

117
2 es.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

“COMUNICACIONES, ANALISIS ESTRUCTURAL Y
SISTEMATICO DE LA ESTACION ESPACIAL MIR”

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
MARIA MONICA SOSA GOMEZ

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

26 45 49.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones.

"Análisis Estructural y Sistemático de la Estación Espacial Mir"

que presenta la pasante: María Mónica Sosa Gómez

con número de cuenta: 8840039-0 para obtener el Título de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 30 de Junio de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Marquez</u>	<u>Alfonso Contreras Marquez</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Vega</u>	<u>Juan Gonzalez Vega</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Vicente Magaña Gonzalez</u>	<u>Vicente Magaña Gonzalez</u>

TE AGRADESCO DIOS:

POR HABERME DADO EL VIENTRE DE MI MADRE
PARA CRECER FUERTE, DENTRO Y FUERA DE EL
POR HABERME DADO SU AMOR, APOYO Y SABIDURIA.

POR HABERME DADO LOS BRAZOS FUERTES DE MI PADRE
QUE ME HAN SOSTENIDO Y QUIADO EN TODO DESDE NIÑA.
POR HABERME DADO SU COMPRESION, PE Y ALEGRIA.

POR HABERME DADO A MIS CUATRO HERMANAS,
PATRICIA, MARIA ELENA, ROSINA Y ADRIANA
QUE ME HAN ATUDADO SIEMPRE EN TODO,
QUE ME HAN DADO LO MEJOR DE ELLAS
Y QUE HAN FORMADO PARTE DE LO QUE SOT HOY EN DIA.

POR HABERME DADO AMIGOS SINCEROS,
QUE ME HAN DRINDADO SU CARINO Y
A PESAR DEL TIEMPO NO HAN SOLTADO MIS MANOS:
EN MOMENTOS DIFICILES LAS HAN TOMADO CON FUERZA
Y EN MOMENTOS FELICES, CON ALEGRIA Y DELICAZEZA

GRACIAS POR TANTO AMOR.

ESTE TRABAJO ES EL FRUTO DE DOS PERSONAS QUE SE AMAN
Y QUE HAN LUCHADO DURANTE 26 AÑOS PARA VER ESTE DÍA Y
QUE NO DEJARAN DE LUCHAR PARA VER LOS QUE FALTAN.

MIS PADRES

JOSE SOSA VILLANUEVA Y MERCEDES G. GOMEZ CRUZ

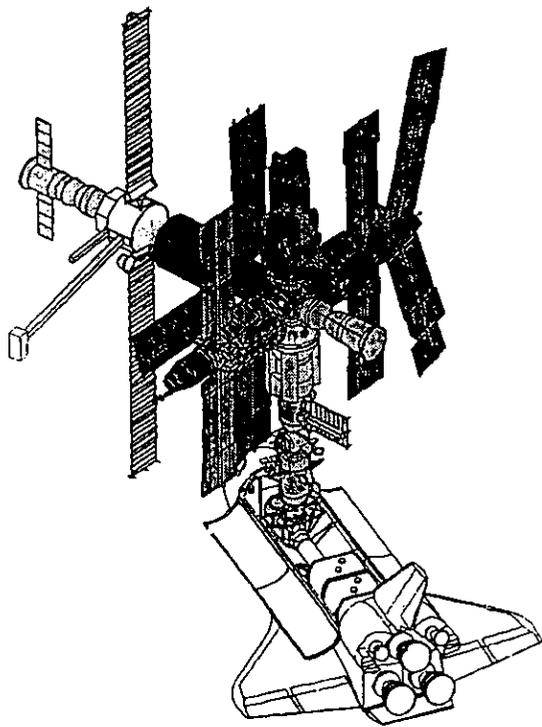


GRACIAS A MI CASA DE ESTUDIOS,
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, POR
OTORGARME UN LUGAR EN LAS ANGLAS DE MI FACULTAD,
LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUANTITLAN
EN DONDE ME FORME COMO INGENIERA Y DONDE CONOCI
A LOS MEJORES AMIGOS Y PROFESORES, GRACIAS POR TODO.



GRACIAS POR ESTAR CONMIGO HOMBRO CON HOMBRO,
PAGINA A PAGINA SIN IMPORTAR LOS DESVELOS, LOS DIAS,
NI NADA MAS QUE LOGRAR ALCANZAR ESTE ANHELO JUNTOS.

J. ALBERTO RAMIREZ AGUILAR



INDICE

OBJETIVO	1
INTRODUCCION	2
TEMARIO	
I. PRIMERAS ESTACIONES ESPACIALES	
1.1.- Estación Espacial "Skylab".	5
1.2.- Estaciones espaciales "Salyut".	15
II. ANALISIS DE LOS ELEMENTOS ORBITALES Y PARAMETROS BASICOS DE LA ESTACIÓN ESPACIAL "MIR".	
2.1.- Geometría de la elipse orbital.	29
2.2.- Cálculo de la excentricidad.	32
2.3.- Cálculo de la anomalía de excentricidad.	34
2.4.- Cálculo de la velocidad.	36
2.5.- Cálculo del periodo.	39
2.6.- Frecuencias de radio	44
III. ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SUBSISTEMAS DE LA ESTACION ESPACIAL "MIR".	
3.1.- Patrones de interconexión de módulos.	46
3.2.- Descripción del módulo principal Mir Core.	50
3.3.- Descripción del módulo Kvant-1	53
3.4.- Descripción del módulo Kvant-2	54
3.5.- Descripción del módulo Kristall	56
3.6.- Descripción del módulo Spektr	57
3.7.- Descripción del módulo Docking	58
3.8.- Descripción del módulo Priroda	61
IV. EL ORBITADOR ESPACIAL "SPACE SHUTTLE" COMO VEHICULO DE SERVICIO DE LA ESTACION MIR".	
4.1.- Estructura general del orbitador	64
4.2.- El orbitador como sistema de lanzamiento	66

V. REALIZACION DE ACTIVIDADES EXTRAVEHICULARES (EVA).

5.1.- Unidad Extravehicular de Movilidad (EMU) para la realización de EVA's.	70
5.2.- Equipo necesario para la realización de EVA's.	76

VI. LA ESTACION ESPACIAL "MIR" COMO PUNTO DE PARTIDA HACIA UNA ESTACION ESPACIAL INTERNACIONAL. 80

CONCLUSIONES	89
---------------------	----

APENDICE	91
-----------------	----

BIBLIOGRAFIA	94
---------------------	----

OBJETIVO

Proporcionar los elementos y requerimientos necesarios para comprender el funcionamiento de una Estación Espacial Internacional, tomando como base la estación experimental rusa Mir.

INTRODUCCIÓN

Estación espacial: las palabras traen a la imagen de una enorme estructura con forma de rueda como las halladas a menudo en las portadas de las revistas de ciencia ficción. Tal estructura fue descrita magníficamente como Estación Espacial 5 en la película 2001: Odisea del espacio.

Pero las estaciones espaciales no están solo en la imaginación de los escritores. Los éxitos del programa Skylab de los Estados Unidos y del programa Salyut de la ex Unión Soviética fueron importantes pasos para llevarlas a la práctica. La última tripulación del Skylab estuvo en órbita 84 días, estableciendo una marca de permanencia humana en el espacio y probando que el hombre puede vivir y trabajar en él en lapsos prolongados.

En julio de 1975, la exitosa culminación de del Proyecto de Prueba Apolo-Soyuz fue otro paso importante. Este proyecto conjunto soviético-americano, el primer esfuerzo internacional de cooperación espacial, fue el resultado de tres años de planeamiento, reuniones, sesiones de práctica y modificaciones de equipos. El trabajo preliminar abrió canales de comunicaciones a los científicos e ingenieros espaciales y les permitió familiarizarse con el equipo de otro país. Tales pasos conducen al desarrollo de una estación espacial práctica y a la capacidad de mantenerla un poco más cerca de la realidad.

Ahora antes que nada, una estación de esta clase es una nave espacial orbital. Debe ser puesta en órbita alrededor de la Tierra o de algún otro cuerpo, tal como la Luna. Esto, por supuesto la convierte en una especie de satélite artificial.

En segundo lugar, una estación espacial se proyecta, construye y mantiene para dar cabida tanto a un tripulación de astronautas como a otros técnicos: científicos, ingenieros, especialistas en comunicaciones, etc. Esto la convierte en un gran satélite artificial tripulado.

Pero las estaciones espaciales son más grandes que los satélites artificiales tripulados que conocemos. Pueden permanecer en órbita durante un tiempo más largo, llevar más pasajeros y ser más complejas.

Al tratar sobre estaciones semipermanentes en el espacio se usan todos estos términos: laboratorio espacial, plataforma espacial, y estación espacial. Generalmente, la de menor tamaño es un laboratorio espacial, y la de mayor tamaño es una estación espacial.

La complejidad de un estación espacial depende del número de personas que vivirán en ella, de los experimentos y el tipo de trabajo que deberá realizar.

Con objetivo de conocer la capacidad del hombre para vivir y trabajar en condiciones de ingravidez durante largos periodos, así como para realizar otros estudios científicos, el 14 de mayo de 1973 los Estados Unidos lanzaron al espacio una estación orbital denominada Skylab.

Inicialmente este laboratorio espacial se lanzó sin tripulación en un cohete Saturno 5, pero más tarde, a bordo de naves Apolo adaptadas para acoplarse a la gigantesca estación, se enviaron grupos de tres astronautas por cada nave, en tres misiones distintas

En Enero 5 de 1984, el Presidente Reagan en un mensaje a la nación dirigió a la NASA al desarrollo de una estación espacial permanentemente tripulada. El propósito es por una conquista pacífica económica y científica y por saltos cuánticos en investigación y tecnología.

A pesar de que las estaciones espaciales serán estructuras grandes y complejas, este trabajo presenta los aspectos técnicos de muchas disciplinas en suficiente profundidad para el buen análisis de sistemas y diseño.

I. PRIMERAS ESTACIONES ESPACIALES.

1.1 ESTACION ESPACIAL "SKYLAB".

La primera estación espacial desarrollada fue diseñada y construida por los Estados Unidos de Norteamérica en la década de los 70's, llamada Skylab. Dicha estación se construyó a partir de la etapa S-IVB del cohete lunar Saturno 5 del proyecto Apolo que se encontraba en desuso, para lo que su depósito de hidrógeno se transformo en un habitáculo espacioso de dos pisos para una tripulación de tres hombres; el piso inferior constaba de una cámara principal, un compartimento dormitorio y un lavabo/retrete o "compartimento de desechos" de gravedad nula; en el piso superior se encontraba un taller espacioso en el que los astronautas flotaban en estado de ingravidez. El volumen interior total del Skylab, con el módulo de mando y servicio del Apolo acoplado era de unos 330 m³ y unida al Apolo, la estación espacial media 36 m de largo y pesaba cerca de 90 ton.

El Skylab contaba con los mayores paneles de células solares construidos hasta entonces para un vehículo espacial. Los paneles, de casi 730 m² de superficie, estaban diseñados para producir 10.5 Kw de potencia a 55°C cuando la estación se encontraba expuesta al sol. Parte de esta energía se enviaba a unos cargadores de baterías de níquel-cadmio para mantenerlas cargado al máximo y listas para entrar en servicio cuando la estación penetrara en la zona de sombra de la Tierra.

Se diseñó un sistema de acondicionamiento de energía para regular la tensión del Skylab a un nivel nominal de 4 Kw de potencia con una corriente continua de 28 V.

En la parte delantera del taller se encontraban la unidad de instrumentos, la esclusa de aire y el adaptador de atraque múltiple, que permitía al vehículo atracar en la estación y transbordar a los tripulantes. En la parte superior había un importante instrumento científico para la observación del sol llamado montura del telescopio Apolo (Apollo Telescope Mount, ATM).

La estructura general del Skylab se ilustra en la figura 1.1.

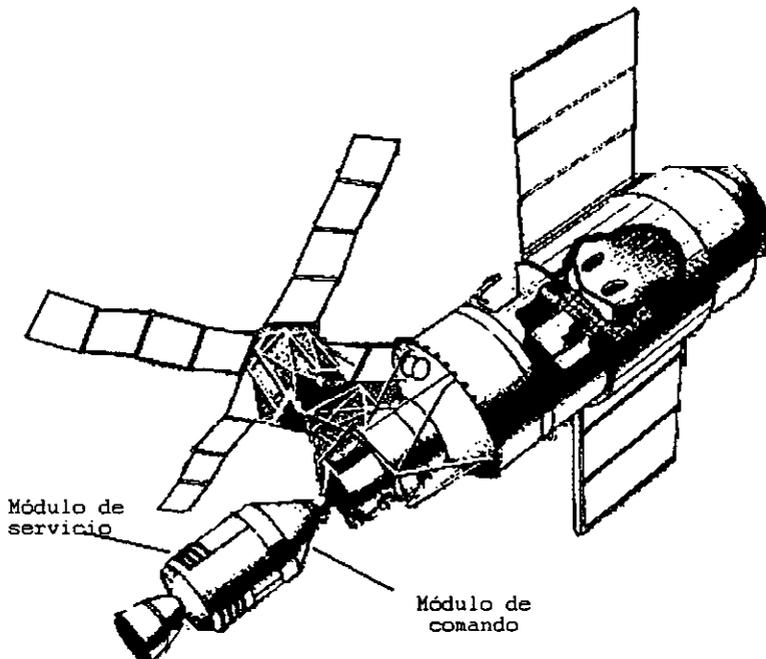


Figura 1.1. Estación espacial Skylab

El Skylab fue ocupado por tres grupos de tres hombres en 1973 y 1974. Ahora bien el agua, la comida y la ropa consideradas necesarias para los nueve astronautas de las tres misiones Skylab previstas se almacenaron en contenedores especiales antes del lanzamiento. El agua ocupaba depósitos del piso superior, y la comida estaba en compartimentos y congeladores de ambos pisos.

Los astronautas respiraban una mezcla de oxígeno y nitrógeno a una presión de 0.35 Kg/cm³, y se diseñó un sistema de ventilación para mantener una temperatura nominal de 21.1°C. En el exterior de la estación se fijaron grandes "alas" o paneles solares como ya se mencionó, los cuales se encontraban recogidos en la fase de lanzamiento y había además un escudo de aluminio que cubría la zona del taller para protegerlo de los micrometeoritos y evitar el calentamiento excesivo por la luz solar

La estación espacial fue lanzada sin tripulación, por un Saturn V de dos etapas, desde el centro espacial Kennedy el 14 de mayo de 1973. Al principio todo parecía transcurrir sin problemas, y sólo al entrar la estación en órbita, a unos 435 km sobre la Tierra, la misión de control observó que ocurría algo grave. A los 63 segundos del lanzamiento, parte del escudo protector contra meteoritos se desprendió por la presión del aire y arrancó una de las dos alas solares de la estación. Aunque la montura del telescopio se había desplegado con sus propias "alas", la estación estaba subalimentada y corría peligro de sufrir un calentamiento excesivo por los rayos solares.

Sin el escudo protector, la temperatura en el interior de la estación comenzó a elevarse, y mientras parte del personal de tierra trabajaba en el problema del salvamento, el control de misión se ocupaba de mantener la estación en una posición que redujese al mínimo el calentamiento y al mismo tiempo mantenía los paneles de la montura del telescopio Apolo en un ángulo adecuado para el funcionamiento de los equipos de a bordo. Técnicos de la NASA y de empresas privadas trabajaron 24 horas al día en el diseño de diversas herramientas y sombrillas para que los astronautas emprendieran la reparación.

El 25 de mayo, once días después del percance del Skylab, Charles Conrad, el Dr. Joseph Kerwin y Paul Weitz partieron en su módulo Apolo de mando y de servicio. Tras realizar la cita espacial con la estación siete horas y media más tarde, llevaron a cabo un vuelo de inspección alrededor de la estación, y confirmaron que faltaba una de las dos alas solares y que la otra estaba inmovilizada por un trozo de metal del escudo protector.

Con los astronautas, enfundados en sus trajes para actividades extra vehiculares, Conrad se aproximó al Skylab hasta donde considero prudente mientras Weitz se asomaba a la escotilla con sus piernas bien sujetas por Kerwin y empuñaba unas tenazas acodadas unidas a una larga pértiga. A pesar de sus esfuerzos, el ala solar no se movió.

Los problemas no había terminado. Los repetidos intentos de atracar en la estación resultaron infructuosos. Así pues, los astronautas hubieron de vestir de nuevo sus trajes espaciales y averiguar la causa, para lo cual extrajeron la sonda espacial del túnel de atraque. Optaron por

practicar un puente en los interruptores del mecanismo de atraque, con lo que se solucionó el problema. Los astronautas pasaron su primera noche a bordo del vehículo transbordador Apolo. Al día siguiente penetraron a la estación con precauciones, cubiertos con mascarillas de aire por si los metales o plásticos recalentados hubieran producido gases tóxicos. No obstante, las condiciones en el exterior eran tolerables, y una de sus primeras tareas consistió en desplegar una especie de sombrilla, a través de una esclusa para experimentos situada en un lateral de la cámara principal, con lo que la temperatura descendió. Como en los dormitorios el calor era excesivo los tripulantes durmieron al principio en el adaptador de atraque múltiple, que conservaba su escudo térmico. Incluso fue posible iniciar un programa limitado de experimentos.

Posteriormente, tras una cuidadosa preparación Conrad y Kerwin realizaron el 7 de junio un paseo espacial de tres horas y media alrededor del "ala" solar para intentar liberarla. En primer lugar Conrad trató sin éxito de cortar la pieza metálica deformada que sujetaba el brazo de paneles solares con ayuda de unas tenazas acodadas unidas a una pértiga de 7.6 m. Se vio forzado a arrastrarse por el exterior de la estación y aplicar las tenazas a corta distancia. Kerwin, desde su posición en lo alto el taller, pudo entonces accionarlas con una correa.

Después de atar una cuerda de 9.1 m al brazo Conrad se retiró a una distancia prudencial y se puso en pie con la cuerda sobre un hombro para tirar de ella. El brazo se abrió y los paneles se desplegaron, aunque la reacción casi separó a los dos hombres de la estación. Tras realizar otras operaciones necesarias en el exterior, el entusiasta equipo del taller se cargaban con la corriente producida por los paneles solares que habían desplegado.

Con la nueva energía disponible los astronautas pudieron reemprender el plan de vuelo original. Observaron el Sol por los telescopios del Skylab durante 82 horas, recogieron los cargadores de película de la montura del telescopio Apolo y llegaron a fotografiar más de 10,355,500 km² de la superficie terrestre. Se realizaron más experimentos biomédicos que los previstos en el programa, lo que indujo a ampliar los períodos de trabajo de las tripulaciones. Los astronautas regresaron a la Tierra el 22 de junio de 1973, tras una misión de 28 días de duración.

Los astronautas del Skylab 3, Alan Bean, Owen Garriott y Jack Lousma, partieron de Cabo Cañaveral el 28 de julio de 1973 realizaron una cita perfecta con la estación espacial y por último atracaron, para constatar que había surgido un nuevo problema. Dos de los cuatro motores de control del transbordador Apolo tenían fugas de combustible, circunstancia que hacía arriesgado el regreso a la Tierra. La NASA puso inmediatamente en práctica un plan de emergencia para enviar una misión de salvamento en caso necesario. Por primera vez en un programa espacial, un vehículo análogo al que empleaban los astronautas para dirigirse al espacio se usaría como vehículo de salvamento. En el módulo Apolo de mando y servicio, convenientemente modificado, viajarían dos astronautas al Skylab para recoger a los tres tripulantes.

Entre tanto, a bordo del Skylab prosiguieron los experimentos de biología, medicina espacial, física solar, astrofísica, observación de la Tierra y tecnología. El 7 de agosto los astronautas realizaron un paseo espacial para colocar una nueva sombrilla con dos puntales sobre el escudo térmico instalado por la tripulación anterior, con el fin de conseguir una protección más permanente, y recargaron las cámaras del telescopio.

