

SATELITES

METEOROLOGICOS ARTIFICIALES

Por

Germán VALDIVIA Keller

Capitán de corbeta, Armada de Chile

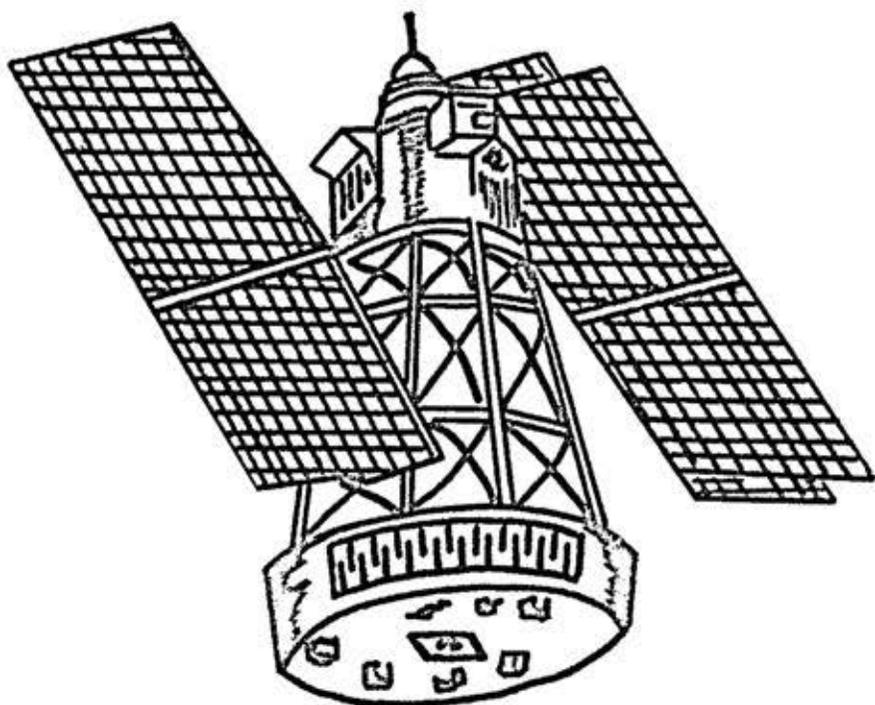
GENERALIDADES



A PREPARACION de un pronóstico meteorológico requiere en un determinado momento, de una adecuada descripción del estado de la atmósfera de toda la Tierra, de manera que en gran parte la certeza del pronóstico está determinada por una suficiente cantidad de observaciones. Desgraciadamente en la práctica, la atmósfera no puede ser observada en la forma adecuada por los medios convencionales: estaciones de superficie tanto terrestres como oceánicas, aviones en vuelo, radiosondas, co-

hetes, etc., pues ellos cubren sólo el 20% de la Tierra dejando grandes áreas, principalmente oceánicas, sin observaciones meteorológicas.

Este problema de difícil solución, el comienzo de la era espacial y la necesidad de hacer un mejor uso de las condiciones atmosféricas, condujo a experimentar, en forma muy elemental, con los satélites artificiales Vanguard-2 y Explorer-7, los años 1957 y 1958, la posibilidad de obtener fotos de las nubes que cubren la Tierra en un momento determinado.



Si bien es cierto que el resultado fue pobre, se vio que la solución al problema planteado estaba bien orientada y es así, como en un esfuerzo conjunto entre la NASA, Departamento de Defensa y Departamento de Comercio de los Estados Unidos, se desarrolló un programa de Satélites Meteorológicos Artificiales

con el objeto de experimentar y desarrollar un sistema capaz de dar una visión panorámica total de la Tierra, por lo menos cada 24 horas y, a su vez, que dicha información fuera transmitida a diferentes estaciones terrestres para ser usadas en el estudio de la atmósfera.

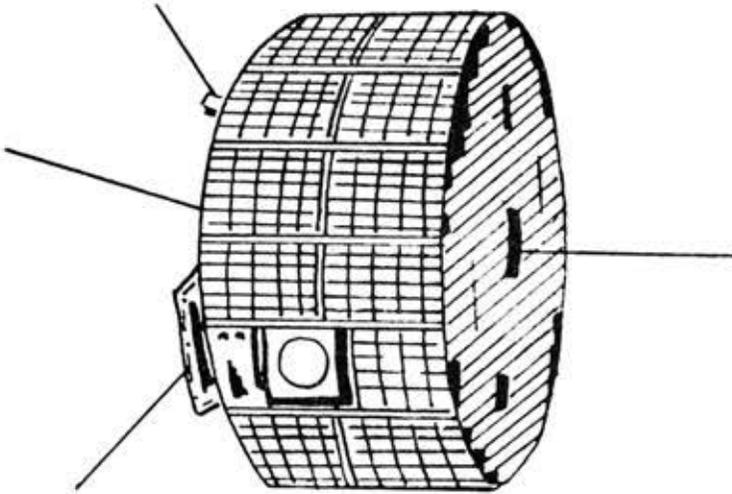


Figura N° 1. Satélite TIROS.

