrógeno.

Los cohetes modernos tienen sus orígenes en el V-2. La URSS y EUA, apoyados con los ingenieros y científicos alemanes capturados en la segunda guerra mundial, desarrollaron versiones mejoradas de los V-2. Una versión moderna de estos misiles fueron los misiles Scud, los cuales se hicieron famosos durante la guerra del Golfo Pérsico de 1991, siendo usados por Irak y los misiles Patriot de EUA que interceptaban a los Scuds.<sup>1</sup>

## CAPTURA DE WERNHER VON BRAUN

En enero de 1945, Wernher von Braun se encontraba en el centro de investigación de Peennemunde, donde era el director del proyecto de fabricación de misiles, cuando le informaron que Alemania estaba a punto de rendirse. Los informes indicaban que el ejército soviético había entrado a Alemania avanzando del norte hacia el sur, mientras que el ejército estadounidense avanzaba de sur a norte. Temeroso de ser capturado por los soviéticos, von Braun decidió llevarse a su equipo de trabajo junto con sus familias que vivían también en el campo de investigación, hacia el sur, para encontrarse con el ejército norteamericano y rendirse a ellos. Más de 500 personas, viajaron en carros y camiones hacia las montañas y ahí se ocultaron en



Wernher Magnus Maximilian Freiherr von Braun  
[Wirnitz, Alemania 1912 - Alexandria, USA 1977]

una pequeña población donde permanecieron hasta que terminó la guerra.<sup>2</sup>

El inmenso convoy llevaba una gran cantidad de equipo y de información sobre el proyecto de cohetes en el que estaban trabajando. Cuando se enteraron del suicidio de Hitler, el 30 de abril de ese año, von Braun y su grupo salieron de su escondite. Envió a su hermano Magnus von Braun a buscar al ejército norteamericano para manifestarles su decisión de rendirse. Cuando Magnus encontró a un grupo de militares estadounidenses, les dijo que era hermano del inventor del cohete V-2 y que se rendían ofreciendo un importante arsenal de guerra y cohetes V-2, además de la información técnica que traían con ellos. El general norteamericano Dwight Eisenhower, que después sería presidente de los Estados Unidos, estaba al mando del ejército norteamericano que ocupó Alemania y ante quien se rindió el equipo de von Braun. Eisenhower fue el encargado de la captura, obteniendo así un invaluable botín de guerra.<sup>2</sup>

## LA GUERRA FRÍA

Al período comprendido entre los años 1945-1990 se le conoce en nuestra historia como la época de “La Guerra Fría”. En este período de nuestra historia reciente, las superpotencias surgidas de la segunda guerra mundial, se embarcaron en una carrera armamentista que trajo consecuencias desastrosas para la humanidad. Se presentaron guerras localizadas en todo el mundo: en Asia, África y América Latina. El colapso de la URSS y la quiebra financiera actual, son secuelas de esa época.

Durante el período de la guerra fría ambas superpotencias vivieron en permanente alerta cuidándose una de la otra. Los programas militares tuvieron un amplio apoyo económico, desarrollándose costosos proyectos. Entre estos proyectos se encontraba el diseño de misiles de largo alcance, ahora llamados misiles balísticos intercontinentales (ICBM por sus siglas en inglés)

Los misiles, junto con las armas nucleares, proporcionan la combinación perfecta para convertirse en líder mundial indiscutible en el campo militar. El desarrollo de cohetes veloces, que no puedan ser interceptados y con capacidad para transportar bombas nucleares brinda a quien los posea, una superioridad militar sobre los demás. Esta fue la razón de la intensa investigación emprendida para desarrollar misiles cada vez más sofisticados y poderosos. La defensa antiaérea de un país puede derribar cualquier tipo de avión, pero no un misil de alta velocidad o un ICBM. Es por esto que un ataque con armas nucleares será realizado necesariamente con misiles.

## LOS MISILES MODERNOS

Con la captura de von Braun y su equipo, los EUA iniciaron el programa de desarrollo de los misiles modernos. Por otro parte, el ejército de la URSS tomó el campo de investigación de Peennemunde donde se fabricaban los cohetes V-2, y se apoderó de miles de estos cohetes. Apoyándose en la información obtenida con la captura de estos cohetes, la URSS desarrolló su propio programa de fabricación de misiles.<sup>3</sup>

El intento de lograr un mayor alcance y precisión en el lanzamiento de los misiles continuó durante la guerra fría y continúa todavía. Entre las innovaciones hechas a los V-2 se cuenta la de los misiles guiados, los cuales llevan a bordo equipos e instrumentos, entre ellos un GPS (Global Positioning System) que les permiten detectar cambios en la trayectoria previamente establecida al momento de su lanzamiento y usar esta información para corregir su rumbo. Con esto se aumenta la precisión y se evita el uso de señales externas, las cuales pueden ser interceptadas por el enemigo, modificando la información y desviando al cohete.