Posteriormente dos de los tripulantes hubieron de salir de nuevo al exterior para realizar conexiones eléctricas para el control de un dispositivo giroscópico que llevaron consigo. Este aparato se destinaba a corregir un defecto del sistema de control de posición de la estación. Una vez más se cumplió íntegramente el programa de vuelo. Esta segunda expedición amerizó el 25 de septiembre, tras permanecer 59 días en el espacio.

La tercera y última misión Skylab, que partió de Cabo Cañaveral el 16 de noviembre de 1973, habría de batir todas las marcas. Los astronautas, Gerald Cara, el Dr. Edward Gibson y William Pogue, dedicaron más tiempo a experimentos médicos que sus antecesores. Llevaron a cabo más ejercicios físicos en el en el veloergómetro controlado de la estación y se acostumbraron a practicar ejercicios de marcha sobre una cinta sin fin portátil que llevaron consigo. A pesar de permanecer más tiempo en el espacio que la tripulación anterior (84 días), los hombres se encontraban en mejor forma física al regresar a la Tierra, y también se readaptaron antes a las condiciones de gravedad normal. Crecieron más de 2.5 cm, pero recuperaron su estatura normal después de su regreso. Este fenómeno se atribuyó al alargamiento de las vértebras de la columna vertebral, debido a la ingravidez y al desplazamiento los fluidos corporales desde los miembros inferiores a los superiores.

Durante la misión Skylab 4 los tripulantes observaron y fotografiaron el cometa Kohoutek mientras circunvalaba el Sol. Lo describieron como "amarillo y anaranjado, igual que una llama pero más amarillo. Al igual que sus antecesores, emplearon muchas y fructíferas horas en observar la Tierra (el planeta azul, pues tal es el color que predomina), para determinar cuáles son

los mejores instrumentos para la observación ordinaria. Los astronautas obtuvieron un total de 40.286 fotografías que constituyeron un caudal de información útil para la agricultura, silvicultura, ecología, geología, meteorología, hidrología y oceanografía.

Otro hecho importante fue la observación de un paroxismo de la actividad solar de magnitud media, por parte de uno de los astronautas que paso muchas horas en la consola del observatorio solar del telescopio Apolo. Por primera vez se registro este fenómeno desde el principio al fin con potentes instrumentos especiales para la observación desde el espacio, lo que permitió a los científicos estudiar los fenómenos que acompañan a la aparición de un paroxismo solar. En esos momentos tiene lugar la enigmática transferencia de energía del campo magnético a energía térmica. Los astronautas del Skylab 4 obtuvieron en total unas 75,000 imágenes a través del telescopio, en las regiones de rayos X, ultravioleta y visible del espectro, lo que elevó a 182,842 el total de las obtenidas a lo largo de todo el programa.

Precisamente el Sol frustró los planes adoptados para evitar que la estación realizara un descenso sin control a la atmósfera. Después de abandonarla el último equipo de astronautas en 1974, se esperaba que el Skylab permaneciera en órbita alrededor de la Tierra hasta principios de los años ochentas, y se trazaron planes para que una lanzadera espacial tripulada realizase una cita espacial con la estación. Este avión espacial extraería de su bodega un pequeño dispositivo robot llamado sistema de recuperación gobernado a distancia (Teleoperator Retrieval System, TRS) que incorporaba sus propios sistemas de propulsión, sonda de atraque y sistema de control por televisión. Un astronauta a bordo de la lanzadera dirigiría el aparato a distancia para acoplarlo a la

estación. El robot así atracado encendería su motor principal para situar de nuevo al Skylab en una órbita segura, o bien emplearía como cohete de frenado para un a reentrada sin riesgo en el océano Pacífico.

Sin embargo, los cálculos iniciales sobre la duración en órbita del Skylab resultaron erróneos, y fue preciso abandonar todas las esperanzas d salvamento.

La actividad de las manchas solares, que aumentó a 1978-79, provocó una expansión de la atmósfera terrestre, lo que, unido a los problemas para colocar el laboratorio en una posición que ofreciera poca resistencia aerodinámica anticipada de la órbita. En abril de 1979, el Mando de la Defensa Aérea de América del Norte (North American Air Defense Command, NORAD), organismo norteamericano que se ocupa del control de todas las naves que se ocupa del control de todas las naves espaciales y satélites en órbita, predijo que la estación reentraría en la atmósfera entre el 11 de junio y el 1 de julio.

Aunque más del setenta por ciento de la trayectoria del Skylab discurriría sobre el mar, podrían caer restos entre 50°N y 50°S aproximadamente. Los Estados Unidos ofrecieron toda la asistencia necesaria en el caso de que algún resto cayera en suelo extranjero. John F. Yardley, administrador adjunto de la NASA para sistemas de transporte espaciales, calculó que la masa en órbita del Skylab sería de 71,202 kg, y estimó que posiblemente entre 18,140 y 22,675 kg sobrevivirían a la reentrada.

Una vez en la atmósfera se suponía que la estación se desintegraría, y que buena parte de la misma ardería por efecto de la fricción con el aire. Se estimó que la trayectoria de reentrada sería de unas 6,426 km, con una anchura de hasta 80 km. El número de fragmentos que quedarían libres se estimó en cuatrocientos o quinientos, desde los más pequeños hasta piezas de algunos cientos de kilogramos. Se suponía que la mayor parte serían grandes trozos de aleación del revestimiento.

El Skylab realizó la reentrada en la atmósfera el 11 de julio de 1977. Con anterioridad la NASA intentó colocar la estación en una posición que presentase gran resistencia aerodinámica, con un costado al frente para acelerar su desintegración. No obstante, al comprobarse que podría caer en América del Norte se decidió reducir la resistencia aerodinámica mediante un movimiento de giro producido por los cohetes de control. Estos se activaron, y la maniobra debía prolongar en unos treinta minutos la vida de la estación, a fin de que cayera sobre el Atlántico Sur o en el océano Indico.

En efecto, buena parte de los restos cayeron en el océano Indico, aunque también se observaron trozos incandescentes desde la costa australiana, en Esperance, y también cerca de Balladonia, a unos 160 km tierra adentro. Muchos fragmentos fueron encontrados en las llanuras desérticas de Australia, y una voluminosa pieza cilíndrica de 1.8 m de longitud y 0.9 m de anchura, con un peso de media tonelada, fue encontrada en un campo de cultivo cerca de Rawlinna, a unos 885 km al este de Perth. Afortunadamente no se produjeron heridos ni daños materiales. El Skylab había completado su órbita número 34,981.

La NASA observó que el Skylab había sufrido un calentamiento menor que el previsto durante la reentrada en la atmósfera. La desintegración comenzó a una altura inferior en unos 16 km a la prevista, de lo que resultó un "rastros" o zona de diseminación de restos más estrecha, es decir, de unos 64 km de anchura y 3,860 km de longitud.

1.2.-ESTACIONES ESPACIALES "SALYUT".

El programa soviético de estaciones espaciales se inició a finales de los años sesenta con experimentos preliminares para desarrollar técnicas de cita espacial y atraque con las naves espaciales Soyuz. Al parecer, los diseñadores soviéticos planeaban ya empezar los grandes cohetes de tipo G para ganar a los Estados Unidos la carrera hacia la Luna y situar en órbita terrestre una estación modular de gran tamaño que desempeñaría numerosas tareas científicas y económicas. No obstante, los serios problemas que acompañaron a este lanzador determinaron el aplazamiento del proyecto.

Pronto se observó, sin embargo, que se había preparado un programa intermedio basado en el lanzador tipo D, que parecía corresponder al laboratorio orbital tripulado Manned Orbiting Laboratory (MOL) de la USAF, abandonado en 1969. La existencia de este proyecto fue revelada el 19 de abril de 1971, día en que se situó en órbita la estación Salyut 1. El 23 de abril se lanzó el transbordador Soyuz 10 desde Baikonur, con los cosmonautas Vladimir Shatálov, Alexei Ieliseiev y Nicolai Rukavishkinov a bordo, con la misión de experimentar un nuevo sistema de atraque.

Aunque consiguieron atracar en la estación no penetraron en ella, y dos días después estaban de regreso en la Tierra.

Tras esta breve visita la Salyut 1 continuó en órbita terrestre durante un mes y media, sin tripulación pero bajo la supervisión del centro de control de misión en la ex-Unión Soviética. Más tarde, el 6 de junio, se lanzó el Solyut 11 con una nueva tripulación compuesta por Gueorgui Dobrovolski , Vladislav Volkov y Vicktor Patsaiev. Después de las maniobras de aproximación bajo control automático, la tripulación, ejecutó el atraque final desde una distancia de 100 m, La operación de atraque automático unió eléctrica e hidráulicamente la nave, y tras igualar las presiones y abrir la escotilla los cosmonautas penetraron en la estación. La unidad atraque era nueva en lo esencial. No sólo permitía un “ajuste” más firme de las naves tras el atraque, sino que además la estanqueidad era más perfecta. La unidad de atraque , situada en el eje de la estación, conducía a un corto cilindro de unos 2m de diámetro, del que se pasaba a otra sección de unos 4.15 m de diámetro. En una sección de la parte trasera, de 2.2 m de diámetro, se alojaban motores cohete alimentados por dispositivos de propulsor de formas semiesférica y cónica.

La figura 1.2 muestra el esquema general de la estación espacial Salyut.

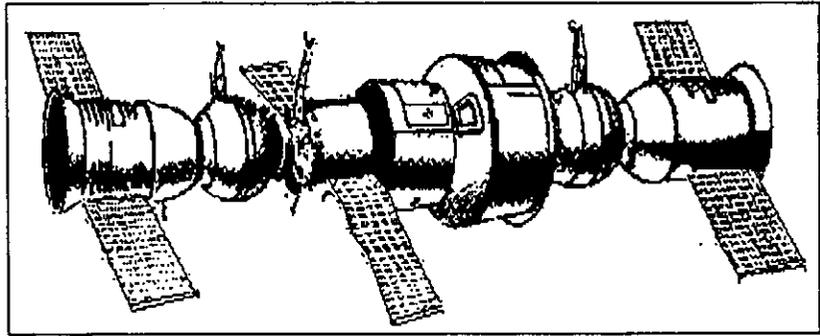


Figura 1.2. Estación espacial Salyut

Los cosmonautas entraban en primer lugar en el túnel de intercomunicación, donde estaban instalados parte de los apartados de astrofísica y diversos paneles de control. Dicho túnel conducía a una escotilla en el compartimiento de trabajo, en cuyo interior hay una pequeña plataforma en la que se sientan dos cosmonautas frente a la escotilla. Frente a ellos se encontraban una serie de paneles de instrumentos y controles, y a los lados equipos de mando y señalización como los usados en las naves Soyuz. Más allá se encontraba un puesto para el estudio de los parámetros del plasma que rodea la nave, una ventanilla y otros dos puestos de trabajo. A la izquierda y derecha de estos puestos de trabajo estaban situados los sistemas centrales de la estación, unidades de regulación del aire y filtros, y algo más lejos otros equipos propios de la estación y aparatos de investigación biomédica.

La longitud total de la estación, con un transbordador Soyuz acoplado, era de unos 20 m. El peso total del conjunto Salyut 1/Soyuz sobrepasaba las 25 ton.

A bordo de la Salyut 1 había un observatorio astronómico "Orion", descrito como un sistema optoelectrónico complejo y de alta precisión. En el exterior de la zona de trabajo presurizada había un telescopio y un espectrógrafo, y en el interior un segundo telescopio. El cosmonauta encargado de la observación únicamente debía dirigir los instrumentos hacia la estrella elegida mediante un "avizor". El telescopio permanecía entonces orientado a la estrella mientras se tomaban fotografías. Se obtuvieron espectrogramas de la estrella brillante α de Lira en dos regiones distintas del espectro.

También se realizaron experimentos sobre el crecimiento de las plantas a bordo de la Salyut 1, como prolongación de los estudios realizados en una nave espacial Soyuz. Los biólogos deseaban saber si las plantas, que podrían emplearse para proporcionar oxígeno y alimento a bordo de las futuras estaciones espaciales, resistirían o no largos periodos de ingravidez, para lo cual se eligieron especies susceptibles de producir resultados específicos. Era importante conocer los posibles cambios en el valor nutricional de las plantas desarrolladas en el espacio. Los cosmonautas estudiaron también el efecto de desvanecimiento de las señales de radio, debido a la resonancia de electrones de alta frecuencia en las antenas transmisoras, y prosiguieron sus investigaciones sobre la Tierra y los fenómenos meteorológicos de la misma.

Tras completar estos experimentos los tres hombres abandonaron la estación en su transbordador Soyuz 11. Después del encendido de los cohetes de frenado sobrevino el desastre. Al separarse el módulo orbital, una válvula de igualación de presión del módulo de mando se abrió y

dejó escapar el aire de la cabina. La cápsula hizo un aterrizaje perfecto suspendida de su paracaídas de recuperación, que se abrió automáticamente, pero cuando los equipos de recuperación abrieron la escotilla hallaron a los astronautas muertos. Este trágico episodio en la historia del programa espacial soviético demostró que existían aún muchos riesgos asociados a los vuelos espaciales. Conseguir que el Soyuz resultase seguro no podía ocurrir de la noche a la mañana, y por lo tanto 175 días después de su lanzamiento el control de misión activó los cohetes de frenado de la Salyut 1, que realizó sin problemas la reentrada en la atmósfera sobre el Pacífico.

El programa espacial soviético sufrió otro contratiempo tras lanzarse la Salyut 2, el 3 de abril de 1973. A las 24 horas de su lanzamiento, las estaciones de seguimiento del NORAD detectaron varios fragmentos metálicos que parecían proceder del cohete portador. Pese al énfasis de las manifestaciones soviéticas en el sentido de que la estación espacial funcionaba con normalidad, el 25 de abril era ya evidente que la Salyut 2 no tripulada se desintegraba.

El 11 de mayo de 1973 tuvo lugar lo que pareció ser otro intento de lanzar una estación espacial, pues en ese día las estaciones de seguimiento occidentales identificaron otro gran objeto cilindro en una órbita precariamente baja. Los soviéticos lo llamaron Kosmos 557. A los once días se quemaba en la atmósfera.

Entretanto, el equipo diseñador soviético había estado trabajando para subsanar el problema del transbordador Soyuz, y el 27 de septiembre de 1973 se lanzó el Soyuz 12 con los astronautas teniente coronel Vasili Lazarev y Oleg Makarov a bordo. La nave Soyuz había sido

modificada para incrementar su seguridad. El tercer asiento se sustituyó por equipos de supervivencia adicionales. Se dispuso que fuera obligatorio que los tripulantes portaran los trajes presurizados durante el lanzamiento, el atraque y el regreso, y únicamente se autorizaba a prescindir de ellos en la seguridad relativa del vuelo orbital. Otro cambio importante fue la supresión de las "alas" solares de la nave. A partir de entonces el suministro de energía eléctrica para los transbordadores Soyuz dependería exclusivamente de las baterías químicas de a bordo, lo que limitaba su autonomía de vuelo a unos do ad días y medio. No obstante, tras el atraque en la estación las baterías podrían cargarse con la corriente producida por los amplios paneles solares de la misma.

Entretanto, una nave espacial biplaza de larga duración, la Solyuz 13, realizó un vuelo autónomo entre el 18 y el 26 de diciembre de 1973, equipada con instrumentos semejantes a los destinados a estaciones Salyut posteriores. El equipo comprendía un telescopio Orion 2, un experimento biológico de ciclo cerrado Oasis 2 y cámaras fotográficas para l observación de la Tierra.

Seis meses más tarde, el 25 de junio de 1974, tuvo lugar el lanzamiento de la Salyut 3, cuya finalidad era, según se anunció, "continuar los estudios biomédicos del hombre en el espacio y obtener datos para la solución de cuestiones económicas, así como ensayar nuevas características de diseño y nuevos equipos a bordo a bordo de la estación.

El 3 de julio se lanzó el Soyuz 14 en dirección a la estación, con los cosmonautas coronel Pavel Popovich y teniente coronel Yuri Artujin. Realizaron el atraque sin novedad y penetraron a bordo de la estación. Resultaba evidente que los soviéticos se empleaban esta vez una estación de diseño muy modificada. En lugar de dos juegos de paneles solares que se abrían como las alas en el morro y en la cola, la Salyut 3 contaba con tres paneles en el centro del cuerpo de la estación.

La estación estaba dotada de una banda sin fin para practicar la marcha, y el cosmonauta que la usaba vestía un traje especial para sudar, con cordones elásticos que añadían carga a los huesos y a los músculos durante el ejercicio. En los habitáculos había también una gran variedad de alimentos y bebidas nutritivas, que podían calentarse en un horno. Los cosmonautas contaban también con un aparato de radio, un magnetófono y una pequeña biblioteca.

Cuatro "cámaras aéreas" estaban instaladas en el suelo y en el techo, y un gran instrumento, escrito como telescopio solar, en un alojamiento cónico. El operador permanecía en pie en una plataforma junto al instrumento, y dirigía el telescopio mediante un pequeño panel de control. Se empleó un estrógrafo para estudiar los aerosoles de la atmósfera terrestre, y se realizaron nuevos experimentos de cultivo de bacteria y de reciclado de agua. Los cosmonautas efectuaron también un estudio completo de los nuevos sistemas técnicos de la Salyut 3.

La tripulación regresó a la Tierra el 19 de julio, y la estación siguió su funcionamiento automáticamente, con algunos sistemas desconectados. Su órbita podía modificarse desde tierra

mediante el sistema de propulsión, con lo que se evitarían daños por la acción de la resistencia del aire.

La estación tuvo que permanecer deshabitada más tiempo de lo previsto, pues el siguiente transbordador, el Soyuz 15, sufrió una avería en el control y no pudo atracar. El 26 de septiembre Moscú anunció que la Salyut había completado su programa de trabajo tras recuperarse en la Unión Soviética una cápsula con datos tres días antes. No obstante, en una serie final de experimentos de control se comprobaron las “características aerodinámicas de la estación en órbita baja” con las ayudas de navegación de a bordo. Se hizo público entonces que durante cinco meses la estación permaneció orientada a la Tierra para usar el sistema de televisión “en beneficio de la economía nacional” y recoger datos sobre recursos naturales.

No realizaron otras misiones de transbordo, y la Salyut 3 se dirigió desde tierra para que entrara en la atmósfera sobre el Pacífico, el 24 de enero 1975. Ciertos aspectos de esta misión indujeron a los observadores occidentales a creer que parte del programa de investigación estaba relacionado con el ensayo y perfeccionamiento de equipo militar.

Entretanto se había lanzado la Salyut 4 el 26 de diciembre de 1974, y el 11 de enero de 1975 partieron los cosmonautas teniente coronel Alexei Gubariev y Gueorgui Grechko a bordo del Soyuz 17, que efectuaron un atraque sin problemas. Esta misión tenía un carácter claramente más “civil” que las anteriores. La estación describía una órbita más alta, el segundo tripulante era un civil y las investigaciones científicas fueron más variadas. Otra prueba importante consistía en un

aparato para condensar agua de la atmósfera de la cabina. Los cosmonautas podían utilizar el agua reciclada para la preparación de las comidas, para beber y para su higiene personal.

Estos cosmonautas regresaron a la Tierra el 9 de febrero de 1975, tras dejar la estación en funcionamiento automático. El periodo que la estación permaneció en estas condiciones fue más largo de lo previsto, a causa de un contratiempo en el lanzamiento del Soyuz 18A, tripulado por el teniente coronel Vasili Lazarev y Oleg Maskarov. Tras una partida normal de Baikonur, la etapa superior del cohete SL-4 funcionó tan sólo durante unos cuatro segundos. Ello desencadenó una secuencia automática de abordaje de misión y los tripulantes realizaron un aterrizaje forzoso en las inmediaciones de la población siberiana de Gorno Altaisk, cerca de la frontera entre China y Mongolia.