Este programa desarrolló los primeros satélites meteorológicos conocidos como TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) (Ver figura N° 1), comenzado con el TIROS I que fue puesto en órbita el 1° de abril de 1960. Las primeras fotos mostraron las bondades de este sistema, que continuó perfeccionándose, tanto en la parte equipo del satélite,

como el sistema de disseminación de la información (Ver Cuadro N° 1).

Esta etapa experimental se prolongó hasta febrero del año 1966, fecha en que se estableció el primer Sistema de Satélites Meteorológicos Operativos (TOS - Tiros Operational System). (Figura N° 2) con el lanzamiento de los satélites ESSA-1 y ESSA-2.

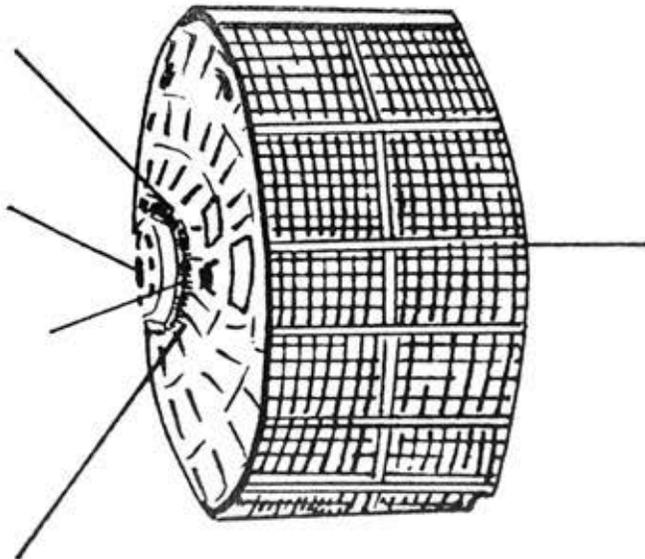


Figura N° 2. Satélite ESSA.

CUADRO N° 1

A.—SATELITES SINCRONIZADOS CON EL SOL

SISTEMA EXPERIMENTAL "TIROS" (Television and Infrared Observation Satellite).

Satélite	Fecha de Lanzamiento	Altura	Estado
TIROS I	19-Abril-1960	718 Kms.	Inoperativo
TIROS II	23-Noviembre-1960	670 "	id.
TIROS III	12-Agosto-1961	760 "	id.
TIROS IV	8-Febrero-1962	770 "	id.
TIROS V	19-Junio-1962	772 "	id.
TIROS VI	18-Septiembre-1962	695 "	id.
TIROS VII	19-Junio-1963	644 "	id.
TIROS VIII	21-Diciembre-1963	750 "	id.
TIROS IX	22-Enero-1965	1.630 "	id.
TIROS X	2-Julio-1965	792 "	id.

SISTEMA "TOS" (Tiros Operational System)

ESSA 1	3-Febrero-1966	755 Kms.	Inoperativo
ESSA 2	28-Febrero-1966	1.380 "	id.
ESSA 3	2-October-1966	1.430 "	id.
ESSA 4	26-Enero-1967	1.370 "	id.
ESSA 5	20-Abril-1967	1.379 "	id.
ESSA 6	18-Septiembre-1967	1.400 "	id.
ESSA 7	16-Agosto-1968	1.420 "	id.
ESSA 8	15-Diciembre-1968	1.437 "	Operativo
ESSA 9	26-Febrero-1969	1.464 "	Inoperativo

SATELITES "NIMBUS"

NIMBUS 1	28-Agosto-1964	670 Kms.	Inoperativo
NIMBUS 2	15-Mayo-1966	750 "	id.
NIMBUS 3	10-Mayo-1968	1.070 "	id.
NIMBUS 4	8-Abril-1970	1.088 "	id.

SISTEMA "ITOS" (Improved Tiros Operational System).

ITOS 1	23-Enero-1970	1.460 Kms.	Inoperativo
NOAA 1	11-Diciembre-1970	1.450 "	id.

SISTEMA "MITOS" (Modified Improved Tiros Operational System)

NOAA 2	15-October-1972	1.451 Kms.	Desactivado
NOAA 3	6-Noviembre-1973	1.505 "	Stand by
NOAA 4	15-Noviembre-1974	1.451 "	Operativo

B.—SATELITES GEOESTACIONARIOS

SISTEMA "ATS" (Application Technology Satellite).

Satélite	Fecha de Lanzamiento	Altura	Ubicación	Estado
ATS-1	7-Diciembre-1966	35.738 Kms.	149° W.	Parcial
ATS-3	5-Noviembre-1967	35.664 "	69° W.	Parcial

SISTEMA "GOES" (Geostationary Operational Environmental Satellite).