Fotografía 2. Vista del misil desde la ventana exterior por donde saldría lanzado el misil.

Después se desarrollaron los misiles IRBM (Intermediate Range Ballistic Missile) misil balístico de alcance intermedio, con un alcance de 2000 kilómetros.<sup>3</sup> El desarrollo de estos misiles fue lo que condujo al mundo a la crisis cubana de los misiles de 1962 en la que se estuvo al borde de la tercera guerra mundial. Como si se tratase de una partida de ajedrez, las dos superpotencias buscaban posicionarse mejor en el dominio del mundo. La existencia de bases militares de EUA en Italia y Turquía, donde EUA emplazó estos misiles, le permitían a EUA hacer blanco en la URSS con sus armas nucleares. La URSS no tenía la posibilidad de atacar de la misma manera a EUA debido a que sus bases militares estaban en Europa, y buscó el apoyo de Cuba para colocar ahí sus misiles IRBM. Esto desató el conflicto entre las dos superpotencias, el cual terminó con un acuerdo entre ambas. La URSS retiró sus misiles de Cuba y los EUA los retiró de Italia y de Turquía.

Sin embargo, ambas potencias continuaron con su locura de desarrollar misiles de más largo alcance. Esta búsqueda de nuevas opciones para atacar al enemigo desembocó en el desarrollo de los Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBM, por sus siglas en inglés). Estos misiles, con un alcance de 12,000 kilómetros, permitirían a cada país atacar al otro con armas nucleares, desde sus respectivos países, sin necesidad de países intermediarios.

Ambas potencias buscaban protegerse del ataque de la otra. Un inconveniente de los primeros ICBM era que se “almacenaban” en posición horizontal. Para dispararlos, había que colocarlos en posición vertical, cargarlos de combustible y lanzarlos. La colocación horizontal de los misiles los hacía muy vulnerables. Lo primero que trataría de localizar y atacar el enemigo serían estas armas, por ser las más poderosas. Un ataque sorpresa del enemigo, al estilo del ataque japonés a Pearl Harbor, dejaría al que lo sufriera prácticamente indefenso frente al otro.

Este hecho llevó a la idea de almacenar los ICBM sepultándolos en inmensas cavidades, a las que se les llamó silos. Construidos con gruesas capas de concreto y protegidos con capas de acero, un silo es una estructura tan firme que la única manera de destruir al misil en su “bodega” de almacenamiento es que una bomba nuclear explote directamente en el lugar. El silo contenía también un elevador que subía al misil a la superficie para cargarlo de combustible y dispararlo.<sup>4</sup> Una innovación posterior fue la de poder lanzar el misil desde su silo.<sup>5</sup> A este tipo de misil pertenece el que se encuentra en el museo de Arizona.

Toda esta larga introducción histórica tiene el propósito de mostrar el panorama que se presentó en el mundo durante la Guerra Fría y entender mejor el significado de este museo que muestra un misil ICBM real, y pavoroso por el daño que pudo haber causado a la humanidad.



Fotografía 3. Bloques de concreto que evitan que la ventana por donde sale el misil se abra más de la mitad, impidiendo su lanzamiento. Los satélites rusos vigilaban que estos bloques se encontraran en su lugar, lo que significaba que no había planes de lanzamiento. Si se observaba que estuvieran movidos esto implicaría que se preparaba el lanzamiento del misil.



Fotografía 4. Entrada a la cabina de control. Turistas entrando a visitar la cabina que se encuentra a 60 metros de profundidad.

## EL MUSEO DE ARIZONA

El misil del Titan Missile Museum en Arizona, es del tipo Titan II. Se trata de un ICBM capaz de ser lanzado sesenta segundos después de dada la orden, llevando una bomba de hidrógeno de nueve megatones y recorrer doce mil kilómetros en treinta minutos para alcanzar su blanco. En su trayectoria, el misil se eleva hasta las capas superiores de la atmósfera terrestre y regresa para liberar su carga mortal en su objetivo. El poder destructivo de esta sola bomba es mayor que el de todas las bombas lanzadas durante la segunda guerra mundial, incluyendo las bombas de Hiroshima y Nagasaki.