El Soyuz 18B se lanzó, en sustitución del Soyuz 18A, el 24 de mayo de 1975, y llevó hasta la estación al teniente coronel Piotr Klimuk y a Vitali Sevastianov. El programa de investigación era en gran parte una prolongación de la misión anterior. Los cosmonautas usaron el telescopio de rayos X para estudiar las constelaciones Escorpión, Virgen y Cisne; se realizaron otras experiencias con dípteros y coleópteros. Se efectuaron observaciones regulares de zonas de cultivos y bosques, así como ensayos de un nuevo sistema de navegación llamado Kaskade, que orientó la estación espacial con gran precisión para tomar fotografías de recursos naturales. Esta misión resultó un gran éxito, tuvo una duración de 63 días y su tripulación regresó a tierra el 26 de julio de 1975.

Las técnicas de control de naves espaciales ya desarrolladas en el programa Kosmos preparaban el camino para el abastecimiento de las estaciones mediante vehículos automáticos. El Soyuz 20, lanzado sin tripulación el 17 de noviembre de 1975, atracó en la Salyut 4 en un alarga prueba de sistemas enlazados. Aunque no se intentó el trasvase de combustible, representó un paso crucial hacia los vehículos de transporte Progress, que harían su aparición más tarde.

Pocos detalles se dieron a conocer sobre la carga de pago, aparte de que el Soyuz 20 transportó tortugas y otros especímenes biológicos. Regresó a tierra el día 16 de febrero de 1976.

Después del lanzamiento de la estación Salyut 5 el 22 de junio de 1976, la siguiente nave espacial que atracó en una estación espacial soviética fue el Soyuz 21, con otra tripulación íntegramente militar: el coronel Boris Volynov y el teniente coronel Vitali Zholobov. Lanzada el 6 de julio de 1976, se anunció que esta misión se dedicaría a tareas de naturaleza aplicada. Entre ellas, la aleación de metales fundidos (bismuto, plomo, estaño y cadmio) y un experimento de producción de cristal.

Uno de los nuevos dispositivos importantes en la Salyut 5 era el sistema de navegación automático Delta, que permitía a los astronautas determinar su posición en el espacio a partir de un radioaltímetro para medir la altura, y de instrumentos ópticos para determinar la salida y la puesta del Sol. Con estos parámetros básicos, un ordenador calculaba el tiempo empleado para completar una órbita, indicaba aquellos tramos del recorrido en los que la nave quedaba dentro del alcance de las estaciones de seguimiento situadas en tierra, y determinaba el tiempo que debía permanecer en

funcionamiento el motor cuando se realizaba una maniobra. El ordenador proporcionaba un listado de información esencial al completarse cada media órbita alrededor del globo terrestre.

Los cosmonautas aterrizaron en la oscuridad el 24 de agosto a unos 200 km al suroeste de Kokchetav, en el Kazajstan.

El Soyuz 22, tripulado por el coronel Valeri F. Bikosvski y Vladimir V. Aksionov, no estaba destinado a atracar en una estación Salyut, aunque sus experimentos sí estaban relacionados con las estaciones espaciales. Portaba una cámara multiespectral, en una misión de 8 días de duración durante los cuales se fotografiaron zonas de la ex-Unión Soviética y de Alemania oriental “en beneficio de la economía nacional”.

El siguiente vehículo espacial de la misión Salyut, el Soyuz 23, partió el 14 de octubre de 1976, pero no consiguió atracar en la estación Salyut 5 a causa de un fallo en el equipo de aproximación para cita espacial. Forzando a realizar un regreso rápido, aterrizó en la oscuridad, en medio de una tormenta de nieve en un lago. La tripulación, fue rescatada por buzos lanzados desde helicópteros.

Una nueva tripulación partió a bordo del Soyuz 24 el 7 de febrero de 1977, compuesta por Yuri Glazkov y Viktor Gorbátko. Tras realizar un atraque perfecto, continuaron la labor de sus antecesores en la observación de la Tierra, el estudio de la atmósfera, experimentos técnicos. Antes de abandonar la estación, los cosmonautas realizaron una renovación completa de su atmósfera.

Estas misiones habrían de sentar las bases del más ambicioso plan soviético de visitas a estaciones espaciales, que comenzó con el lanzamiento del Salyut 6 el 29 de septiembre de 1977.

El Soyuz 25, tripulado por el teniente coronel Vladimir Kovalenok y Valeri Riumin, partió de Baikonur el 9 de octubre, pero experimentó dificultades cuando realizaba la aproximación a la estación bajo control automático desde una distancia de 120 m. En un comunicado oficial se aseguraba que el acoplamiento fue anulado “por no haberse seguido el procedimiento previsto para el atraque”. La tripulación aterrizó en una plantación de maíz a unos 185 km al noroeste de Tselingrado, el 11 de octubre.

Sólo cuando el Soyuz 26 atracó el 11 de diciembre de 1977 se confirmó que la Salyut 6 disponía de dos puertos de atraque, uno a popa y otro a proa. En esta ocasión la tripulación, formada por el teniente coronel Yuri Romanenko y Gueorgui Grechko, ignoró la puerta delantera, que al parecer produjo problemas durante la misión anterior, y decidió atracar en la parte trasera. Tras igualar las atmósferas y abrir la escotilla de acceso, los hombres penetraron en la estación. Una de sus primeras tareas consistió en revisar y comprobar el sistema de atraque delantero.

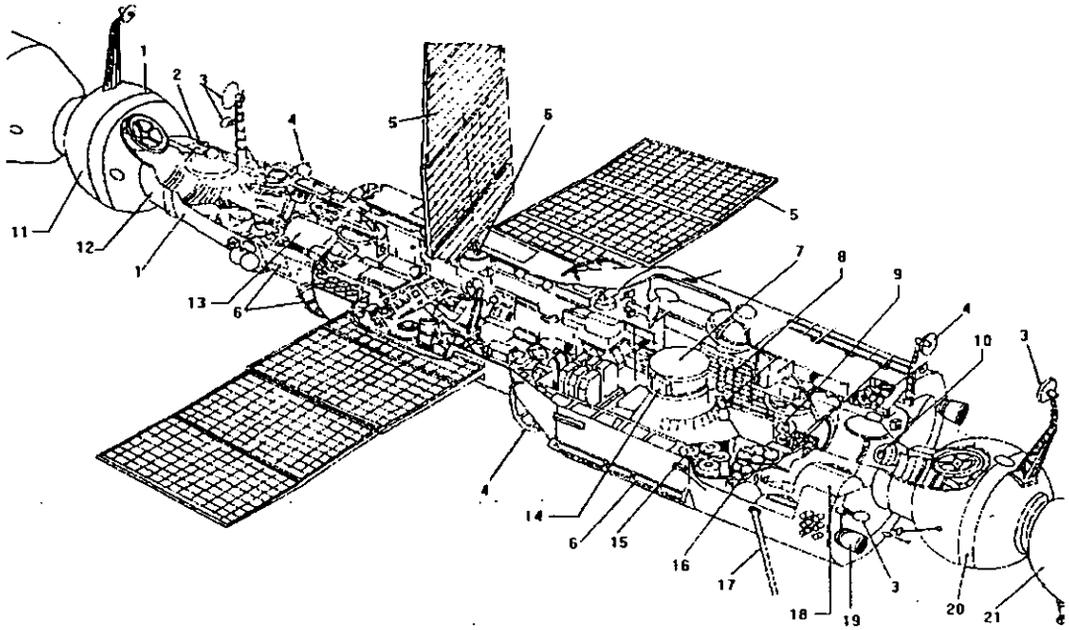
El 20 de diciembre Grechko realizó un paseo espacial para comprobar si se había o no producido alguna avería en la parte exterior, pero no encontró “ni un solo rasguño”. En esta ocasión el programa comprendía: El estudio de fenómenos y procesos físicos en el espacio , la posible explotación de la superficie y de la atmósfera terrestre en beneficio de la economía nacional,

investigaciones biomédicas, experimentos técnicos y el ensayo de sistemas e instrumentos de a bordo.

El segundo puerto de atraque, empleado por primera vez, permitiría “acoplar do transbordadores en la estación, lo que es muy importante para la renovación de tripulaciones, para realizar operaciones de salvamento y para el suministro de alimentos y equipos”. Otros cambios en el diseño consistían en el uso de una depuradora de agua como característica normalizada del sistema de supervivencia, que tuvo carácter puramente experimental en la Salyut 4. Su principal función consistía en el abastecimiento de agua potable a la tripulación.

La estación contaba también con un receptáculo portátil d de polietileno en el que los cosmonautas podían ducharse sin riesgo de que el agua se desparramarse por las zonas habitables.

Cuando el teniente coronel Vladimir Dzhanibekov y Oleg Makarov acoplaron su vehículo Soyuz 27 al conjunto Salyut 6/Soyuz 26 el 11 de enero, acababan de realizar el primer acoplamiento de tres vehículos espaciales de la historia. No se experimentaron dificultades particulares durante la misión, y tras realizar una serie de experimentos a bordo la tripulación regreso a la Tierra 5 días después a bordo del Soyuz 26.



- 1.Salidas ovales de delantera y de popa. 2.Cámara de televisión exterior. 3.Antena. 4.Rieles para manos para actividades extravehiculares. 5.Paneles solares rotatorios. 6.Mecanismo de rotación de los paneles solares. 7.Contenedor para instrumentos científicos. 8.Almecen de alimentos. 9.Baño. 10.Ventilador de aire. 11.Nave espacial de transportación "Soyuz". 12.Sistema de acoplo del Soyuz. 13.Cuarto espacial para actividades extravehiculares. 14.Control electrónico de los paneles. 15.Contenedores de basura. 16.Almacen de agua potable. 17.Antena de comunicaciones. 18.Tanque de propulsión. 19.Sistema de motores de propulsión. 20.Módulo orbital del Soyuz. 21.Módulo de descenso.

Figura 1.3. Estación espacial Salyut 6

II. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ORBITALES Y PARÁMETROS BÁSICOS DE LA ESTACIÓN ESPACIAL “MIR”.

2.1.- GEOMETRIA DE LA ORBITA ELIPTICA.

La geometría a emplear para el cálculo de todos y cada uno de los elementos y parámetros más importantes de la estación espacial Mir, tendrán que basarse en las siguientes gráficas representativas para los cálculos posteriores, para lo cual comenzamos con una tabla que especifica todas y cada una de las constantes a considerar posteriormente.

a	Semi-eje axial menor de la elipse
b	Semi-eje axial menor de la elipse
c	Distancia del centro de la elipse al un punto focal
e	Excentricidad de la elipse
r	Distancia geocéntrica
s	Segundos
t	Tiempo desde el perigeo
r_a	Distancia geocéntrica (apogeo)
r_p	Distancia geocéntrica (perigeo)
E	Anomalía de excentricidad(grados)
T	Periodo de la estación espacial Mir
M	Masa de la Tierra
v	Magnitud de la velocidad de la estación espacial Mir
R	Radio medio de la Tierra

Ahora bien la siguiente gráfica nos muestra la geometría de una elipse en su totalidad.

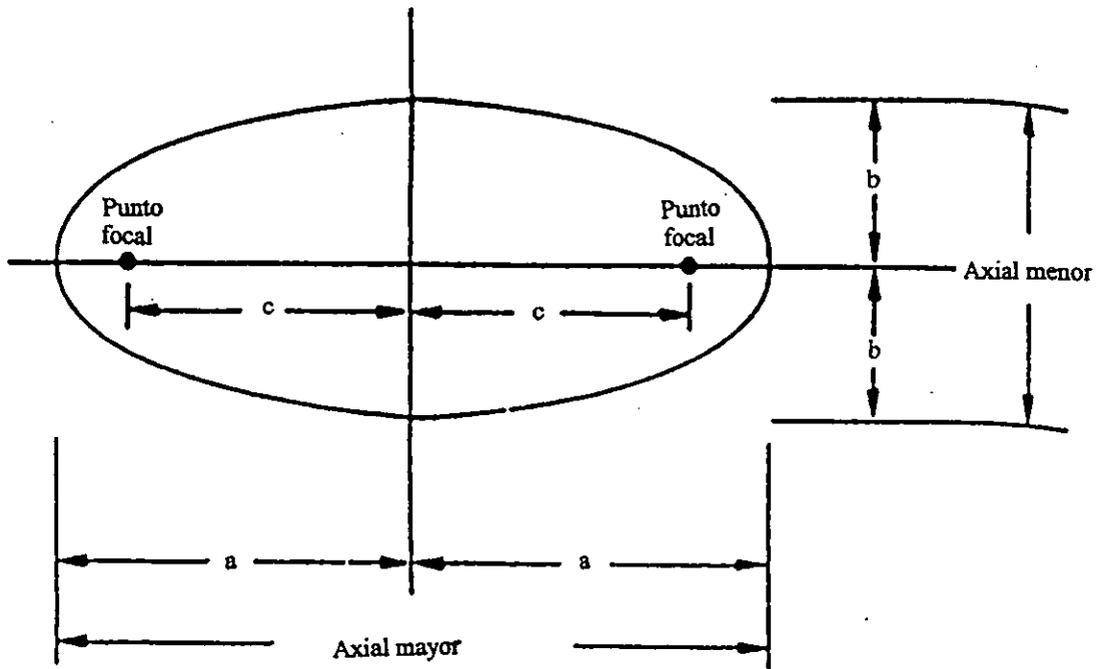


Figura 2.1. Geometría de la elipse

La figura 2.2 tiene por objetivo analizar en concreto la geometría de la elipse orbital, que es la trayectoria que describe la estación espacial Mir.

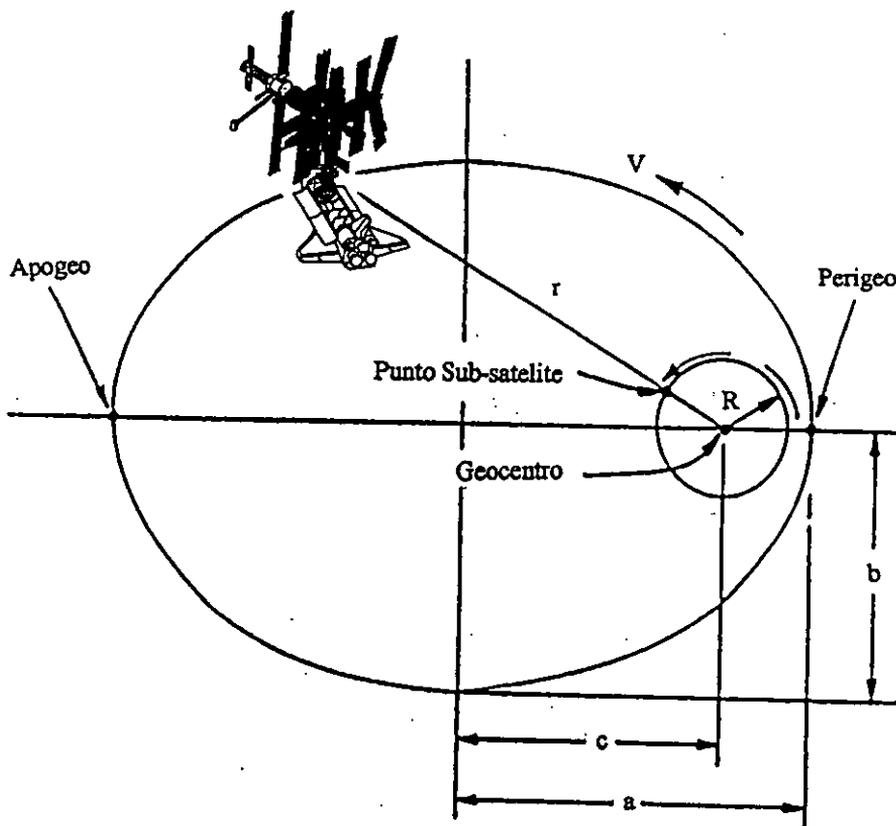


Figura 2.2. Geometría de la elipse orbital.

2.2. CALCULO DE LA EXCENTRICIDAD.

En términos aeronáuticos y espaciales se define como excentricidad al número que nos indica el grado de elipticidad con respecto a un círculo, de tal forma que si la excentricidad simbolizada con la letra (e) es igual a cero ($e=0$) tenemos un círculo perfecto.

La expresión matemática para la excentricidad es la siguiente:

$$e^2 = 1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2 \quad 2.2.1$$

ó

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad 2.2.2$$

y una tercera ecuación se deduce obtener a partir de las siguientes dos expresiones:

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} \quad 2.2.3$$

y

$$e = \frac{c}{a}$$

Dando como resultado la siguiente ecuación:

$$e = \frac{c}{a} \quad 2.2.4$$

$$0 \leq e < 1$$

De tal forma que la excentricidad de la elipse orbital que sigue la estación espacial Mir es la siguiente:

$$e = \frac{r_a - r_p}{r_a + r_p} = \frac{6755.45 - 6749.03}{6755.41 + 6749.03} = 0.0004724 \quad 2.2.5$$

Lo anterior es posible tomando en cuenta que:

$$r_p = a(1 - e) \quad 2.2.6$$

y tomando en cuenta que:

$$r_a = a(1 + e) \quad 2.2.7$$

$$\begin{aligned} r_a - r_p &= 2ae \Rightarrow a + ae - a + ae = 2ae \\ r_a + r_p &= 2a \Rightarrow a + ae - ae = 2a \end{aligned} \quad 2.2.8.a,b$$

Se comprueba que con la ecuación (2.2.4) se obtiene el mismo valor de excentricidad:

$$a = \frac{r_a + r_p}{2} = \frac{6755.41 + 6749.03}{2} = 6752.22 \text{ Km} \quad 2.2.9$$

Calculando ahora el valor de (c):

$$c = \frac{r_a - r_p}{2} = \frac{6755.41 - 6749.03}{2} = 3.19 \text{ Km} \quad 2.2.10$$

Empleando los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente ecuación, queda comprobado que ambas expresiones nos dan el mismo valor de excentricidad.

$$e = \frac{3.19 \text{ Km}}{6752.22 \text{ Km}} = 0.0009724$$

2.3. CALCULO DE LA ANOMALIA DE EXCENTRICIDAD.

La anomalía de excentricidad para la estación espacial Mir se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones y consideraciones:

$$E = 2 \arctag \left[\left(\frac{1-e}{1+e} \right)^{0.5} \tan \frac{\theta}{2} \right] + 360^\circ n$$

$$n = 0 \Leftrightarrow -180^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

$$n = 1 \Leftrightarrow 180^\circ \leq \theta \leq 540^\circ$$

De igual forma obtenemos formas alternas de expresarlo:

$$E = \operatorname{arcsen} \left[\frac{(1 - e^2)^{0.5} \operatorname{sen} \theta}{1 + e \cos \theta} \right]$$

O también de la siguiente forma:

$$E = \operatorname{arccos} \left[\frac{e + \cos \theta}{1 + e \cos \theta} \right]$$

Tomando en este caso un ángulo $\theta = 165^\circ$, procedemos al cálculo de la anomalía en dos formas distintas:

$$E = 2 \operatorname{arctag} \left[\left(\frac{1 - 0.0004724}{1 + 0.0004724} \right)^{0.5} \operatorname{tag} \frac{165^\circ}{2} \right] + 360^\circ * 0$$

$$E = 2 \operatorname{arctag} [3.543084]$$

$$E = 164.97^\circ$$

Otra de las formas posibles de emplear es la siguiente, como ya se mencionó anteriormente, comprobando de esta forma que el resultado es exactamente el mismo que el calculado por

$$E = \arccos \left[\frac{e + \cos \theta}{1 + e \cos \theta} \right]$$

$$E = \arccos \left[\frac{0.0004724 + \cos 165^\circ}{1 + 0.0004724 \cos 165^\circ} \right]$$

$$E = \arccos \left[\frac{0.8518929}{0.9993629} \right]$$

$$E = \arccos[-0.852436]$$

$$E = 164.97^\circ$$

2.4. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA ESTACION.