SMS-1	17-Mayo-1974	35.785 Kms.	75° W.	Operat.
-------	--------------	-------------	--------	---------

Este sistema operaba con dos satélites cubriendo completamente la Tierra en 24 horas y se mantuvo con un total de 9 satélites hasta enero de 1970 (Ver Cuadro N° 1), fecha en que la experiencia de 10 años y los adelantos logrados por el perfeccionamiento de los satélites, modificaron el sistema TOS, pasando a llamarse ITOS (Improved Tiros Operational System), introduciéndose ciertos adelantos y variaciones substanciales como ser, observaciones de infrarrojo al

alcance de todas las estaciones receptoras terrestres. Paralelamente con el desarrollo del sistema TOS, se colocaron en órbita 2 satélites, conocidos con el nombre de ATS (Application Technological Satellite), naves que estacionadas sobre el ecuador se usaron y se usan actualmente para retransmisión de datos meteorológicos en un sistema conocido como Sistema WEFAX. (Ver Cuadro N° 1 y figura N° 3).

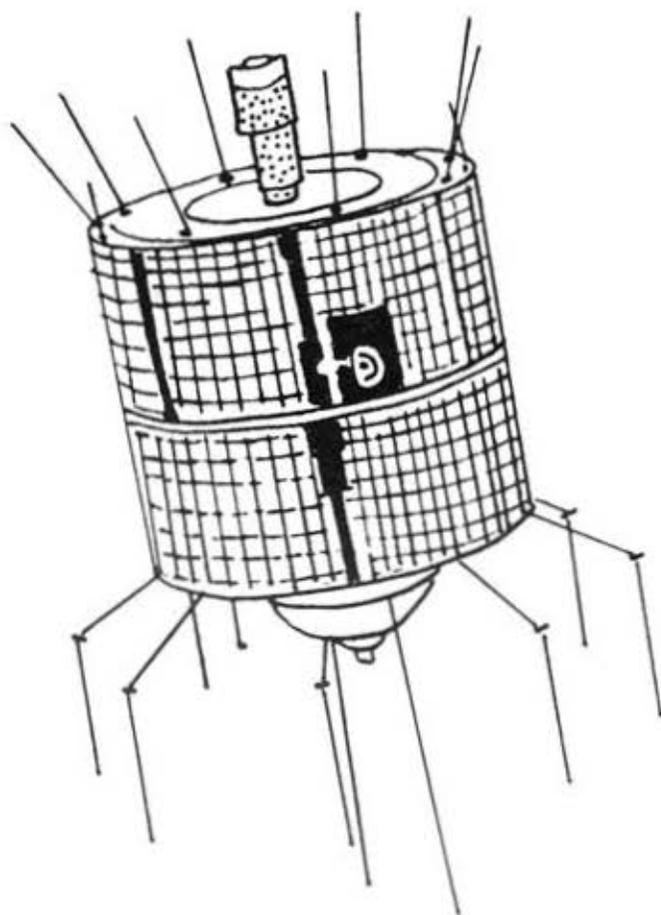


Figura N° 3. Satélite ATS.

En realidad, la etapa ITOS, cuyos únicos satélites puestos en órbita fueron el ITOS 1 y NOAA 1 (Ver Cuadro N° 1 y figura N° 4) fue una etapa de transición entre un sistema operativo que entregaba una información aceptable respondiendo en gran medida a las interrogantes planteadas y un sistema altamente perfeccio-

nado, en que la información que se provee no es sólo cuantitativa sino que, a su vez, cualitativa.

Este nuevo sistema llamado MITOS (Modified Improved Tiros Operational System) al cual se le introdujeron sensores más exactos, con avanzados sistemas de control, comenzó a operar en 1972.