En otro tiempo, en los años de la guerra fría, estuvo ahí escondido en medio del desierto de Arizona, constituyendo uno de los secretos más cuidados y protegidos del gobierno y los militares de los Estados Unidos. Lo que queda ahí, en medio de la nada, en las entrañas de la tierra son los restos de lo que fue un misil que transportaba el arma más mortífera creada por el hombre. Se cavó un inmenso hueco en la tierra para alojar al impresionante misil y a su lado hay otra inmensa cavidad donde se encuentra el cerebro del misil, que es el cuarto de control.

Desde el año de 1963, cuando fue terminada su construcción, hasta 1987, año en el que fue desactivado, ahí, a más de treinta metros bajo tierra, en una estructura colosal de concreto, que fue la plataforma de lanzamiento estuvo la bomba nuclear más poderosa construida hasta ahora. El

misil que está ahí, contuvo originalmente una ojiva termonuclear. El lugar es ahora un museo donde muestran el misil, al cual se le ha quitado la bomba, y el cuarto donde se encuentran los controles para activar y dirigir el misil. Los ocupantes de la cabina de control se mantuvieron en alerta permanente, las 24 horas del día, todos los días del año, listos para lanzar el misil en caso de recibir la orden desde Washington DC. Se disponía también de un almacén con alimentos suficientes para permanecer sin salir de la cabina durante treinta días.

Los EUA y la URSS firmaron un acuerdo de reducción de armas estratégicas, el cual incluía la destrucción de todos los misiles del tipo Titan II, que poseía EUA. Como parte de ese acuerdo, se estableció que el misil del museo de Arizona, fuera desactivado y se dejara, junto con el silo y todas sus instalaciones, como una pieza de museo. Fue el único que no fue desmantelado, quedando como un sobreviviente de esa infraestructura militar de EUA y como un monumento a la insensatez humana. De este tipo de misiles e instalaciones existieron 54 en EUA, localizados en diferentes lugares secretos,<sup>6</sup> teniendo cada misil tres blancos asignados, en alguna parte de la URSS, a los que podía ser dirigido.

Este tipo de misiles son impulsados por combustible líquido y fueron usados, después de su desactivación, en los programas espaciales, para entrenamiento de astronautas y lanzamiento de naves espaciales.



Fotografía 5. Señalamiento de seguridad que indica que no está permitido que alguien este solo en el área. Esta política evitaría que alguien tomara una decisión catastrófica. La idea es que al menos uno vigile al otro (por si alguno de ellos le da un ataque de locura y activa el mecanismo de lanzamiento del misil).



Fotografía 6. La computadora que controla el lanzamiento. Se requieren dos llaves y una clave para que se produzca el inicio del lanzamiento. Este inicio consiste en la liberación del combustible para que empiece a mezclarse con el material oxidante y se inicie la combustión para la propulsión del misil y su lanzamiento.

## UNA VISITA AL MUSEO

Durante la visita al museo se impone la necesidad del silencio; solo se escucha la voz del guía que con sus explicaciones nos deja a todos pasmados, sin poder hablar, ante lo asombroso de la información. Menciona que el misil tenía un menú programado de tres blancos, numerados del 1 al 3, todos ubicados en el territorio de la URSS. Con solo presionar el botón correspondiente se selecciona el blanco sobre el cual caerá la destrucción total y la muerte. Hacer desaparecer una ciudad, con todo lo que en ella se encuentra, incluyendo decenas o cientos de miles de personas inocentes que morirán en la explosión no puede ser justificado de ninguna manera. La sola idea de imaginar que el misil sale por la ventana llevando su carga mortífera, es aterradora.

Estar oyendo las explicaciones y parte de la historia de los sucesos de la guerra fría, así como estar viendo al cohete que transportaría la bomba es algo espeluznante. Inmediatamente comprende uno la diferencia entre leer una información sobre algo y estar en el terreno de los hechos. Para quienes tenemos alguna información de lo ocurrido en Hiroshima y Nagasaki el relato reviste proporciones macabras. Todo lo que menciona el guía lo vivió el mundo, fue una realidad que se vivió en este lugar.

El guía del museo, queriendo hacer más participativa la visita, pide a alguien que se siente

en el tablero de control y que seleccione un blanco. El voluntario coloca la llave en la consola, presiona el botón correspondiente al blanco número 3 y gira la llave. Entonces el guía dice: “dentro de menos de sesenta segundos el misil saldrá disparado y entre treinta y cuarenta minutos a ocho mil millas de aquí todos los que se encuentren ahí morirán y todo lo que esté ahí desaparecerá”.