Generalmente cuando un satélite, es analizado, principalmente sus elementos orbitales, la velocidad entra de manera importante y la ecuación o ecuaciones para calcularla se basan en el radio o altitud desde el centro de la tierra al "Spacecraft" en cuestión, en este caso la estación espacial "Mir", de tal forma que la magnitud de la velocidad variara a lo largo de la órbita conforme a la siguiente ecuación:

$$V^2 = G * M \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

Donde como ya se expreso:

G = Es la constante de gravitación universal

M = es la constante de la masa de la tierra

Dicha ecuación se reduce de la siguiente manera, la cual es la forma como la encontramos en la mayoría de los manuales técnicos:

$$v^2 = 3.986 \times 10^{14} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

De tal forma que es importante tener en cuenta que la máxima velocidad ocurre en el "Perigeo" y la mínima ocurre velocidad ocurre consecuentemente en el "Apogeo"; con lo cual se puede ya calcular la velocidad de la estación "Mir" en ambas distancias.

Velocidad de la estación "Mir" en el apogeo:

$$V = \sqrt{3.986 \times 10^{14} \left[\frac{2}{r_a} - \frac{1}{a} \right]}$$

Es sabido que:

$$2a = r_a + r_p$$

De tal forma que:

$$a = \frac{r_a + r_p}{2}$$

También sabemos que:

$$r_a = 6755.41 \text{ Km}$$

$$r_p = 6749.03 \text{ Km}$$

$$a = \frac{6755.41 + 6749.03}{2} = 6752.22 \text{ Km}$$

Finalmente obtenemos la velocidad en el Apogeo:

$$V = \sqrt{3.986 \times 10^{14} \left[\frac{2}{6755.410} - \frac{1}{6752.220} \right]} = 7.680 \left[\frac{\text{km}}{\text{s}} \right]$$

De igual forma calculamos la magnitud de la velocidad en el "perigeo":

$$V = \sqrt{3.986 \times 10^{14} \left[\frac{2}{r_p} - \frac{1}{a} \right]}$$

Finalmente nos resta obtener la magnitud:

$$V = \sqrt{3.986 \times 10^{14} \left[\frac{2}{6749.030} - \frac{1}{6752.220} \right]} = 7.690 \left[\frac{\text{Km}}{\text{s}} \right]$$

2.5 CALCULO DEL PERIODO DE LA ESTACION.

El periodo es el tiempo que tarda la estación en dar una vuelta completa a la Tierra en su órbita.

La ecuación general para la obtención de este parámetro es la siguiente:

$$T = 165.87 \times 10^{-6} [a]^{3/2}$$

Esta ecuación involucra al semi-eje axial mayor de la órbita elíptica.

La ecuación simplificada para obtener el mismo parámetro involucra a la distancia geocéntrica (r) y es la siguiente:

$$T = 165.87 \times 10^{-6} (a)^{3/2}$$

A continuación se calculan los parámetros necesarios para hacer uso de la primera ecuación.

$$a = \frac{r_a + r_p}{2}$$

$$r_a = 6371 + 384.41 = 6755.41 \text{ Km}$$

$$r_p = 3161 + 378.03 = 6749.03 \text{ Km}$$

$$\therefore$$

$$a = \frac{6755.41 + 6749.03}{2} = 6752.22 \text{ Km} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 165.87 \times 10^{-6} [6752.22]^{3/2} = 92.031 \text{ m}$$

Por ultimo procedemos al calculo del mismo parámetro, pero ahora empleando la distancia geocéntrica (r):

$$r = R(\text{km}) + h_{\text{media}}(\text{km})$$

$$r = 6371 + 381.22 = 6752.22 \text{ Km}$$

$$\therefore$$

$$T = 165.87 \times 10^{-6} (6752.22)^{3/2} = 92.031 \text{ mts}$$

Para poder corroborar nuestro resultado recurrimos a las gráficas empleadas por los RADIO-AFICIONADOS de la organización ARRL de los E.U.

Una de las gráficas que se utilizan para este fin es la mostrada en la figura 2.3.

La siguiente gráfica tiene el mismo fin, pero con respecto a al semi-eje axial mayor para una órbita elíptica y se muestra en la figura 2.4.

Como ultimo calculo, se muestra a continuación el tiempo desde el punto de perigeo al space craft en cuestión, en este caso la estación espacial Mir:

Una vez calculado todo lo referente a la excentricidad, nos resta obtener un valor de interés especial para el personal de la estación terrena que monitorea a la estación . De tal forma que la ecuación apropiada para este fin es la siguiente:

$$t = \frac{T}{2\pi} \left[E_{rad} - e \text{Sen} E_{grad} \right]$$

Los parámetros necesarios que se emplearan, son los calculados anteriormente:

$$T = 92.031 \text{ min}$$

$$E = 164.97^\circ$$

$$e = 0.0004724$$

De tal forma que el tiempo desde el punto de perigeo es el siguiente:

$$t = \frac{92.031}{2\pi} \left[2.8781 - 0.0004724 \text{Sen}(164.97^\circ) \right]$$

$$t = \frac{264.838}{2\pi} = 42.150 \text{ min}$$

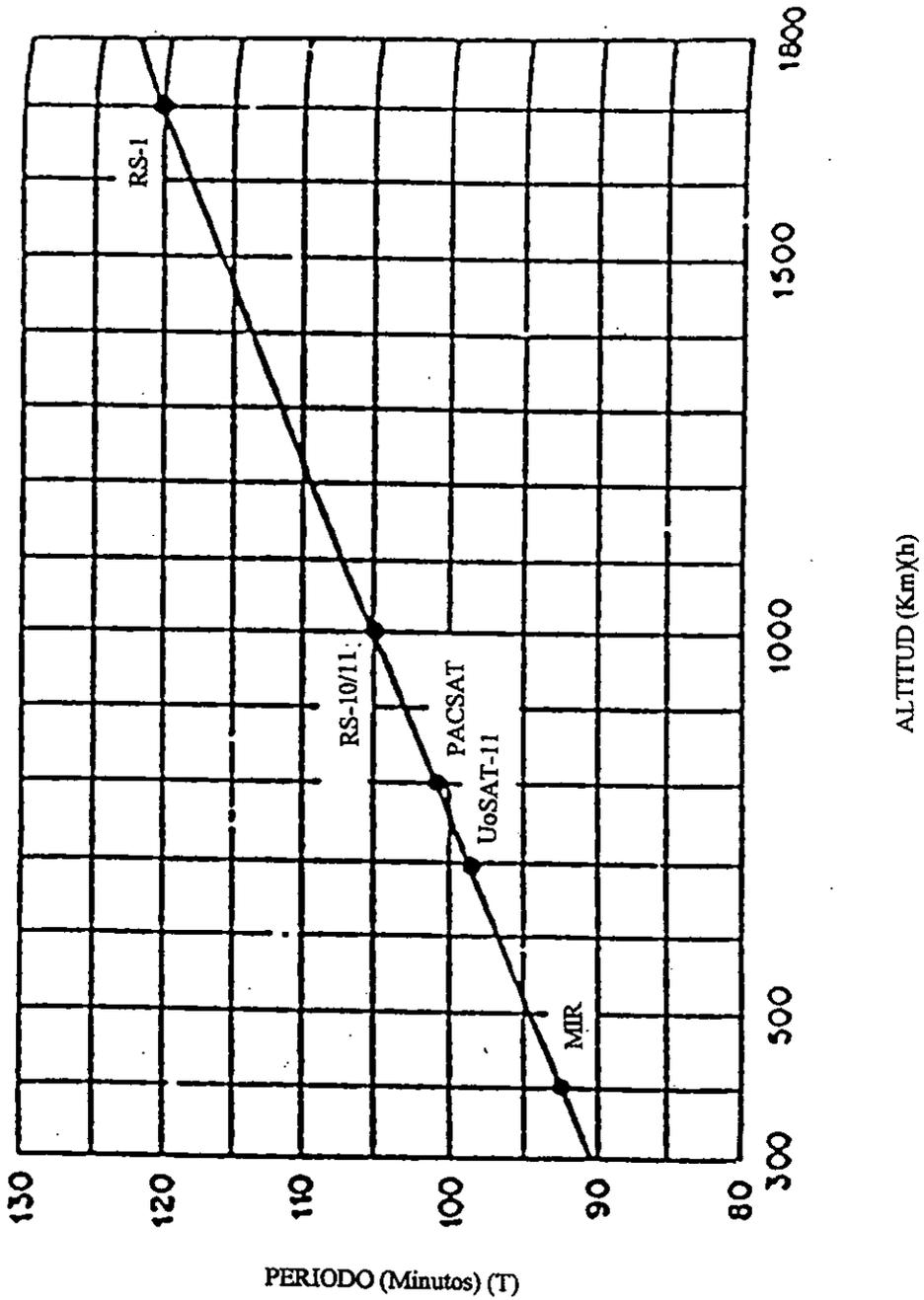
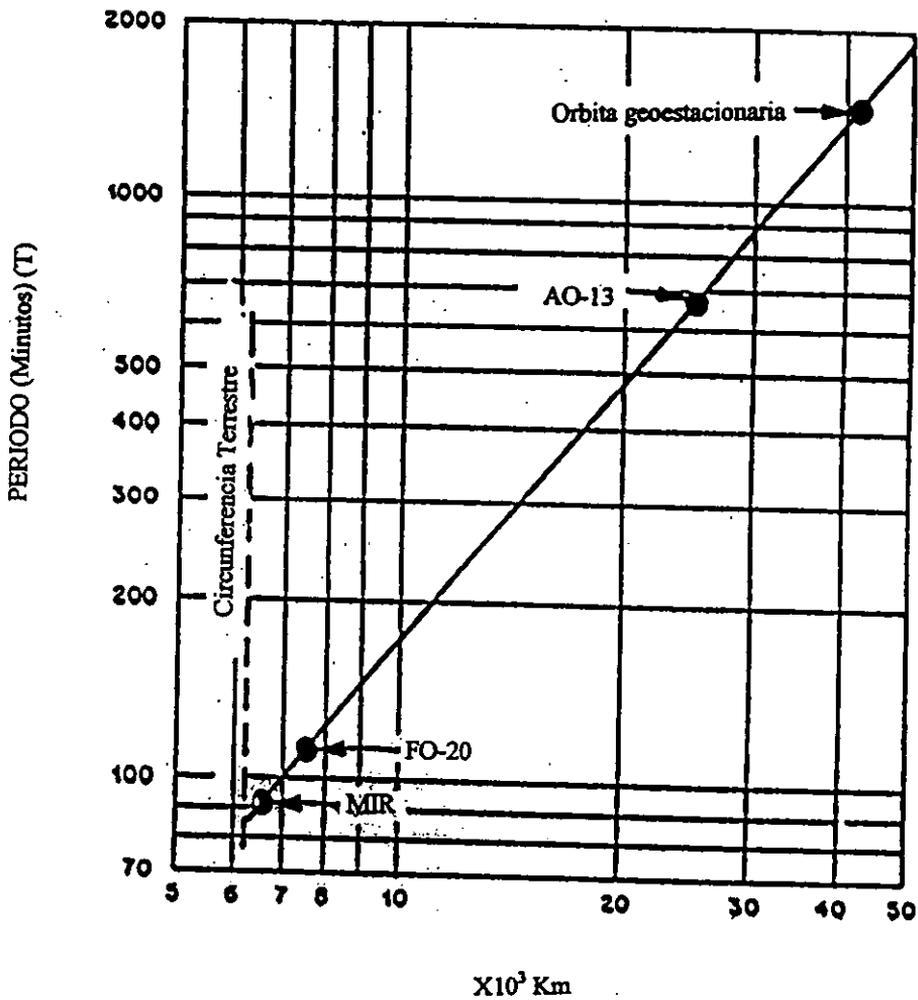


Figura 2.3. Periodo vs altitud



$\times 10^3$ Km
 Axial semimayor para orbita eliptica. (a)
 Radio para orbita circular (r).

Figura 2.4. Periodo vs semieje axial

2.6. FRECUENCIAS DE RADIO USADAS PARA LA ESTACION.

La estación espacial Mir generalmente emplea frecuencias de radio, comúnmente conocidas como frecuencias asignadas para radioaficionados, estas frecuencias son las siguientes:

Para subir la señal (up link) se emplea:

145.200 Mhz

Para bajar la señal (down link) se emplea:

145.8000Mhz.

Específicamente el modulo "Priroda" emplea dos modos a diferentes frecuencias para su transmisión y recepción de señal de voz:

Mode 2 Packet: 435.775 Mhz (up link) / 437.975 Mhz (down link).

Mode 3 QSO: 435.725 Mhz (up link) / 437.925 Mhz (down link).

A continuación se muestra un breve historial de los operadores de las frecuencias empleadas por la Estación espacial Mir.

SPACECRAF	FECHA	OPERDORES	NOTAS
T			
Mir	6 Nov-26Dic '98	Vladimir Titov	Voz (F.M) 2 m
Mir	9 Feb-27Abr '89	Alexander Volkov	Voz (F.M) 2 m
Mir	1990	---	Voz (F.M) 2 m

III. ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SUBSISTEMAS DE LA ESTACION ESPACIAL "MIR".

3.1.- PATRONES DE INTERCONEXION DE MODULOS.

Para lograr el acoplamiento de la estructura principal, es necesario considerar a los patrones de interconexión, ya que son elementos importantes en el ensamblado de todos y cada uno de los módulos, ya que por medio de estos es posible lograr un arreglo general de la estación espacial Mir.

Esto es particularmente cierto, para el diseño que involucra a la estructura medular . Si el patrón del modulo de interconexión es la estructura medular, este es parcialmente forzado por los requerimientos de su estructura. Estudios sistemáticos de las alternativas del modulo de interconexión en 1983 identificaron los conceptos de arreglos identificados como:

- Cluster
- Planar
- Branched

Dichos arreglos se muestran en la figura 3.1.

El concepto del arreglo cluster, fue motivado por la necesidad de mantener un "gradiente de potencial de gravedad neutral", esto es, un arreglo simétrico esférico áspero. Esto fue reconocido

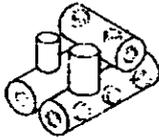
como el patrón del modulo de interconexión, tubo una pequeña influencia sobre la configuración global de los gradientes de gravedad, excepto cuando un mal patrón es escogido, pero al mismo tiempo .del estudio de interconexión descrito en la figura anterior, la opción esféricamente simétrica era considerada como potencial atractivo.

A pesar de otras ventajas de potencial del patrón esférico, este fue discontinuado ya que factor térmico de los módulos individuales era pobre, el módulo cluster presenta problemas de montaje, y la libertad de movimiento en el manipulador con respecto a la estructura de estación espacial es limitada.

La transacción entre los patrones branched y la planar se centra en la seguridad de la desembocadura de la salida dual. El patrón planar se presta así mismo hacia para una pista de arreglo circular con salida dual desde cada modulo de cierto número de módulos de cuatro. El arreglo branched reduce la cantidad de trafico atravesando módulos para obtener a otros módulos. Hay mucha variantes en un patrón básico branched y planar como se muestra en la figura 3.2

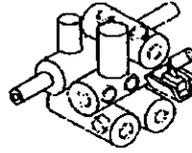
Uno de los intereses particulares es la configuración de transporte. Se usa de lado a lado amarrado el modulo para llevar a cabo el camino de salida dual desde cualquier número de módulos. El interconector de utilidades (potencia, agua, datos, etc..), entre módulos es también especialmente simple. La configuración de transporte puede ser arreglada casi como si fuera un condominio. El intermódulo corredor es como un eje de elevador sin elevadores; un eje solo es suficiente en cero g. El transporte da la idea de un camino de acceso dual.

CLUSTER



PRO

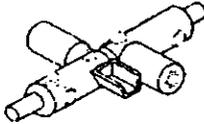
- Dos o más trayectorias.
- Simetría inercial que permite todas las orientaciones.



CON

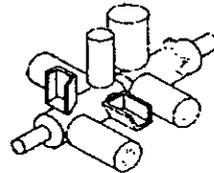
- Movilidad limitada o imposible
- Dificultad de ensamble.

BRANCHED



PRO

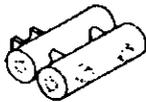
- Mas flexibilidad para instrumentos y acoplo.
- Capacidad de crecimiento indefinido.



CON

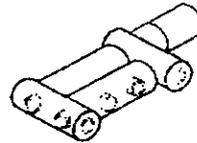
- Dificultad de movimiento en operaciones de trabajo espacial.

PLANAR



PRO

- Dos o más vias de egreso.
- Amplitud en trabajo espacial.



CON

- Diferencia inercial en capacidad para orientación.

Figura 3.1. Operaciones de Interconexión.

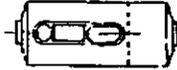
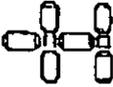
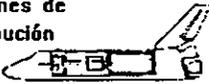
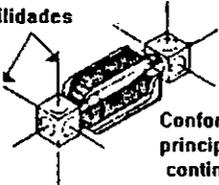
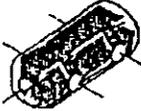
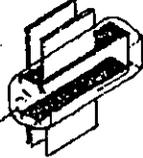
	INDEPENDIENTE		INTEGRADO			
						
Parametros de configuración	 Ramificado	 Espiral	 Ramificado	 Espiral	 Balsa	
Opciones de distribución	 Interconexión+módulo	 Dos módulos	 Módulo simple	 Dos módulos		
Distribución Utilitaria	 Utilidades Conformación principal y de contingencia		 Piso planar			 Piso apilado

Figura 3.2. Patrones de interconexión.

El espacio utilizable dentro de los módulos es maximizado si las unidades de interconexión son usadas en efecto branching (ramificando) o esquinado. Interconectado como parte integral del diseño del módulo, reduce el número de interconexiones de utilidades. Las interconexiones separadas pueden ser un cuello de botella; estas duplican el número de interconexiones de fases.

3.2.- DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO PRINCIPAL MIR CORE.

El modulo Mir core fue acoplado en febrero de 1986, fue primer bloque de la estación. Provee de servicios básicos como lo son, cuartos, centro de control, equipo de apoyo de vida y energía, y capacidad para investigaciones científicas. Los cuartos incluyen cocina, pequeños cuartos para la tripulación y baños.

El modulo cuenta con seis puertos de atraque. Un puerto en la popa al final del modulo es usada por el modulo Kvant. Otra en el lado opuesto es usada por las embarcaciones Soyuz-TM y Progress-M. Cuatro puertos de atraque radiales localizados en el mismo nodo de atraque como el puerto de atraque frontal pero perpendicular al largo eje del modulo core, son usados por los módulos Kristall, Kvant-2, Priroda y Spektrum.

El compartimento de trabajo es el volumen habitable principal de la estación y esta hecho de dos cilindros concéntricos conectados por una estrechada sección cónica. El interior de este compartimento esta dividido in una zona de operaciones y en un área de vivienda.

La tripulación de la estación prefiere una orientación espacial de piso y techo con los lados arreglados en una orientación "base-tope-base", aun cuando la irrelevancia formal de los términos in la ausencia de gravedad. El piso del área de operación esta cubierto por una alfombra verde oscuro, las paredes de verde claro y el techo es blanco con lamparas fluorescentes. El arreglo del equipo y el acabado interior del compartimento de trabajo están diseñados para reforzar esta orientación "base-

tope-base". El área de vivienda usa este mismo concepto de orientación espacial, pero en colores pastel claros para improvisar un ambiente de hogar.