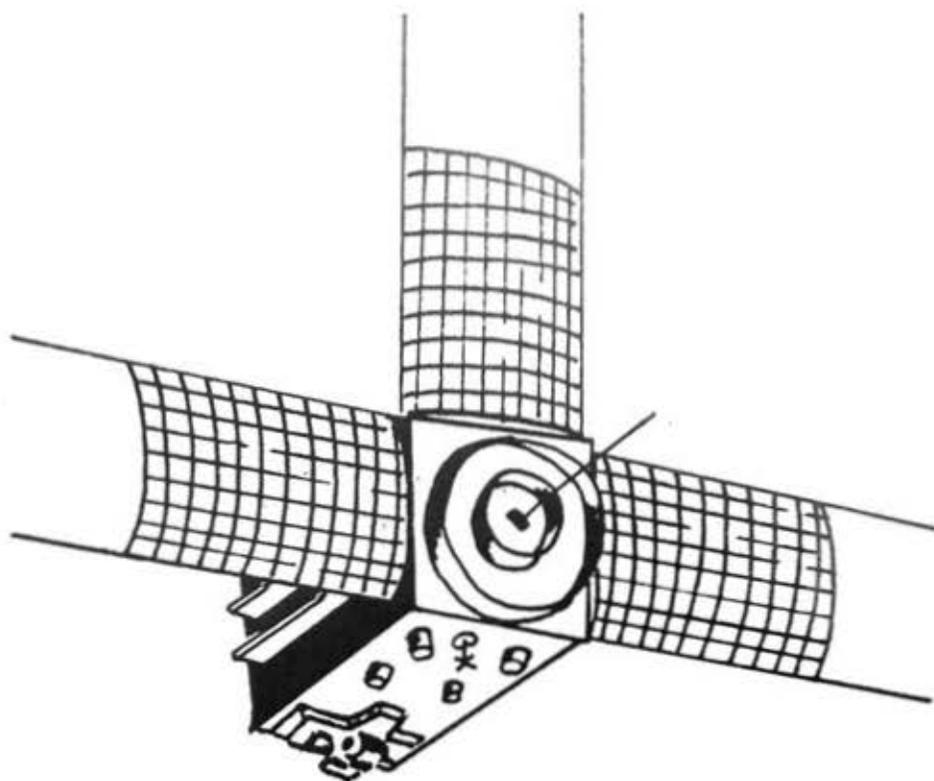


Figura N° 4. Satélite NOAA.

con el lanzamiento del satélite NOAA-2 y es, a la fecha, el sistema operacional en uso que provee la información adecuada, tanto de día como de noche (Ver Cuadro N° 1).

En el mismo Cuadro N° 1 figuran unos satélites, de los cuales no se ha hecho mención anteriormente, como son los

Nimbus I hasta Nimbus IV (Ver figura N° 5) entre los años 1964 y 1970; estos satélites se usaron especialmente para investigar y desarrollar nuevas técnicas que se fueran aplicando a medida que más naves eran puestas en órbita y no fueron empleados operacionalmente en forma rutinaria.

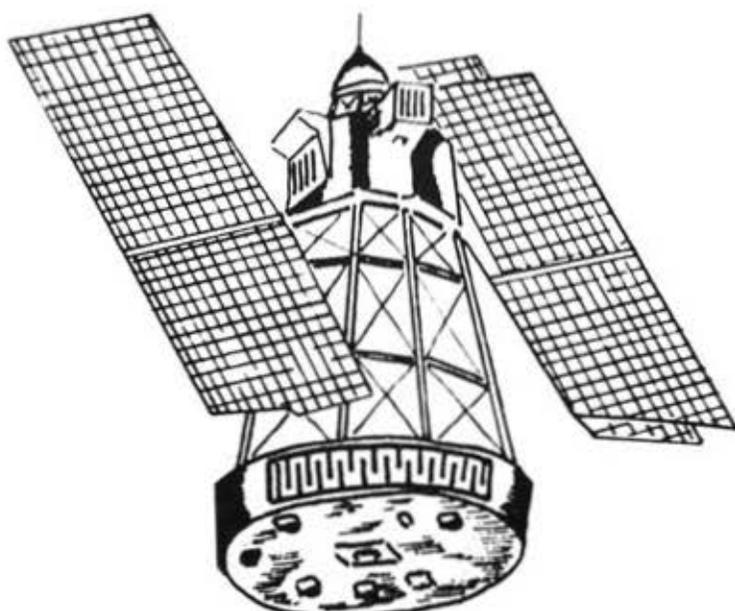


Figura N° 5. Satélite NIMBUS.

DESCRIPCION DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS

En general los satélites, comenzando desde el TIROS I hasta los actuales NOAA operan en una forma relativamente similar y se pueden dividir en dos tipos:

1. Satélites sincronizados con el sol.
2. Satélites geostacionarios o sincronizados con la Tierra.

1. Satélites sincronizados con el sol

Son todos los satélites TIROS, ESSA y NOAA, incluso los NIMBUS, que orbitan en tal forma, que por lo menos dos órbitas se producen durante las horas de luz para que las estaciones terrestres puedan recibir las fotos.

Las naves son lanzadas al espacio con cohetes "Delta" desde los sitios de lanzamiento de la NASA y durante 20 a 30 días son controlados y verificados por este mismo organismo.

Terminada esta etapa de prueba, son entregados a la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) la

que comienza a operarlos en forma rutinaria.

Estos satélites orbitan a una altura del orden de los 1.400 kms., comprobada como la mejor para los fines meteorológicos, y con un ángulo de 100° a 105° con el ecuador, o sea, una órbita casi polar.

Los satélites de la serie TIROS poseían solamente cámaras de televisión con las cuales obtenían las fotos y las retransmitían a la Tierra. La serie ESSA tenía un sistema muy similar; pero bastante más perfeccionado con cámaras AVCS (Advanced Vidicon Camera System) y grabadoras. Esta serie, que corresponde al sistema TOS, operaba con dos satélites simultáneos, de los cuales el satélite impar (ESSA 1, 3, 5, 7 y 9) obtenían sus fotos, las grababa y sólo las transmitía a dos estaciones maestras ubicadas una en Fairbanks, Alaska y Wallaps Island, Virginia, EE.UU. (Ver figura N° 6). El satélite par (ESSA 2, 4, 6 y 8) obtenía sus fotos con una resolución de 7 kms. y a su vez las retransmitía a tierra a estaciones receptoras en cualquier lugar del mundo que tuvieran el satélite sobre su horizonte y en una frecuencia de VHF.