Por supuesto que el mecanismo para activar el lanzamiento del misil está plagado de códigos secretos. En una caja de seguridad se encuentra un código que permite activar la válvula, llamada “mariposa”, la cual inicia el lanzamiento. Dentro de esta caja de seguridad se encuentra también la información necesaria para corroborar que algún mensaje enviado desde la presidencia del país, en Washington, es auténtico. Para abrir la caja de seguridad se requieren dos combinaciones. Cada persona conoce solo una de ellas. Por esto se requieren necesariamente dos personas para tener acceso a la clave para activar la válvula.

Toda la cabina de control está protegida contra un bombardeo externo. Se encuentra descansando sobre unos gigantescos y potentes resortes capaces de absorber un impacto del tipo nuclear que pueda ocurrir cerca de la cabina. El complejo podría soportar el estallido, en la parte superior, de una bomba atómica con un poder destructivo de ocho veces la de Hiroshima.



Fotografía 7. Todo la cabina de control está protegida contra un estallido externo; un bombardeo, por ejemplo. El resorte que se muestra es uno de los tantos que absorbería la explosión de una bomba, por un ataque, fuera de la cabina de control, sobre la superficie terrestre, protegiendo el cerebro del misil que es la cabina de control.

Salí del museo consternado y con la idea de que la exhibición del misil es una especie de homenaje a lo que nunca debió haberse hecho. La locura de la Guerra Fría llevó a los militares a los extremos del absurdo. Estaban convencidos de que al asegurar la mutua destrucción entre EUA y la URSS, se garantizaba la paz. Para garantizar esta mutua destrucción se invirtieron cantidades impresionantes de dinero, recursos humanos y esfuerzos en general, en el desarrollo de armas de destrucción masiva. Esa época quedó también marcada por la práctica permanente del espionaje mutuo, de todo tipo, que incluía a los satélites espías, los cuales vigilaban los movimientos de tropas de la contraparte, el desarrollo de armamento y de bases militares.

### COMENTARIOS FINALES

Durante la Guerra Fría, el mundo vivió momentos angustiantes. Entre los momentos más críticos encontramos el de la crisis de los misiles de octubre de 1962. Esta crisis se presentó debido a que la URSS tuvo un acuerdo con el gobierno cubano para instalar una base militar con misiles transportando armas nucleares en suelo cubano. La situación llegó a extremos de tensión política y militar entre la URSS y EUA, pero afortunadamente ambas superpotencias llegaron a un acuerdo.

El momento más crítico en la operación de las instalaciones del misil, se alcanzó el 22 de noviembre de 1963, cuando fue asesinado el presidente John F. Kennedy. En esa ocasión, en la cabina de control se recibió la orden de que se colocaran las llaves en el tablero, preparándose para un posible lanzamiento del misil. La razón de esta decisión fue que inicialmente se pensó en el gobierno de EUA que el asesinato de Kennedy era un acto de guerra de la URSS, para pasar luego a un ataque nuclear. Así andaban las cosas con la paranoia y la psicosis de guerra con la que vivía en ese tiempo no solo el gobierno norteamericano, sino también su población, y por supuesto, otro tanto ocurría en la URSS.

Los programas de defensa y espionaje abundaban en ambas potencias. En los EUA funcionó un programa de espionaje satelital conocido como MIDAS (Misil Defense Alarm System). El propósito de este programa era espiar constantemente los lugares donde se localizaban los misiles soviéticos.

Si se detectaba que un misil había sido lanzado, inmediatamente se daba la orden de respuesta, de contraataque, con el lanzamiento en cadena de misiles con ojivas nucleares. Entre los militares se conocía a este sistema como MAD (Mutually Assured Destruction). Los militares jugaban con las palabras, el nombre secreto del programa, MAD se puede traducir como LOCO al español.

La idea detrás del proyecto MAD es que si uno de ellos ataca disparando un misil, los sistemas de espionaje del otro detectan al misil en vuelo y automáticamente se activan las órdenes de lanzamiento para sus propios misiles con cabezas nucleares. En las noticias para el público se le conoció a este programa militar como Doctrina de Disuasión, bajo la idea de que ¿a quién se le puede ocurrir atacar al otro si de forma automática será atacado su propio país con armas nucleares y por supuesto destruido? Según algunos políticos, el haber llegado a esta situación de autodestrucción asegurada, ha convertido al mundo en un lugar más seguro. A estos niveles de demencia se llegó durante la guerra fría y así de cerca estuvo la civilización de autodestruirse.