El área de vivienda del compartimento de trabajo provee las necesidades para las misiones humanas largas. Esta área contiene una cocina con mesa, elementos para cocinar y almacenaje de basura. Cabinas individuales para la tripulación, las cuales incluyen un pórtico, sillas de bisagra y bolsas para dormir que se encuentran cerca del compartimento de trabajo. Al final de popa del compartimento de trabajo se encuentran el área de higiene personal con retrete, lavabo y regadera.

En la siguiente tabla se muestran los datos dimensionales del modulo principal core.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	No CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m ³	m ²	Kw
20,900	13.13	4.15	90	3/76	10.1

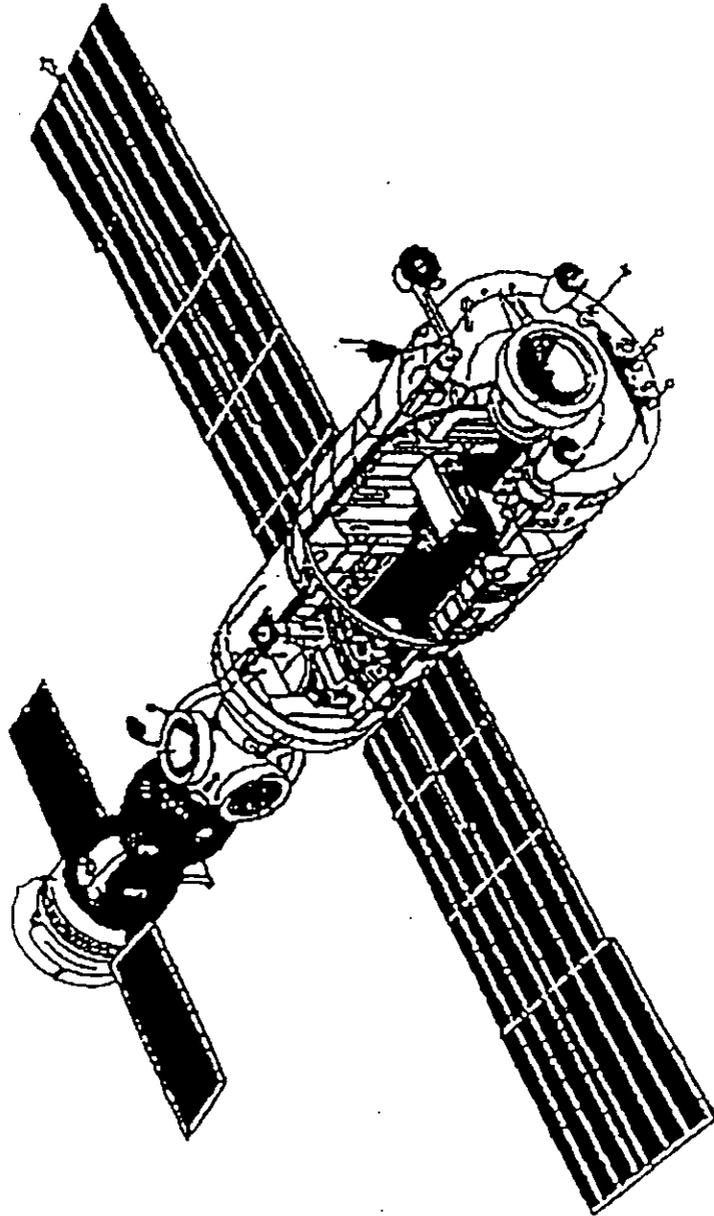


Figura 3.3. Módulo Mir Core.

3.3.- DESCRIPCION DEL MÓDULO KVANT-1.

La primera adición al modulo principal core de la estación espacial Mir fue el modulo Kvant que en español significa "parte o cuanto", acoplado en 1987. Este modulo contiene instrumentos de astrofísica, apoyo de vida y equipo de control de posición.

El propósito de este modulo es proveer datos y observaciones para investigaciones dentro de la física de la actividad de galaxias, cuasares y estrellas neutrones. Estos datos son recopilados con dispositivos los cuales miden el espectro electromagnético, y emisión de rayos X. Este modulo también apoya experimentos de biotecnología en áreas de preparaciones antivirales.

El modulo Kvant-1 esta dividido en un compartimento de laboratorio de presurización y un compartimento de equipo de despresurización. El compartimento con el laboratorio esta dividido en un área de instrumentación y un área de vivienda, la cual esta separada en una partición interior. La cámara de transferencia de presurización conecta a la Unidad de Acoplamiento Pasivo con la cabina del laboratorio. El compartimento de equipo de despresurización contiene estabilizadores de potencia.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	No CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m³	m²	Kw
11,050	5.8	4.15	40	1	6

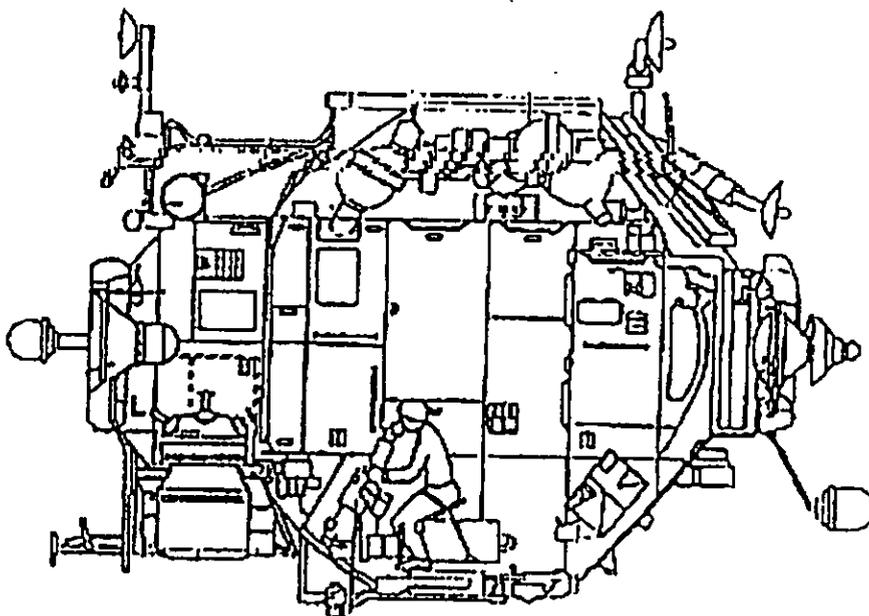


Figura 3.4. Módulo Kvant-1

3.4.- DESCRIPCION DEL MÓDULO KVANT-2

El modulo Kvant-2 se unio a la estación espacial Mir en 1989, fue diseñada para el programa militar de la Unión Soviética, contiene celdas solares, equipo de apoyo de vida y científico , asi como un compartimento de aire para Actividades Extra Vehiculares (EVA).

El propósito del modulo Kvant-2 es proveer datos de investigaciones biologicas, informacion de observaciones de la Tierra, y capacidad para Actividades Extra Vehiculaes. Este

modulo incluye un sistema de soporte de vida adicional, agua potable, provisión de oxígeno, sistemas de control de movimiento y distribución de potencia, así como facilidades de aseo.

El modulo esta dividido en tre compartimentos presurizados: instrumentación/carga, instrumentos científicos y compartimento de aire.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	Nº CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m ³	m ²	Kw
18,500	13.73	4.35	61.3	2/53	6.9

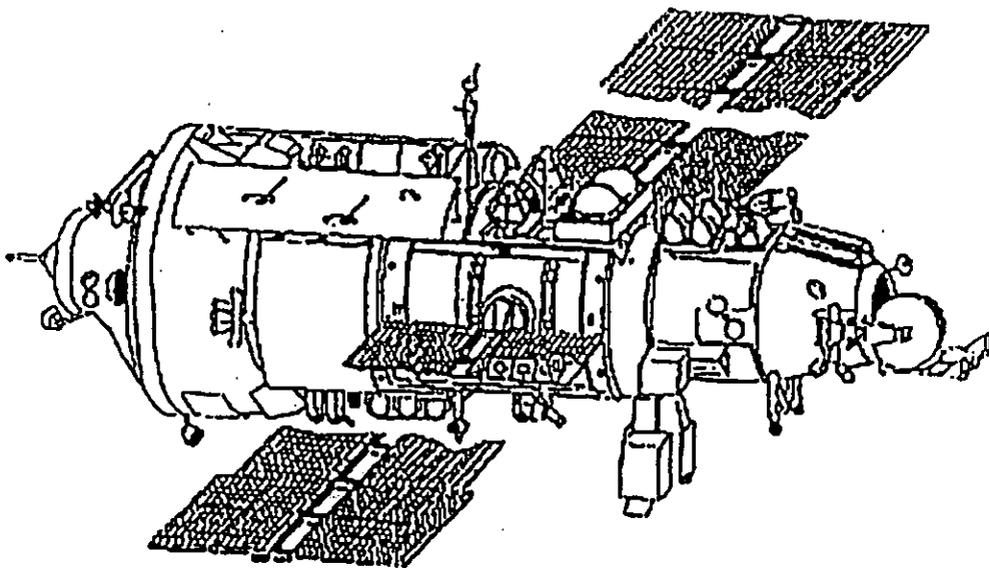


Figura 3.5. Kvant-2

3.5.- DESCRIPCION DEL MÓDULO KRISTALL

Los soviéticos acoplaron el modulo Kristal (Cristal) a la estación espacial Mir en junio de 1990, contiene equipo científico y tecnológico, un puerto de acoplamiento equipado con un mecanismo especial de acoplamiento andrógino, diseñado para recibir una nave espacial pesada (arriba de 100 ton) equipada con el mismo tipo de unidad de acoplamiento.

El objetivo del modulo Kristall es la investigación biológica y la producción de tecnología de materiales en el ambiente espacial.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	No CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m ³	m ²	Kw
19,649	13.73	4.35	60.8	2/70	5.5-8.4

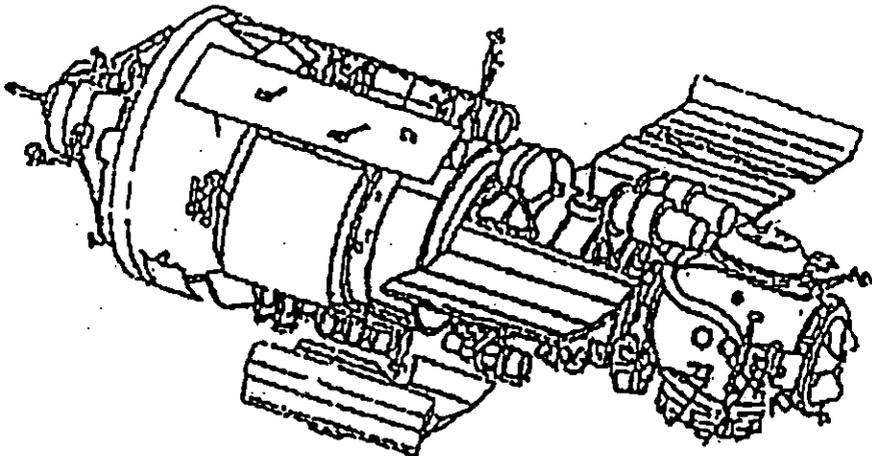


Figura 3.6. Módulo Kristall

3.6.- DESCRIPCION DEL MÓDULO SPEKTR

Lanzado en el cohete ruso Protón desde Asia, el modulo Spektr (Espectro) fue acoplado a la estación espacial Mir en mayo de 1995. Este modulo fue diseñado para investigaciones científicas, Especificamente en observaciones de la Tierra. El modulo incluye equipo para el estudio de la atmósfera y superficie, así como detectores para el estudio de rayos X y rayos Gama de fondo fuera de la estación. El Spektr aloja otros experimentos y sirve como cuartos de vivienda para astronautas estadounidense visitantes en la estación espacial Mir como parte del programa de unión ruso-americano. Este modulo también contiene 4 paneles solares los cuales antes de junio de 1997 generaban cerca de la mitad de la energía eléctrica de la estación.

En junio de 1997, la nave espacial Progress M-34 choco contra el Spektr. La colisión dañó uno de los paneles solares y de hecho perforó el casco, despresurizando el modulo. El módulo fue sellado del resto de la estación, resguardando al resto de la estación del aire perdido pero cortando los cables de energía que abastecían de electricidad al resto de la estación de los paneles solares del modulo Spektr. Una actividad extravehicular "interna" dentro del modulo despresurizado en agosto de 1997 por los cosmonautas Anatoly Solovyov y Pavel Vinogradov tuvieron éxito en restaurar estas conexiones, y en una segunda actividad extravehicular interna realizada por ellos mismos en octubre, conectaron dos de los paneles al sistema de computadoras que los aloja para ser controlados remotamente, por lo tanto pudieron alinearse con el Sol. En una actividad extravehicular fuera del módulo en septiembre, realizada por Solovyov y Michel Foale no lograron encontrar la fuente de la fuga, pero más tarde los experimentos observados por la tripulación del

transbordador justo después del desacople de la estación Mir en octubre, apareció con precisión la fuente de la fuga en la base del panel solar dañado.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	Nº CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m ³	m ²	Kw
19,640	13	4.35	61.9	4/35	TBD

3.7.- DESCRIPCION DEL MÓDULO DOCKING.

El módulo Docking (Acoplo), fue adicionado a la estación Mir durante la segunda misión de acoplamiento Transbordador/Mir. El primer transbordador de acoplo, en junio de 1995, requirió de una actividad extravehicular realizada por cosmonautas rusos para mover el módulo Kristall hacia el puerto de acoplamiento, usado regularmente por los vehículos espaciales Progress-M y Soyuz-TM, así pues el transbordador pudo acoplarse al Kristall sin chocar en ningún panel solar. El módulo Kristall fue devuelto a su locación regular después de la misión de acoplo.

El módulo docking fue atracado al final del modulo Kristall y alojado el transbordador para el acoplo con la estación Mir sin chocar contra ningún panel solar. Los experimentos para la medición de radiación cósmica del ambiente fuera del transbordador han sido ligadas a este, y fueron removidas durante la actividad extravehicular ruso-americana durante la misión de acoplamiento que se llevo a cabo en octubre de 1997.

El módulo docking esta construido de una aleación de aluminio cubierta en el exterior por una Cubierta Aislada en Vacío Térmico (Screen Vacuum Thermal Insulation, SVTI) y blindaje de micrometeoritos sobre el cuerpo del módulo.

En el exterior del módulo, dos arreglos contenedores solares de la estación Mir son ligados para transportar los arreglos solares para la estación Mir. Los contenedores de celdas solares son ligados sobre cada lado del tope del modulo como si fuera a ser situado un tiempo en la bahía de carga del Atlantis. Los paneles solares podrán ser removidos del contenedor y ligarse a la estación Mir durante una actividad extravehicular realizada por los cosmonautas de la estación después de la misión STS-74.

Los dos arreglos solares son de diferentes tipos. Uno es llamado "Arreglo Solar Cooperativo" (Cooperative Solar Array, CSA) y fue construida como un esfuerzo de cooperación entre la NASA y Rusia. El otro es el "Arreglo Solar Ruso" (Russian Solar Array, RSA). El CSA utiliza estructuras rusas y módulos fotovoltaicos de la NASA y fueron diseñados como parte de la operación Fase 1 del programa de Estación Espacial Internacional. La expectativa de este arreglo es proveer una gran energía y una vida larga.

El sistema de aviación del modulo es conectado al Atlantis para recibir energia y telemetría por el Operador Remoto Umbilical Eléctrico (Remotely Operated Electrical Remotely, ROEU) un tiempo en la bahía de carga y por el sistema de acoplamiento cuando es ligado al Sistema Orbitador de Acoplamiento en preparación para el acoplo de la estación.

El módulo es presurizado todo el tiempo durante la ascensión y desatraque de la bahía de carga y la información de telemetría es provista al Atlantis sobre presión, temperaturas, operación e información del Sistema de Acoplamiento Periférico Andrógino (Androgynous Peripheral Docking Systems, APDS), el cual liga al modulo Kristall.

El control térmico del modulo esta constituido por mantas térmicas pasivas en el exterior, un circuito de fluido frío y abanicos para el equipo de aviación y la ventana del APDS.

La ventana del APDS montada cerca del soporte que sostendrá una cámara interior que previene a la ventana de la niebla durante las operaciones de acoplamiento.

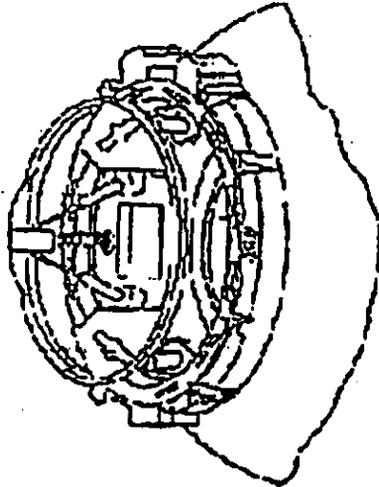


Figura 3.7. Unidad Andrógina del módulo Docking

3.8.- DESCRIPCION DEL MÓDULO PRIRODA

El modulo Priroda (Naturaleza) fue el ultimo en ser adicionado a la estación Mir, fue acoplado en abril de 1996, completando el ensamble del complejo Mir. El modulo contiene equipo de observación de la Tierra así como experimentos y otro equipo para la misión conjunta ruso-americana en la estación Mir.

Existen muchos propósitos de la misión de censo remoto de la Tierra del Priroda. Esta diseñado para estudiar la atmósfera y los océanos, con énfasis en la contaminación y otros impactos ambientales de las actividades humanas sobre estos. También esta diseñado para inspeccionar la conducta geológica que pueda ser usada para encontrar recursos minerales y reservas de agua así como el estudio de los efectos de la erosión en cultivos y bosques. También esta diseñado para recibir y difundir información del "soporte de emergencia" localizado en áreas de actividad sísmica, alrededor de plantas de energía eléctrica, y otras zonas, como parte del monitoreo y sistemas de alerta.

MASA	LONGITUD	DIAMETR	VOLUME	Nº CELDAS SOLARES/AREA	POTENCIA DE SALIDA
Kg	m	m	m ³	m ²	Kw
19,700	13	4.3	66	1	-----

Finalmente las figuras 3.9 muestra a la estación Mir en su totalidad.