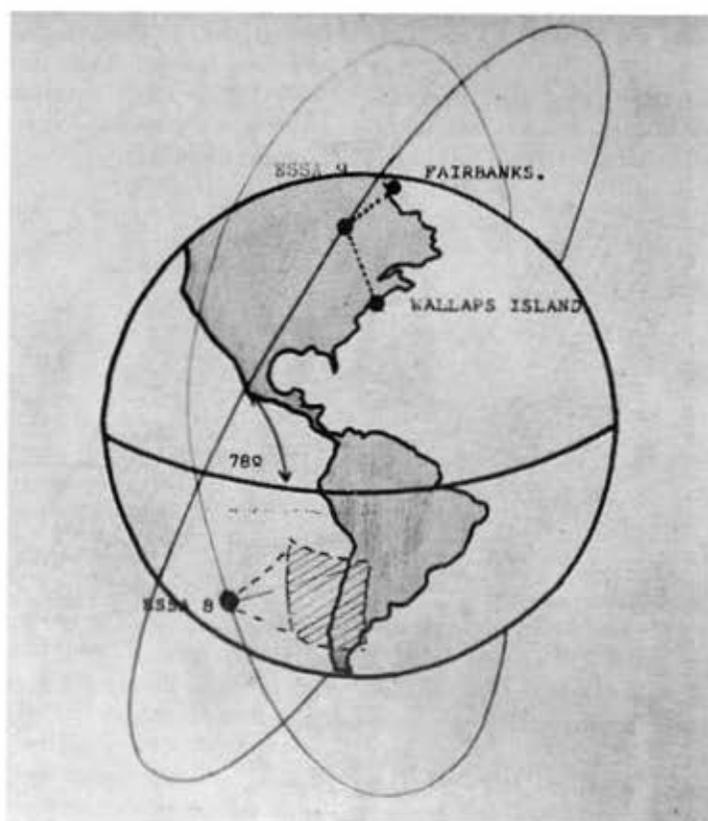


Figura N° 6. Sistema TOS.

En esta forma, con este sistema se tenía una cobertura total de la Tierra, tanto para uso inmediato como con fines de investigación. Además, comenzando con el satélite ESSA 3, los satélites impares tenían un equipo adicional SR (Scanning Radiometer) que los habilitaba para obtener fotos en infrarrojo durante la noche.

Los satélites de la serie ITOS: ITOS-1 y NOAA-1 llevaban cámaras AVCS y Radiómetro, todos estos elementos mejorados; pero por diferentes problemas, tanto técnicos como de índole presupuestario, sólo estuvieron operativos por un corto período entre 1970 y 1971, permaneciendo la serie ESSA (Sistema TOS) como el único sistema a nivel mundial.

Esta etapa de receso en cuanto a efectividad operacional de los satélites artificiales, se mantuvo hasta octubre de 1972, fecha en que se inició el nuevo sistema "ITOS MODIFICADO" con el NOAA-2, 3 y 4.

Esta serie, si bien en apariencia externa es similar a las anteriores, internamente tiene una serie de sensores y sistemas de controles muy adelantados.

Se suprimieron las cámaras AVCS y en reemplazo de éstas llevan sensores infrarrojos de gran resolución, VHRR (Very High Resolution Radiometer), VTPR (Vertical Temperature Profile Reading), radiómetro SR (Scanning Radiometer) y un sensor SPM (Solar Proton Monitor).

La novedad de este sistema es que su transmisión a estaciones de superficie es en UHF (Banda S), a diferencia de los anteriores que eran en VHF, con una resolución del orden de 0,9 kms. implicando automáticamente la eliminación de las actuales estaciones receptoras de superficie y su reemplazo por otro sistema. En principio esto es efectivo; pero el ESSA-8 continuará por un período de por lo menos dos años y además, mientras se produce el traspaso de un sistema a otro, la serie NOAA transmite en frecuencias de VHF la información provista por el SR (Scanning Radiometer).

A continuación se describen brevemente estos sensores:

VHRR

(Very High Resolution Radiometer): Es un instrumento sensitivo a la energía irradiada en el espectro visible 0,6 y 0,7 μ y en el espectro infrarrojo 10,5 a 12,5 μ . La información es transmitida directamente a las estaciones terrestres en UHF y es a su vez grabada. Su resolución es del orden de 0,93 KM.

VTPR

(Vertical Temperature Profile Reading): Mide la radiación entre 11 y 19 μ y con estos datos se obtiene un sondeo vertical de la atmósfera hasta los 100.000 pies. Esta información se graba y se envía a las estaciones maestras en Alaska y Virginia.