El refugio del alto mando del ejército norteamericano, su “bunker”, se encontraba en las montañas del Estado de Colorado. El lugar se conocía secretamente como NORAD (North American Aerospace Defense Command).<sup>7</sup> En un inmenso socavón se construyó una ciudad subterránea. Consiste de 15 edificios de acero donde todavía trabajan mil cien personas las 24 horas del día, conectadas a satélites espías vigilando todo el espacio



Fotografía 8. La ventana por donde saldría el misil, se encuentra abierta a la mitad, para evitar el lanzamiento accidental.

aéreo de la Tierra con una capacidad de resolución de diez centímetros. La lista de los lugares y sistemas de defensa es bastante larga y por supuesto los rusos tendrán sus correspondientes sistemas y refugios. No podemos ni siquiera imaginarnos el costo impresionante de todo este equipo militar, pero es del orden de miles de millones de dólares cada mes.

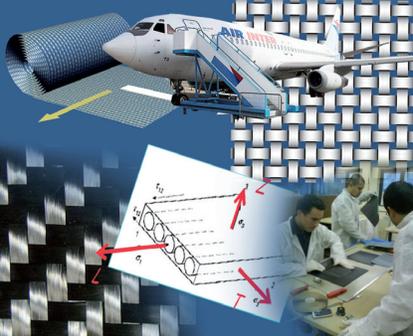
A quienes nos tocó vivir los acontecimientos de la guerra fría, no podemos dejar de asombrarnos de los momentos de peligro que vivió el mundo. Los gobernantes de las superpotencias junto con los militares, enloquecieron totalmente y el mundo vivió en un pánico constante. Es imperativo que los jóvenes de hoy conozcan esa parte de nuestra historia universal para que extraigan de ella las enseñanzas que los hagan participar en una cruzada mundial por la paz y por el desarme nuclear.

## BIBLIOGRAFÍA

1. A. Boudoin von Riper, *Rockets and Missiles*, Greenwood Press, (2004).
2. Von Braun, Michael J. Neufeld, Alfred A. Knopf, (2007).
3. Willy Ley, *Rockets, Missiles and Space Travels*, Buccaneer Books, (1994).
4. Wernher von Braun and Frederick I. Ordway III, *The Rokets' Red Glare*, Anchor Press, (1976).
5. Joan Johnson, Freese and Roger Handberg, *Space Age*, Praeger Publishers, (1997).
6. William J. Walter, *Space Age*, Random House, Inc. (1992).
7. Howard Morland, *The Secret that Exploded*, Random House, Inc. (1981).
8. Titan Missile Museum, homepages: <http://www.titanmissilemuseum.org>





## Design of Composite Structures for Aeronautics

Diplomado

9 al 13 de Noviembre 2009, 5:30 pm a 9:30pm

Presentado por:

**Dr. Jean Christophe Wahl**

Maître de conférences- Assist. Prof., Université Bordeaux I, IUT, France

**Objetivo del diplomado**

Proporcionar los conocimientos relacionados con el cálculo, diseño y fabricación aplicados en los materiales compuestos los cuales son de suma importancia para la desarrollo de componentes aeronáuticos con mejores propiedades mecánicas tales como: ligereza, resistencia al esfuerzo, resistencia a la corrosión; que permitan obtener los parámetros de confiabilidad y seguridad requeridos en el sector aeroespacial.

**Lunes 9 de Noviembre**

**Introduction.**

Fibers, Matrix and Ply properties  
Processing and manufacturing of composites parts  
Applications in space & aeronautic fields

**Martes 10 de Noviembre**

**Composites structures Design Rules**

Shape / processing relations  
Qualitative choice of fibers orientations  
Sandwich structures  
Assembly design

**Miércoles 11 de Noviembre**

**Mechanics of composites**

Introduction to Laminated Plate Theory  
Application for In-Plane loading in laminated plate  
Failure criteria (Max-stress, Tsai-Hill, Tsai-Wu)

**Jueves 12 de Noviembre**

**Preliminary Design of Composites Part**

Materials & Laminate selection.  
In this part, software developed by professor Tsai (Stanford University) is used. This software needs only computers with Microsoft Excel.

**Viernes 13 de Noviembre**

**Preliminary Design of Composites Part**

Materials & Laminate selection.  
Demonstration  
Various exercises



FIME  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

M.C. Esteban Báez Villarreal  
Director de la FIME-UANL

Mayores Informes  
Tel 83294020 Ext 5770  
[diplomados\\_posgrado@fime.uanl.mx](mailto:diplomados_posgrado@fime.uanl.mx)



Visión 2012  
UANL  
"Solución con visión, Valor con pasión"