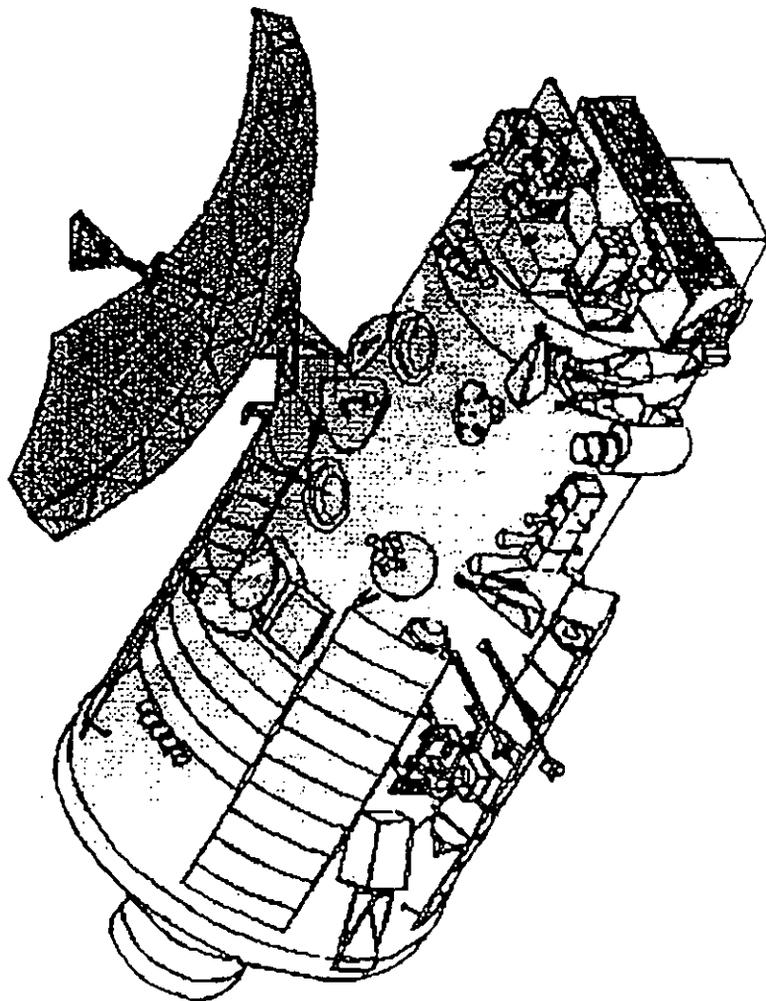


Figura 3.8. Módulo Priroda

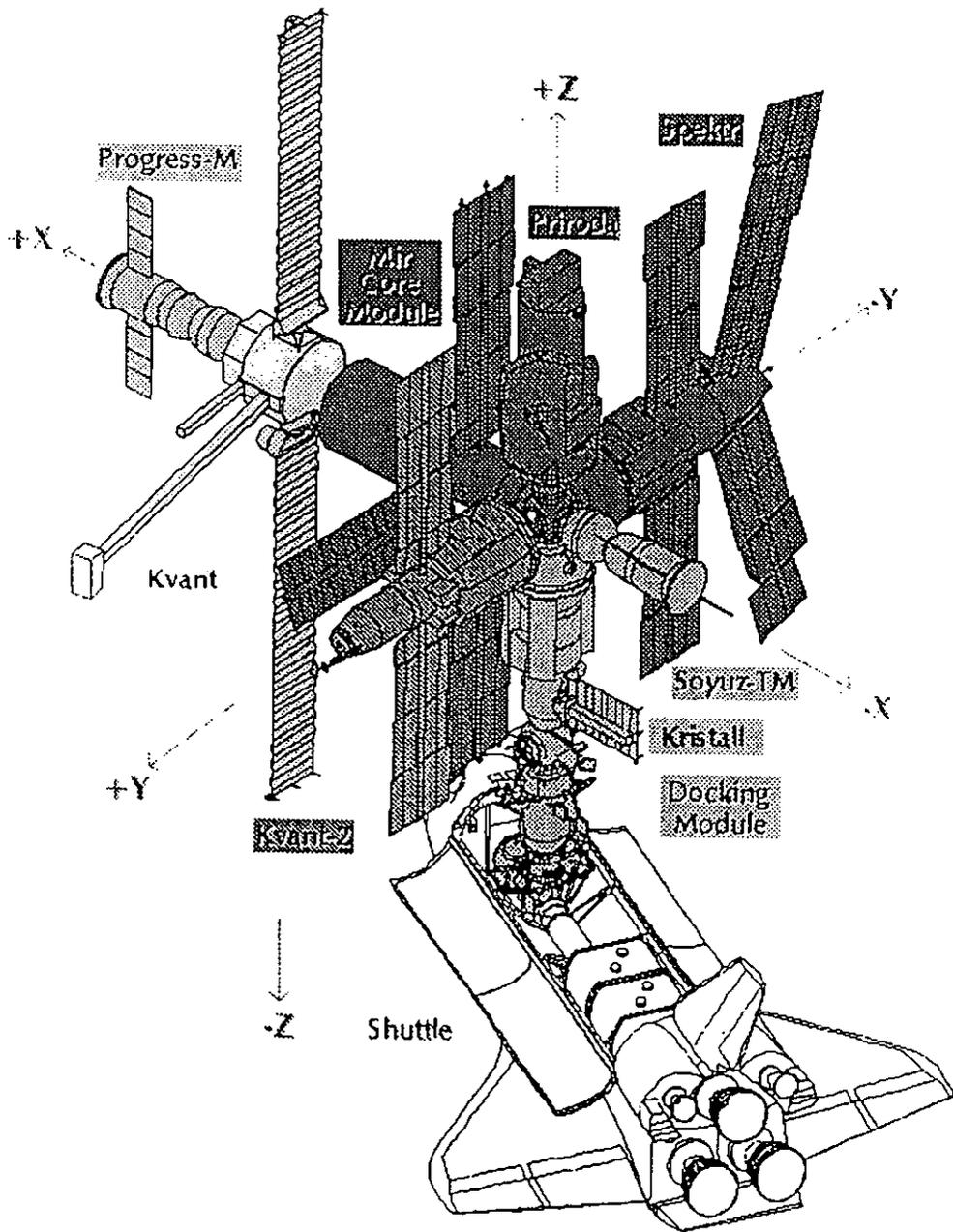


Figura 3.9. Estación espacial Mir

IV. EL ORBITADOR ESPACIAL "SPACE SHUTTLE" COMO VEHICULO DE SERVICIO DE LA ESTACION MIR".

4.1.- ESTRUCTURA GENERAL DEL ORBITADOR.

El Space Shuttle (Orbitador Espacial), es el elemento de servicio básico y principal de la estación espacial. La estación espacial de la NASA se diseño para las actividades que requirieran la utilización del Space Shuttle para su lanzamiento y ensamble.

El Space Shuttle esta compuesto de tres elementos de vuelo primordiales:

- Motores de propulsión.
- Tanque externo (que contiene el hidrogeno y oxigeno para la propulsión).
- El orbitador

La siguiente figura muestra la estructura general del Space Shuttle.

Los motores de propulsión y los motores principal operan en el despegue. Los motores principales, se alimentan del tanque externo, son iniciados y llevados a la potencia total. Desde la confirmación de potencia total , los cohetes son encendidos y el orbitador empieza el despegue. Los cohetes encienden por espacio de 120 segundos y con una separación de aproximadamente 50 Km de altitud y 1540 metros por segundo de velocidad inercial. Los cohetes principales

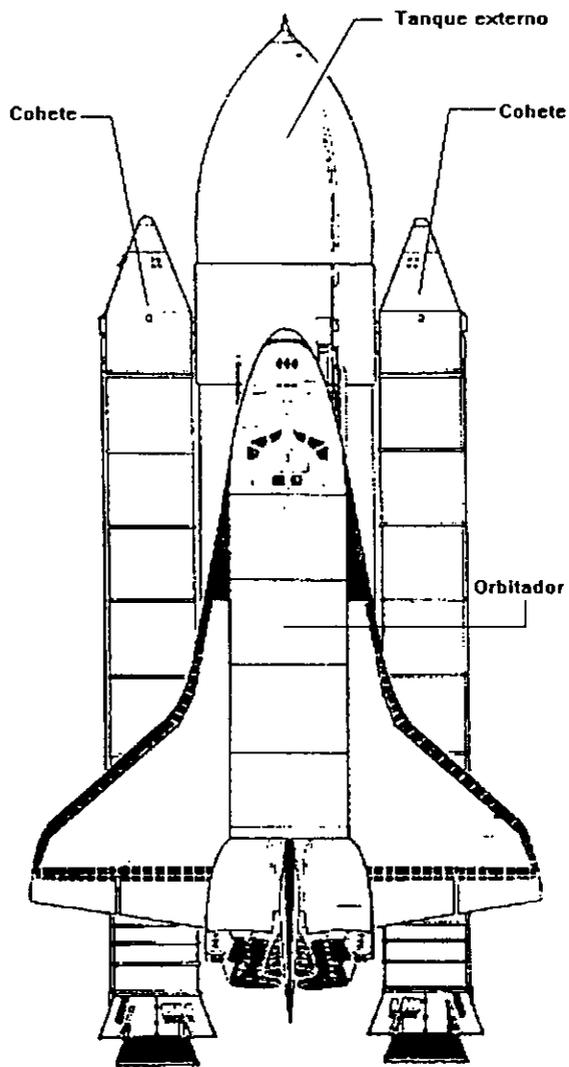


Figura 4.1. Estructura general del Space Shuttle

continúan la operación, encendiendo la propulsión desde el tanque externo, hasta que la velocidad orbital es próxima a ser lograda. En la misión normal del Shuttle los motores principales disparan hacia abajo solo una corta velocidad orbital. El tanque externo es arrojado y entra después a la atmósfera aproximadamente a órbita y media, cayendo en la Tierra. En la misión de "inserción directa", como se usa para la misión de reparación y planeada para la estación espacial de servicio, los motores principales operados desde el orbitador Shuttle son dirigidos hacia la transferencia de órbita con apoyo de la misión del orbitador de altitud. El tanque externo es entonces expulsado y viaja bastante en la órbita antes de su reentrada.

La capacidad de funcionamiento del Shuttle proyectadas para la estación espacial son mostradas en las gráfica siguiente. Esta gráfica representada es la capacidad de lanzamiento en su totalidad. Todas las cosas de carga útil deben ser incluidas dentro de estas consideraciones en la gráfica, equipo de soporte, tripulación extra, tiempo extra en órbita. Las reservas (para contingencias) están consideradas normalmente, fomentando la reducción de carga útil neta. El limite de carga útil actual en el Shuttle es de 14,400 Kg. Este valor se aplica a la carga útil para el aterrizaje

4.2.- EL ORBITADOR COMO SISTEMA DE LANZAMIENTO.

El sistema de propulsión del Space Shuttle abarca más de 100 toneladas en órbita. Más que la masa el orbitador por sí mismo es esencial, si la tripulación de vuelo en órbita es requerida o si la carga útil necesita ser devuelta a la Tierra. Sin embargo, si se necesita en la órbita una simple entrega de carga útil, el orbitador es de algún modo superfluo (pero tiene la habilidad de regresar

carga útil a la Tierra en eventos problemáticos, una capacidad que no ofrece un sistema no tripulado). El sistema de propulsión del orbitador puede ser configurado como un sistema de carga útil sin tripulación, capaz de entregar carga pesada. Uno, dos o tres motores del Shuttle pueden ser usados en el vehículo central, dependiendo de la carga deseada. Un motor simple ofrece un bajo incremento sobre la capacidad de carga del orbitador, mientras que dos o tres motores ofrecen un mayor incremento.

La figura 4.3 muestra al orbitador Space Shuttle mostrando su esquema general, acoplada parcialmente a la estación espacial Mir.

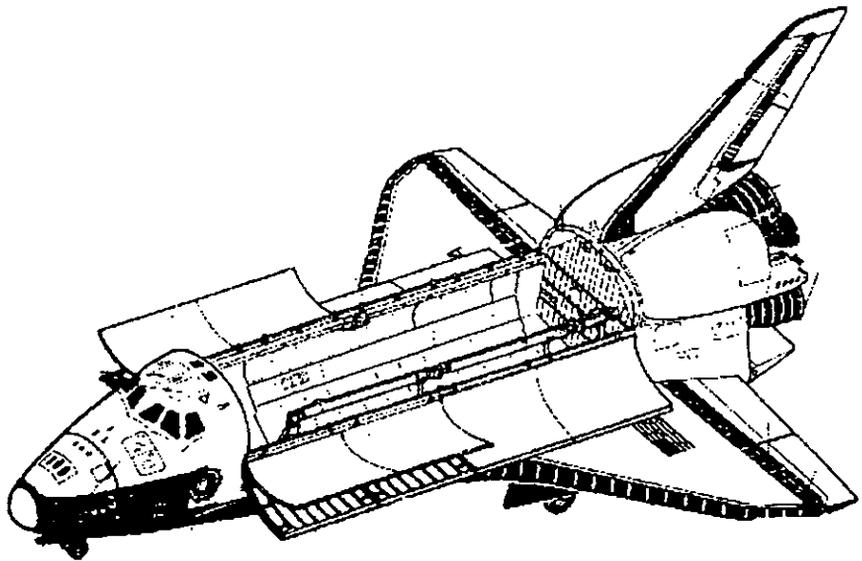
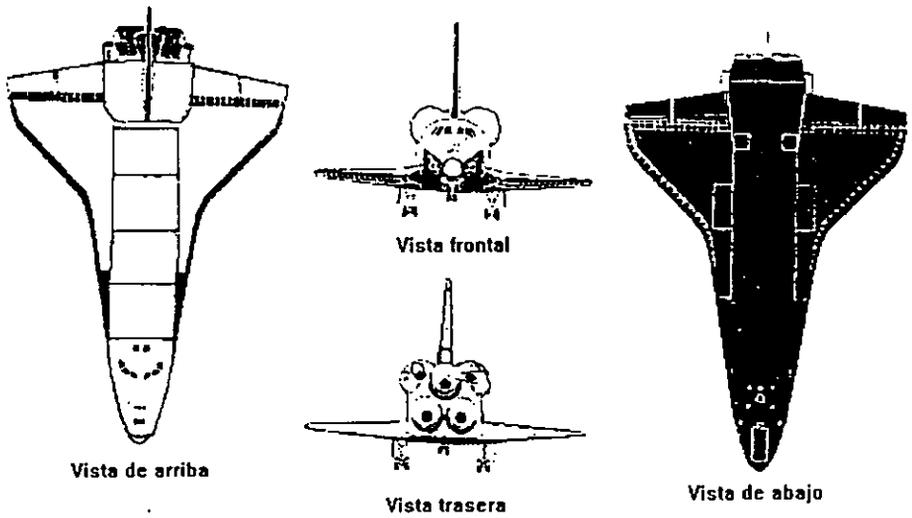


Figura 4.2. Vistas del Space Shuttle

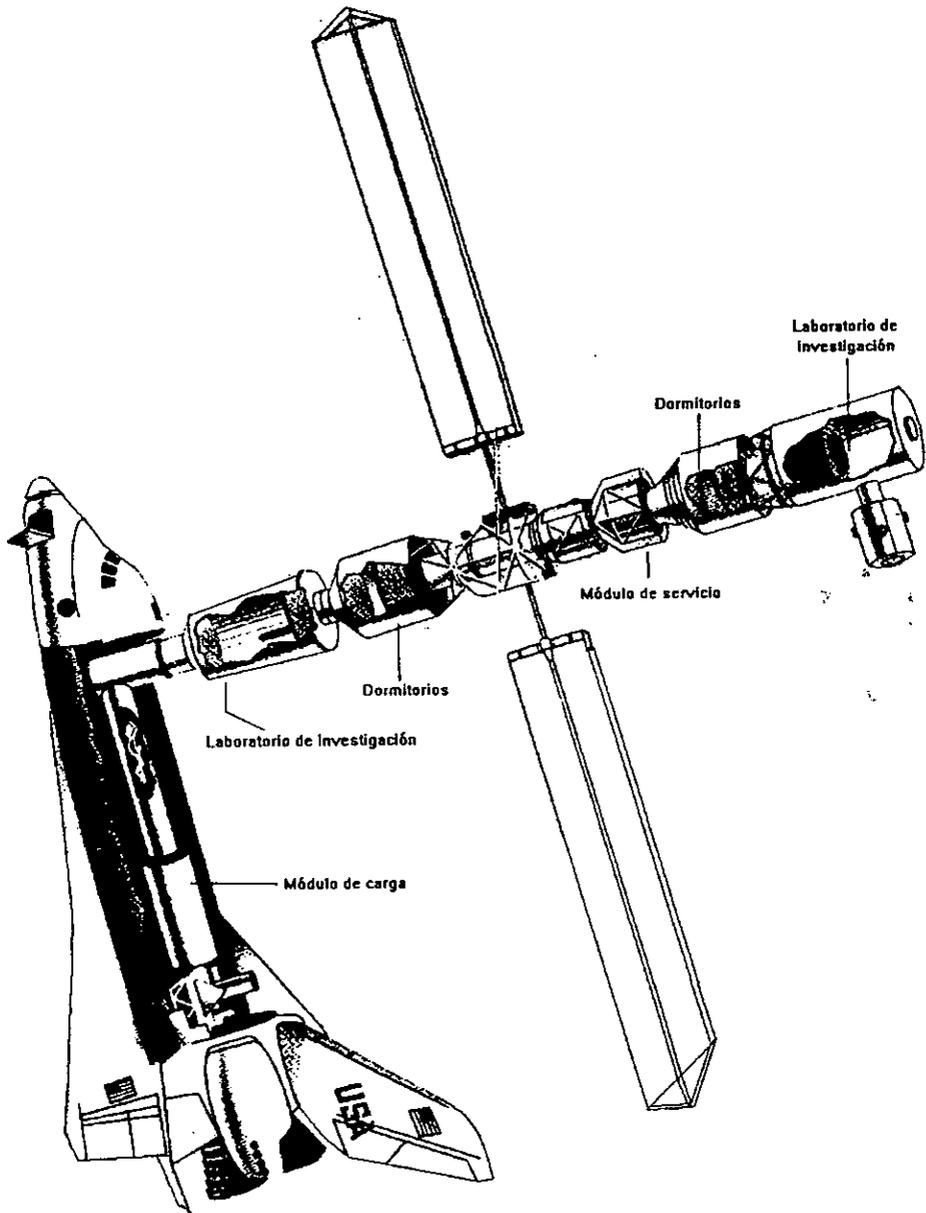


Figura 4.3. Estación orbital.

V. REALIZACION DE ACTIVIDADES EXTRAVEHICULARES (EVA).

5.1.- UNIDAD EXTRAVEHÍCULAR DE MOVILIDAD. (EMU), PARA LA REALIZACION DE EVA'S.

EVA es el acronimo en ingles de Actividades Extravehiculares. El traje que se utiliza para estas actividades se llama EMU que significa Unidad Extravehicular de Movilidad. Las actividades EVA son una parte muy importante de las operaciones y servicios de la estación espacial.

Un ser humano necesita una presurización artificial arriba de aproximadamente 12 Km. Los inicios de la tecnología de este traje se puede remontar a 1930's. Los trajes de emergencia para grandes alturas fueron desarrollados por militares después de la Segunda Guerra Mundial. Un verdadero traje espacial, sin embargo, debe ofrecer cierto grado de movilidad en todo el cuerpo y debe proveer un control ambiental del auto contenedor y del sistema de soporte de vida, (EC/LS) por o tanto no es necesario una carga de oxigeno umbilical. El calor del cuerpo debe ser removido del cuerpo entero y expulsado al espacio.

Para mediados de 1950's la Fuerza Aérea de Estados Unidos de Norte América diseño un traje de presurización parcial suficiente para mantener a un piloto vivo a una altura de emergencia hasta que la nave pudiera ser bajada a una altitud menor. Por 1959, la Naval desarrollo un traje de presión completa que fue el precursor técnico del traje espacial usado en el vuelo espacial Mercury. El traje Géminis fue un traje presurizado totalmente con mejor movilidad de brazos y piernas y fue el primer traje americano usado para EVA, Este traje no

contenía EC/LS sistema de soporte de vida portátil y fue conectado a la nave por un cordón umbilical el cual mantuvo el traje purgado con oxígeno. La operación del traje de cerca de 24 Kpa; el calor el metabolismo fue removida por medio de evaporación de sudor de la piel. Este traje proveía pobremente al trabajo en EVA.

El traje del Apolo tuvo que ser un traje completamente funcional para permitir la locomoción para las caminatas en la superficie lunar. Este tuvo un EC/LS sistema de soporte de vida portátil capaz de mantener una EVA por espacio de 8 horas con cierto margen. Un liquido enfriador dentro de la ropa fue usado por primera vez en el traje del Apolo y función bien. Esta ropa cubría todo el cuerpo excepto por la cabeza y las extremidades, esta en contacto con la piel para remover el calor. La temperatura de enfriamiento era ajustable.

El traje del Skylab fue una derivación del traje del Apolo, pero no incluía un sistema EC/LS debido a que todas las EVA's fueron planeadas y conducidas desde el vehiculo por lo cual el cordón umbilical era practico. Este traje fue muy usado en el Skylab para misiones activas planeadas así como para las no planeadas.