SR

(Scanning Radiometer): Es un instrumento de dos canales sensibles a la energía irradiada en el espectro visible 0,5 a 0,7 μ y en infrarrojo 10,5 a 12,5 μ . Sus productos o fotos tienen una resolución de 4 Mi. (7,5 kms.) y su transmisión es en VHF.

SPM

(Solar Proton Monitor): Este instrumento mide el flujo de partículas energéticas en varios rangos. Esta información una vez obtenida, se graba y se envía a una de las estaciones maestras en Alaska o Virginia. Básicamente se usa para pronosticar las tormentas solares.

2. Los satélites geostacionarios o sincronizados con la Tierra

Son satélites de posición fija con respecto a la Tierra, rotando junto con ella a una altura aproximada de 35.000 kms. En la actualidad existen tres satélites de este tipo: (Ver Cuadro N° 1).

ATS - 1

ATS - 3

SMS - 1

Los ATS son controlados por NASA, utilizándose en la retransmisión de datos meteorológicos sistema "WEFAX" y obteniendo fotos del área que cubren durante las horas de luz (Ver figura N° 7).



Figura N° 7. Foto obtenida por el ATS-3.

Su apariencia externa es muy similar a los satélites sincronizados con el sol y tienen los siguientes elementos:

—Una cámara de televisión SSCC. (Spin Scan Cloud Camera) que permite obtener una foto cada 23 minutos aproximadamente, durante las horas de luz y,

—Elementos de comunicación para retransmitir información procesada.

En la actualidad, por diferentes fallas presentadas en las cámaras, sólo se encuentran operativos los elementos de comunicación, utilizándose estos satélites en el sistema "WEFAX".

El SMS-1 (Synchronous Meteorological Satellite) es el prototipo del sistema GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) controlado directamente por NOAA. Fue puesto en órbita en mayo de 1974 y reemplazará a la serie ATS en un plazo de 2 a 3 años, manteniendo el sistema "WEFAX" de transmisión de datos y a las cámaras de televisión se les agregó un radiómetro para obtener fotos en infrarrojo, tanto de día como de noche.

OPERACION DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS

Tal como se ha descrito anteriormente, en la actualidad operan dos tipos de satélites sincronizados con el sol, que son los que proveen la información diaria y rutinaria. Uno es el ESSA-8 (TOS) y el otro es el NOAA-4 (MITOS), estando todos los otros satélites inoperantes o desactivados. Ambos operan en forma similar, pero difieren en cuanto a la información que entregan y a la calidad de ella misma.

En general, orbitan a una altura igual (1.430 kms. aproximadamente) y su órbita es de 102° con respecto al ecuador, o sea prácticamente una órbita polar y entregan su información a estaciones terrestres llamadas APT (Automatic Picture Transmission) para la recepción en frecuencia de VHF y HRPT (High Resolution Picture Transmission) para las frecuencias de UHF (Ver figura N° 8).

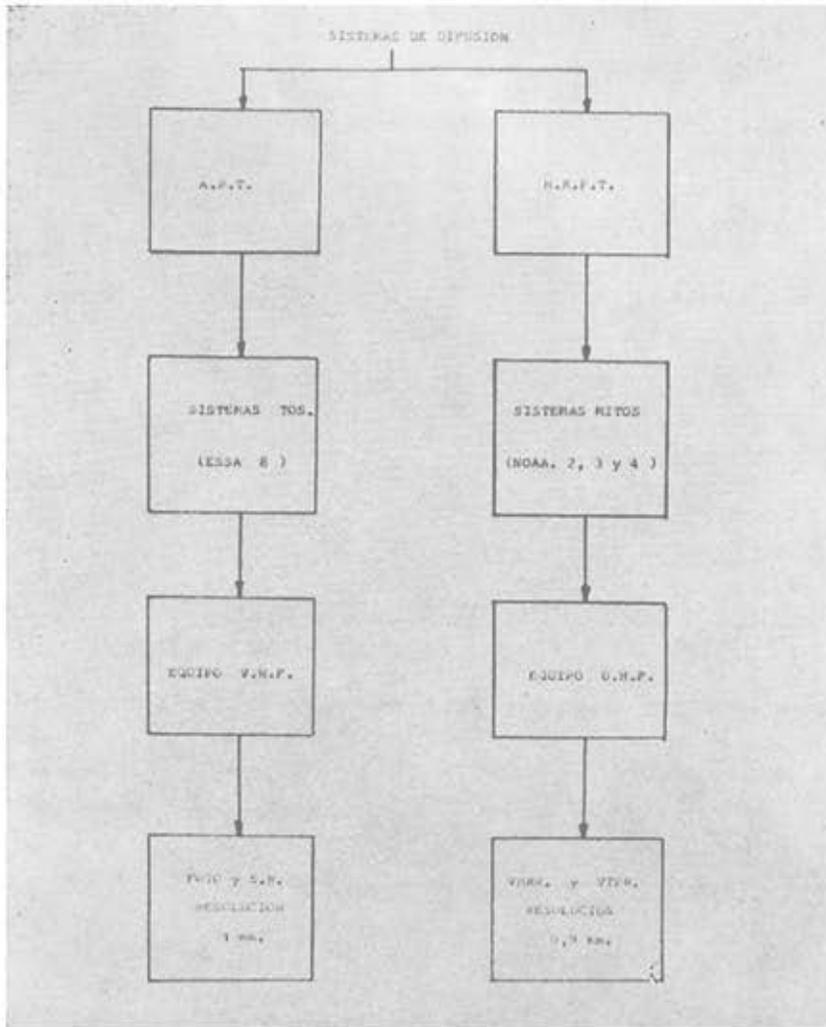


Figura N° 8: Sistemas de Difusión.

A través de las estaciones de Miami o Washington, DC., se difunden los datos concernientes a las órbitas de los respectivos satélites y en base a un cálculo en una mesa de ploteo especial, se determina lo siguiente:

- Hora en que aparece el satélite sobre el horizonte y su transmisión pueda ser captada por una estación terrestre.
- Demarcación con respecto a la estación, al aparecer sobre el horizonte.
- Posición del satélite cada 2 minutos, obteniendo con esto el ángulo de elevación y demarcación para orientar la antena.

Con estos datos se orienta la antena, manual o automáticamente, hacia el satélite, recibándose la señal, la que al pasar por un receptor de telefoto, resulta finalmente en una foto de 16,5 x 16,5 cms. (Ver figura N° 9), y que cubre un área de 2.000 millas por 2.000 millas. La posición geográfica de cada foto está marcada por la misma señal en el momento en que esta foto es tomada. La órbita de cada satélite demora sobre el horizonte de la estación, aproximadamente 22 a 24 minutos, obteniéndose 3 a 4 fotos por órbita.

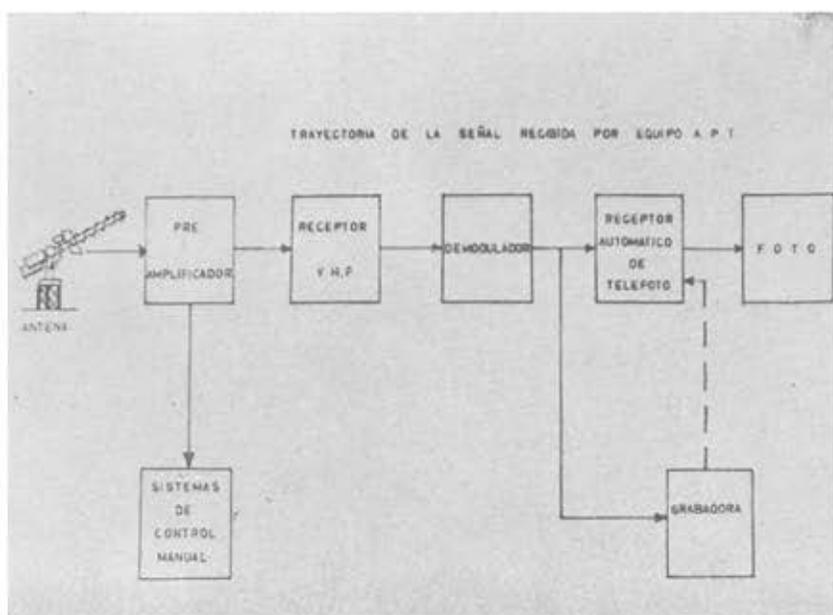


Figura Nº 9. Proceso Esquemático de una foto.

La posición geográfica de cada órbita está dada por la rotación terrestre, de tal manera que siempre la primera estará ubicada al este y la última al oeste. Dependiendo de la ubicación de la ante-

na, estas órbitas pueden ser 2, 3 ó 4; lo normal son 3.

La diferencia en hora entre órbitas es de 1 hora y 54 minutos (Ver figura Nº 10).