El traje del Shuttle es un diseño nuevo con movilidad y un nuevo EC/LS portátil. El traje del Shuttle es similar en muchos aspectos al traje del Apolo. Este traje es mostrado en la figura 5.1, 5.2 y 5.3.

Las funciones de los subsistemas son en general las mismas. El traje del Shuttle es modular con un rango de tallas para las partes como lo son las secciones de brazos y piernas, y se

puede ajustar. Este traje puede ser ceñido al tripulante por medio de una selección apropiada de las tallas de las partes y por medio de ajustes.

Todos estos trajes han empleado filosofías de diseño similares; ellos emplean diseños de fabrica para unión movable. El traje del Shuttle utiliza un torso superior duro.

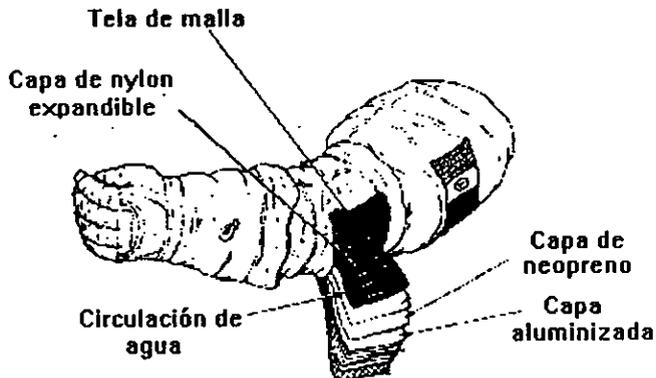


Figura 5.1. Brazo

El traje del Shuttle opera a una presión ligeramente alta, 28 Kpa. La cabina del Shuttle, sin embargo, opera a una presión más alta 100Kpa. Para evitar una aeroembolia cuando van de la

presión de la cabina del Shuttle a la presión del traje, el tripulante debe respirar oxígeno puro por 3 horas, para purgar el nitrógeno de la sangre y del cuerpo. En misiones resientes, la cabina de presión del Shuttle ha tenido que ser reducida gradualmente por cerca de 65 Kpa principalmente para EVA's para reducir el tiempo de prerespiración, el riesgo de enfermar. La gran diferencia entre la cabina y el traje es un problema serio de operación, y una solución es el uso de un traje de alta presión. En el presente, 55 Kpa es representativo del diseño de presión para futuros trajes.

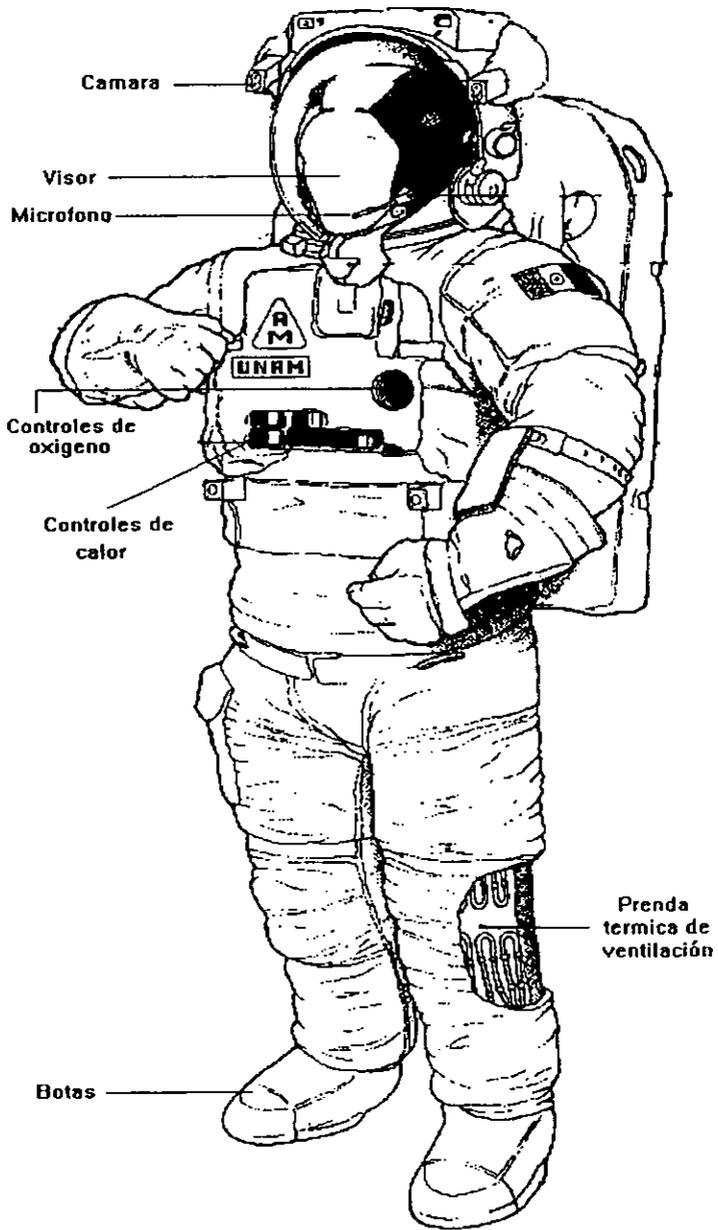


Figura 5.2. EMU de frente

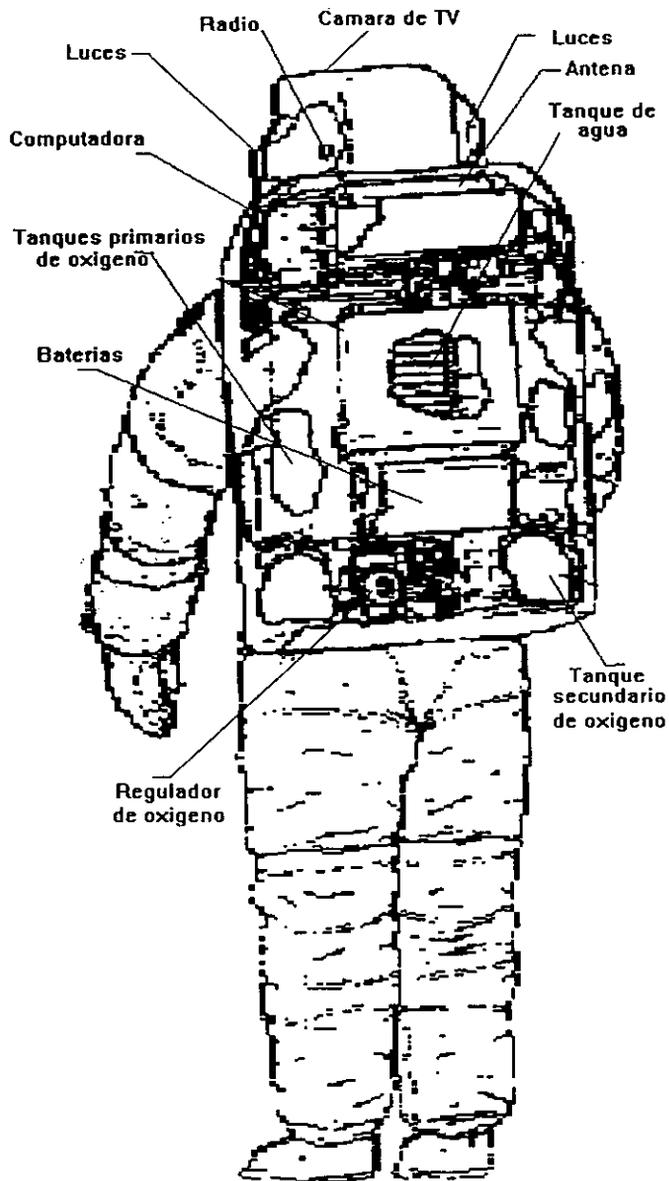


Figura 5.3. EMU de espaldas

5.2.- EQUIPO NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE EVA'S.

La locomoción es una parte indispensable de las operaciones EVA. En la Luna fue fácil en el ambiente de gravedad nula de la estación espacial es más difícil, pero hay muchas soluciones. Se utilizan ataduras para prever una separación accidental en una actividad extravehicular de un tripulante y el vehículo. Aun en movimientos relativamente lentos puede resultar una larga separación en periodos de menos de una hora. El peligro de una separación significa "perderse en el espacio" y es real.

En el Shuttle se han utilizado sujetadores de manos y cables los cuales pueden moverse mano sobre mano y han funcionado bien, y han previsto que las manos del tripulante no estén ocupadas de otra manera. La plataforma restringida de los pies puede ser atada al final del Sistema Manipulador Remoto (Remote Manipulator System, RMS) y el astronauta es movido o posicionado por el brazo. La figura 5.4 muestra a un astronauta en una actividad vehicular utilizando el RMS.

El movimiento libre, el desatraco y la atracción, han sido utilizados para distancias cortas con ataduras para mayor seguridad. La Unidad de Hombre Maniobrable (Man Maneuvering Unit, MMU), ha sido muy exitosa en los vuelos más recientes del Shuttle. Esta unidad es una nave espacial piloteada con una capacidad total de control de altitud incluyendo una unidad de medición de inercia. Es propulsada con gas de nitrógeno frío, almacenado en tanques presurizados. Su control de altitud es lo que lo hace tan útil para operaciones de recuperación de satélites.

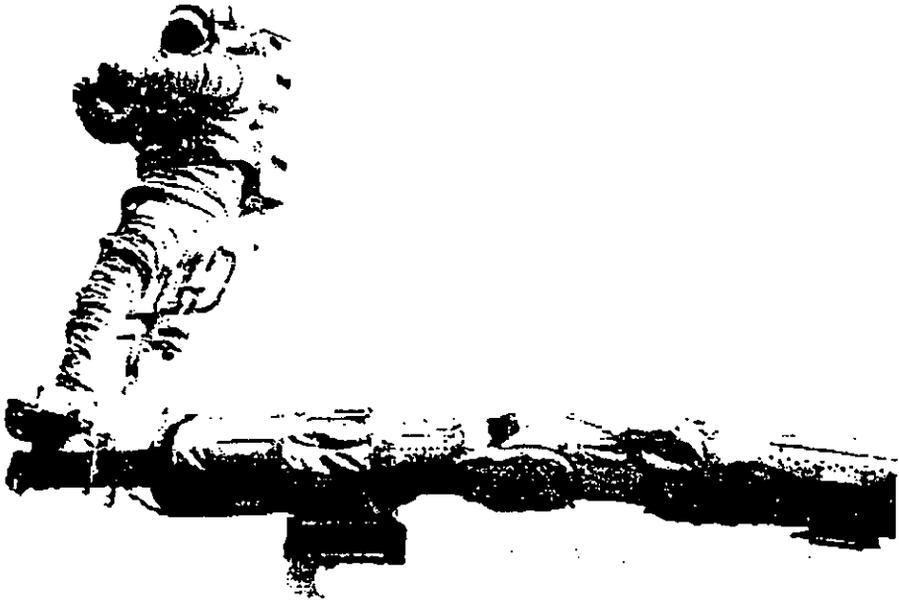


Figura 5.4. EVA utilizando el RMS

Las actividades EVA con la unidad MMU son limitadas a aproximadamente 1 Km de distancia del Shuttle o de la estación. Versiones futuras del MMU pueden tener una gran capacidad, y operar de alguna forma en rangos más grandes de distancia.

La figura 5.5 muestra una imagen de la unidad MMU.

Transportando a un tripulante por distancias más grandes, para misiones de servicio, probablemente puedan utilizar algún tipo de cabina de presurización.

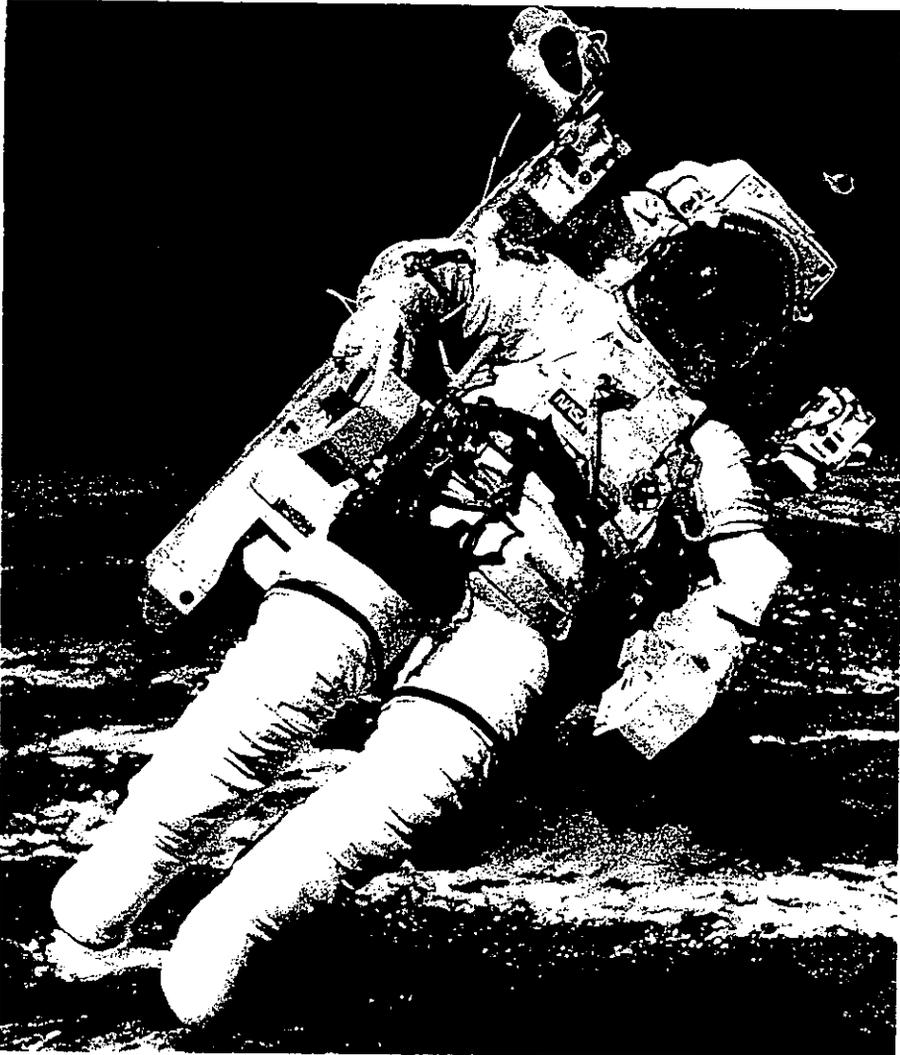


Figura 5.5. EVA utilizando la MMU.

Las herramientas y equipo para la realización de actividades EVA son similares a las que se utilizan dentro de la estación pero deben estar diseñadas especialmente para este tipo de actividades. Las restricciones adecuadas son más importantes ya que las restricciones improvisadas como las sujetamanos provisionales son menos prometedores de ser encontrados. El telescopio espacial esta diseñado para que pueda ser utilizado en las actividades EVA. Otros diseños para servicios en actividades EVA utilizan simplificadas y similares aproximaciones para minimizar el número y la complejidad de las herramientas que deben ser usadas. Las herramientas de potencia experimentales como taladros, sierras, y tuercas de transmisión ya han sido construidas.

El diseño de sistemas, herramientas, y equipo para operaciones EVA necesitan seguir únicamente unas cuantas reglas:

- 1.- Hacerse accesibles y mantener las tareas lo más fácilmente posible.
- 2.- Asegurar que las tareas sean compatibles con la movilidad los limites de visión del taje para EVA.
- 3.- Asegurar que las herramientas puedan ser realmente usadas con los guantes presurizados del EVA.
- 4.- Mantener cada cosa restringida para las herramientas, pares, etc., y que no floten lejos en gravedad cero.
- 5.- Proveer las restricciones adecuadas de gravedad cero para todos los trabajos.

VI. LA ESTACION ESPACIAL "MIR" COMO PUNTO DE PARTIDA HACIA UNA ESTACION ESPACIAL INTERNACIONAL.

Una vez realizado el análisis de la estación espacial Mir, se cuenta con las bases necesarias para el desarrollo de una estación espacial internacional. La idea de una estación internacional fue el resultado de la puesta en marcha de la estación espacial Mir, de la cual se obtuvieron resultados en su mayoría positivos, con lo cual, científicos rusos y norteamericanos se unieron para dar forma al desarrollo y planeamiento de dicha estación, se tiene planeada una cooperación con Canadá, Europa y Japón, siendo este complejo dirigido por la Aeronáutica Nacional y Administración del Espacio (N.A.S.A).

Contando con un laboratorio fuera de la Tierra los científicos tendrían tres valiosos recursos con los cuales no se puede contar en la Tierra, los cuales son: una gravedad muy cercana a cero (Microgravedad), la continua presencia de hombres y mujeres para llevar a cabo experimentos, y una distancia de 250 millas sobre la superficie de la Tierra para observar las estrellas, la Tierra y otros planetas. Estos recursos abren un importante campo de investigación en todas las áreas del conocimientos, como lo son la biología, física, química y astronomía.

Un ejemplo de los conocimientos adquiridos en estas condiciones, enfocados a las áreas de la física y química, es la producción de cristales puros vitales para evolución y desarrollo de dispositivos electrónicos, para la creación de nuevos metales y vidrios resistentes a las altas temperaturas necesarios para los sistemas de comunicaciones ópticas.

Una vista externa de la estación espacial contaría con cientos de metros cuadrados de área en la cual se integrarían todos los instrumentos necesarios para las arreas de observación, con estas dimensiones se pueden acomodar grandes estructuras y aumentar la capacidad de los sistemas de datos y energía, en resumen la estación espacial operaría por décadas y por lo tanto se requerirá de un mantenimiento continuo de todos los subsistemas de la misma así como de los propios instrumentos de investigación, una vista interior de lo que lo podría ser un laboratorio de una estación espacial internacional se muestra en la figura 6.1.

Se planea que en el futuro dicha estación sirva a otras naciones tanto como a las implicadas en su desarrollo, estando diseñada para poder expandir su capacidad según sea la necesidad. El complejo diseñado en su totalidad hasta el momento en que se realizó el presente trabajo de investigación, es mostrado en la figura 6.2.

Este diseño tiene la característica de ser muy eficiente en cuanto al sistema de suministro de energía al complejo, esto es debido a que se mejorara la capacidad de almacenamiento de energía por medio de arreglos de paneles solares adicionales, este sistema puede ofrecer una gran conversión de energía con lo cual se lograría el incremento de su capacidad.

Básicamente se tienen contempladas tres actividades primordiales para el desarrollo y detallado de este diseño, las cuales son:

- 1.- Software de apoyo ambiental (S.S.E).

2.- Sistema técnico y manejo de información (T.M.I.S.).

3.- Programa de apoyo técnico (P.S.C.).

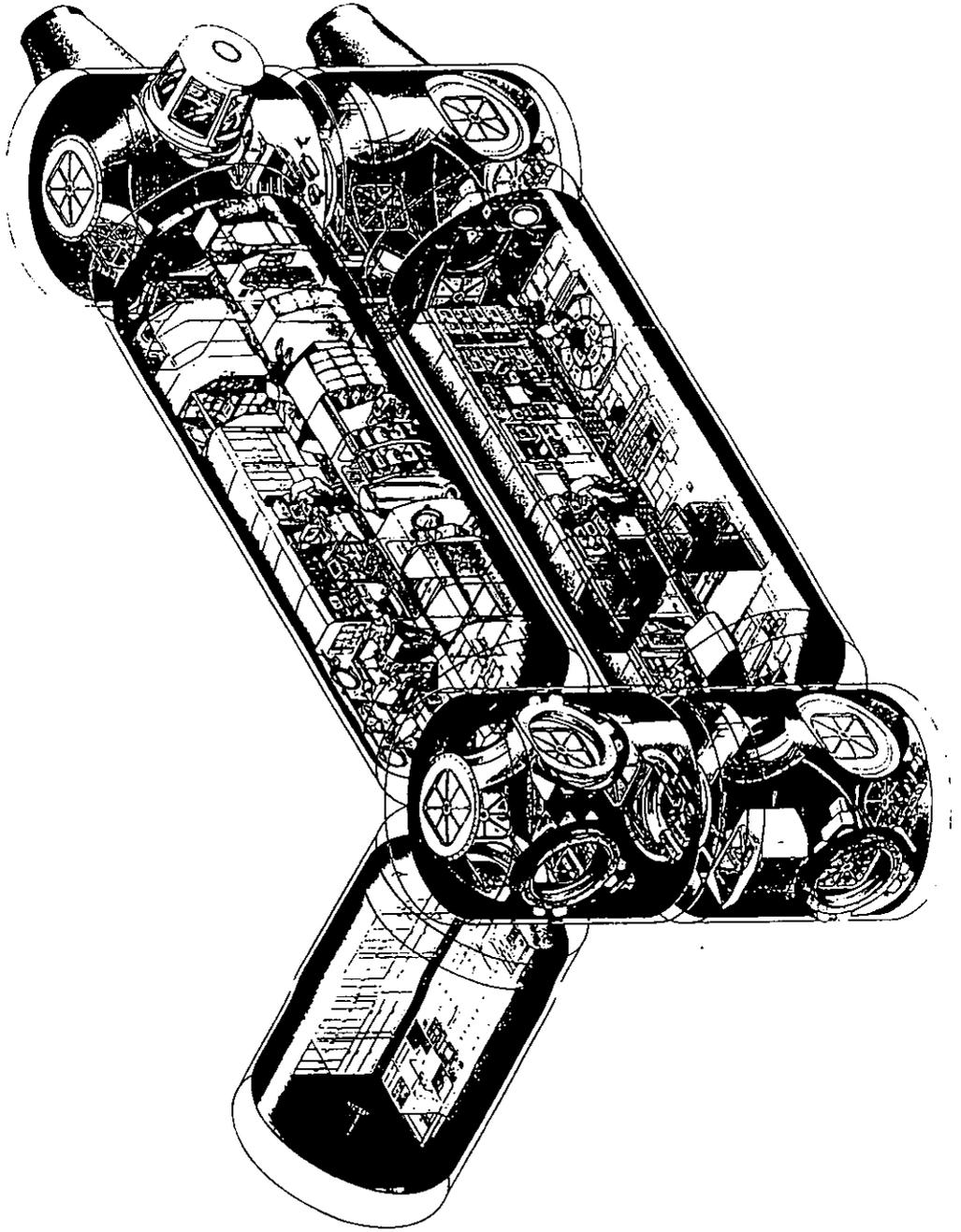


Figura 6.1. Vista interior del prototipo de laboratorio espacial.

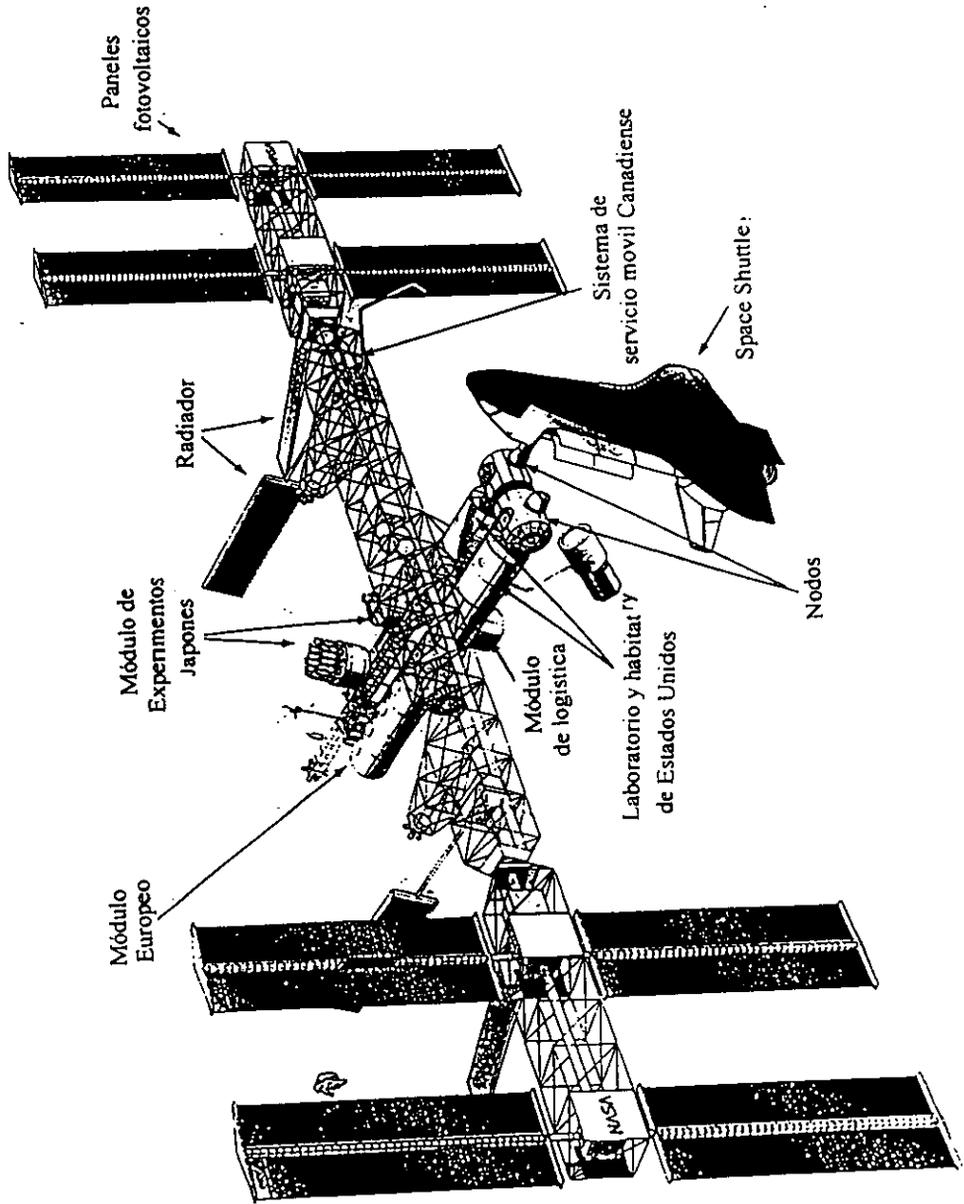


Figura 6.2. Diseño tentativo de la Estación Espacial Internacional.

Cualquier estación espacial es altamente dependiente de un sistema de transportación, como se pudo apreciar en el ensamblado de la estación espacial Mir la cual fue apoyada por los vehículos Soyuz y Progress, así pues la estación espacial internacional no es la excepción, por lo cual se programa que utilice el Space Shuttle, así como la los vehículos de transportación de la serie Ariane pertenecientes a la agencia espacial europea (E.S.A.), los cuales se utilizaran en menor proporción que el Space Shuttle, ya que estos no tienen la capacidad de retornar a la Tierra.

Ahora bien, el proceso de ensamblaje e integración de la estación espacial final se lleva a cabo por medio de tecnología vanguardista, conocida en la actualidad como "Realidad Virtual", en la cual se realizan simulaciones de actividades extravehiculares, las cuales tienen como objetivo el ensamble de la estación, las figuras 6.3 y 6.4, muestran algunas de estas simulaciones. La figura 6.3 muestra la maniobra de colocación de un codo de unión de la estación.

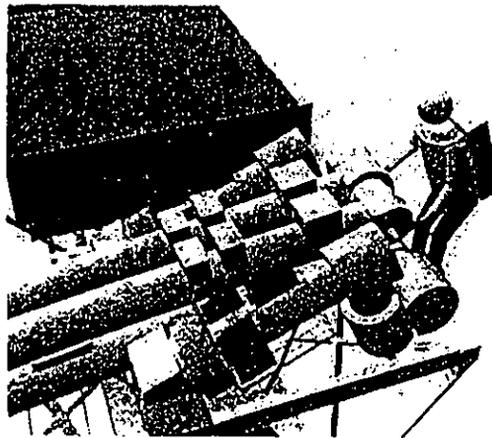


Figura 6.3. Colocación de un codo de unión.

La figura 6.4 muestra la liberación de terminales pesadas.

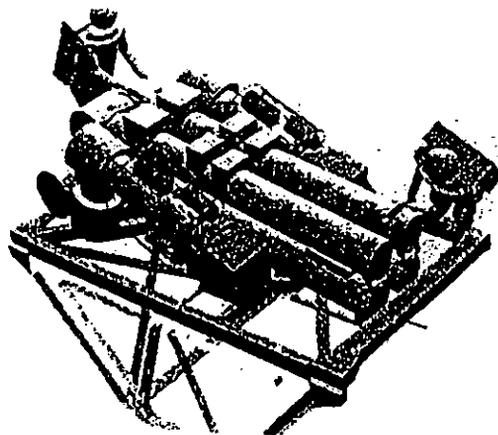


Figura 6.4. Liberación de terminales pesadas.

La figura 6.5 muestra el aseguramiento de una bisagra.

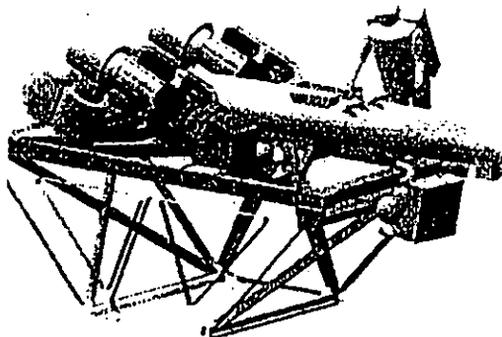


Figura 6.5. Aseguramiento de una bisagra.

Un elemento necesario para el ensamblaje de una estación espacial es el Sistema Manipulador Remoto (R.M.S.), el cual esta constituido de los siguientes elementos en el momento del lanzamiento:

- 1.- Masa al momento del lanzamiento (3100 lb).
- 2.- Volumen al momento del lanzamiento (92 plg).

El RMS es uno de los elementos que utilizan tanto los astronautas como cosmonautas en la realización de actividades extravehiculares.

La figura 6.6. muestra el esquema del RMS.

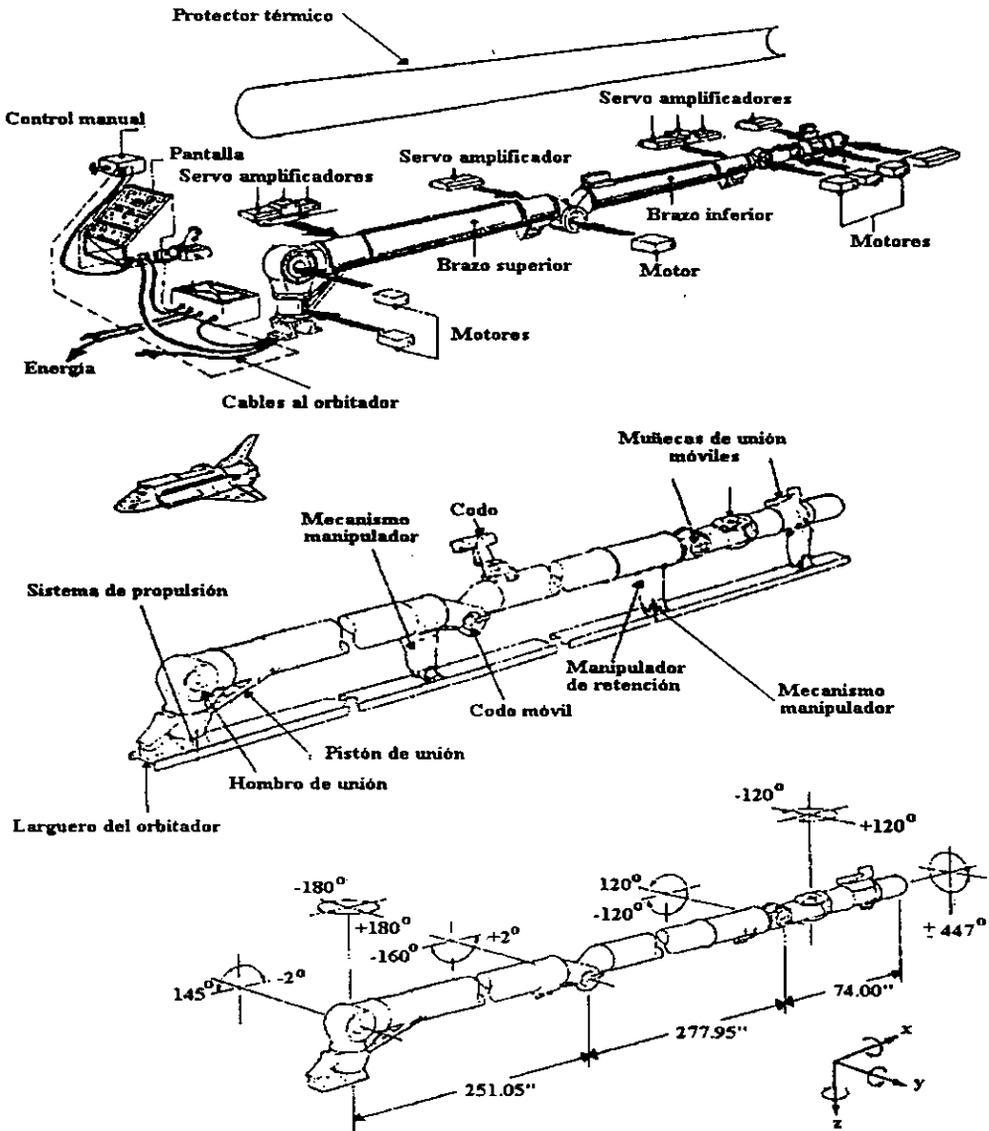


Figura 6.6. Estructura del RMS canadiense para el Space Shuttle

CONCLUSIONES

Para poder tomar el tema de una estación espacial internacional como la que se planea llevar a cabo y la cual ya se encuentra en desarrollo se requiere conocer los elementos analizados en los capítulos anteriores.

La estación espacial Mir ha sido la estación experimental que permite en la actualidad la realización de una estación internacional, ya que esta estación es la base científica y practica de este proyecto, en esta estación se ha llevado a la practica el diseño y análisis de sistemas espaciales necesarios para la supervivencia de seres humanos fuera de la atmósfera terrestre, todos los elementos y sistemas que se trataron con anterioridad deben ser tomados como punto de partida para la realización de una estación espacial internacional.

Se debe entender que el análisis va todavía más allá del planteamiento que se realizó en este trabajo, pero el objetivo de este es el de lograr un entendimiento general del desarrollo de un complejo espacial, ya que la tecnología esta avanzando cada vez más rápido.

El ser humano tiene el instinto innato de conquista y este instinto es el que lo ha llevado a la conquista del espacio, quiere llegar cada vez más lejos y lograr descubrir todos los misterios fuera de la Tierra que aún no le han sido revelados.

La estación espacial internacional que se ha planeado poner en funcionamiento es el sueño de

muchos científicos, la estación espacial Mir fue solo el principio de un avance en la conquista del espacio, es la piedra angular que da la base y la confianza para emprender este ambicioso proyecto.

La estación espacial internacional que se esta llevando a cabo es la llamada Estación Espacial Alfa, aún se podría decir que es un proyecto, pero definitivamente es el proyecto más importante, tanto por la complejidad tecnológica como la relacionada con la alianza internacional que representa. La expectativa es muy grande, la estación esta planeada para llevar a cabo todo tipo de experimentos, y quien sabe tal vez en un futuro se puedan realizar ciudades enteras fuera de la atmósfera terrestre.

Una vez más la ciencia ficción se convierte en realidad, y el futuro nos esta alcanzando rápidamente mientras que el ser humano no esta dispuesto a ceder en su esfuerzo de llevarle la delantera. El espacio cada vez es más pequeño y nos oculta menos de sus maravillas.

APENDICE

GUIA DE FRECUENCIAS PARA SATELITES DE ORBITA BAJA



SATELLITE SERVICES GUIDE



Amateur Satellite Frequency Guide

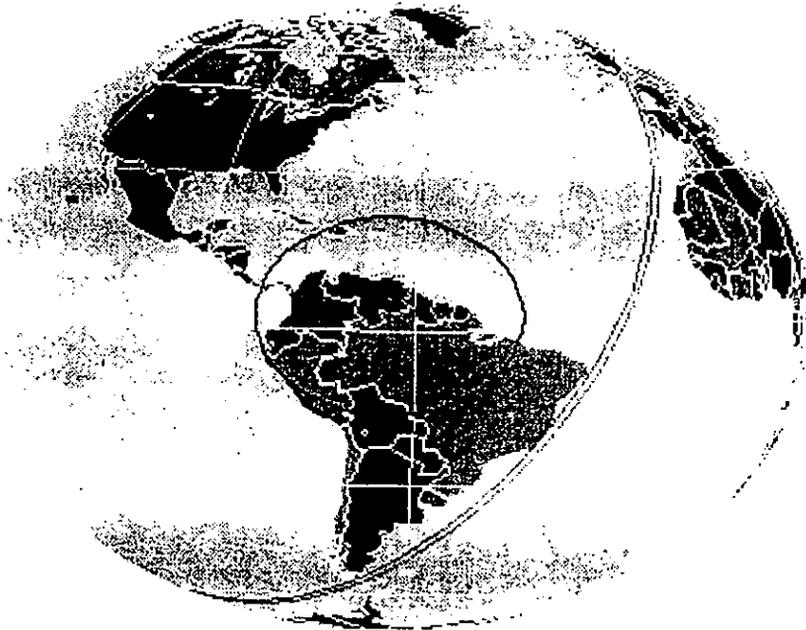
The Radio Amateur Satellite Corp.

Satellite	Mode	Frequencies											
JAS-1b (FO-20) (Notes 11 & 13)	JA Linear	Dn	435.800	810	820	830	840	850	860	870	880	890	435.900
		Up	145.000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	145.900
	8cn	435.795 (CW)											
JD [a] Dgt	Dn												435.910
		Up	145.850		145.890		145.910						
OSCAR 22 (UO-22) (Note 11)	[c]	Dn	435.120										
		Up	145.900		145.975								
KITSAT A (KO-23) (Note 11)	[c]	Dn	435.173										
		Up	145.850		145.900								
KITSAT B (KO-25) (Note 11)	[c]	Dn	435.175		436.500								
		Up	145.870		145.980								
U-AMSAT (UO-26) (Note 11)	[a,c]	Dn	435.820 (Sec.)		435.867								
		Up	145.875	145.900	145.925	145.950							
EYESAT /AMBAD (AO-27) (Note 11)	[b,a]	Dn	436.800										
		Up	145.850										
POSAT (PO-28) (Notes 11 & 13)	[c]	Dn	435.250		435.280								
		Up	145.825		145.975								
MIR (Note 15)	[b]	Up & Dn & FM voice	145.550										
SHUTTLE (SAREX) (Note 15)	[b]	Dn	145.840										
		Up	144.450		144.470								



Compiled by
AMSAT
The Radio Amateur Satellite Corp.
PO Box 27 Washington, DC 20044

SEGUIMIENTO DE LA ESTACION MIR



BIBLIOGRAFIA

- 1.- Enciclopedia de las Ciencias. 8ª .Ed. Cumbre, S.A.,
- 2.- Kenneth Gatland. Exploración del espacio. Ed. Orbis, 1985.
- 3.- Gordon R. Woodcock. Space station and plataforms. Ed. Orbit, 1997.
- 4.- Martin davidoff. The Satellite Experimenter's Handbook. 2ª Ed. The American Radio Relay League, Inc., 1990.
- 5.- Space Technology, Industrial and Comercial Applications. Volumen 15, Ed. Pergamon, 1995