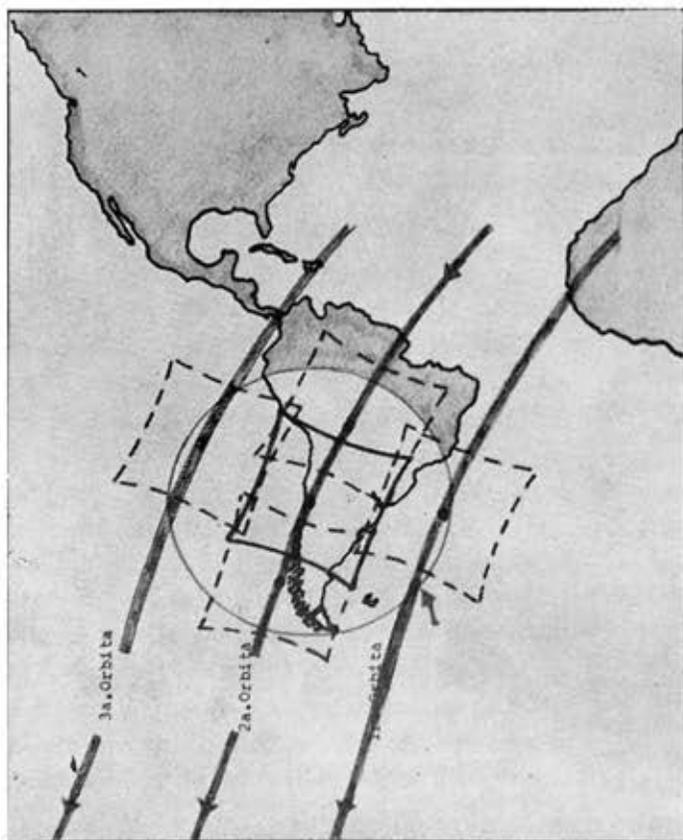


Fig. Nº 10: Orbits de un satélite sobre una Estación.

Recibidas las fotos de las diferentes órbitas, se confecciona un mosaico con todas ellas y posteriormente se engrillan, colocándoles los paralelos y meridianos correspondientes.

Hecho esto, se analiza la foto, determinándose los siguientes parámetros meteorológicos:

- Tipo de nubes
- Cantidad de nubes
- Niebla
- Sistemas frontales
- Corrientes de chorro
- Vórtices
- Anticiclones
- Ondas de montaña
- Nieve
- Áreas de viento calma.

Estos parámetros incrementan las informaciones dadas por los medios convencionales y dan un panorama completo y real de las condiciones atmosféricas del área cubierta por el mosaico.

Este análisis, que a simple vista parece tan sencillo, es la parte más complicada del sistema Foto-Satélite, ya que en él no solamente vale la calidad de la foto, sino que principalmente la experiencia y conocimientos que posee el meteorólogo analista.

Las fotos en infrarrojo, de apariencia muy parecidas a las fotos propiamente tales, dan una información similar de temperatura con una exactitud del orden de 1 a 2° C. y se pueden obtener tanto de día como de noche (Ver figura N° 11). Han pasado 15 años desde el lanzamiento del TIROS-1, años que han sido un

constante progreso en el conocimiento del comportamiento de la atmósfera. Entre 1960 y 1966, el pronóstico meteorológico se basó en un 10% en la información que proveían los satélites meteorológicos; hoy en día se basan en un 85%, y más que en la calidad de la foto, en la experiencia que se ha logrado para interpretar detalladamente la foto que se obtiene de un satélite. No está lejos el día en que gracias a estos sistemas se pueda pronosticar, en forma exacta, con 10 días de anticipación y se pueda controlar algunos de los fenómenos atmosféricos, utilizándolos en forma programada.

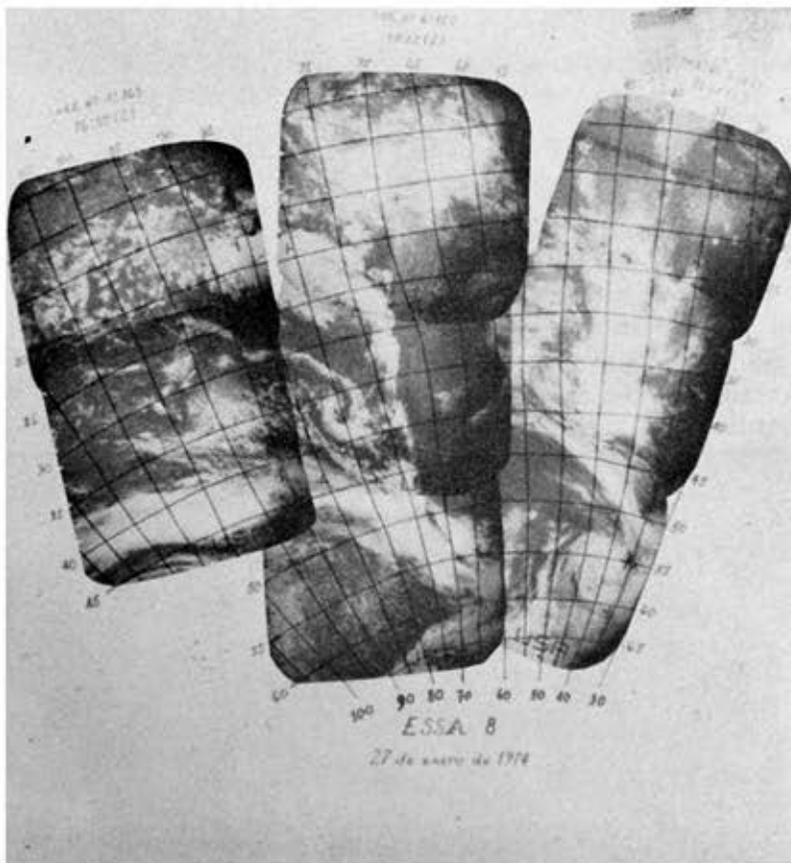


Figura N° 11. Foto obtenida por el ESSA-8.

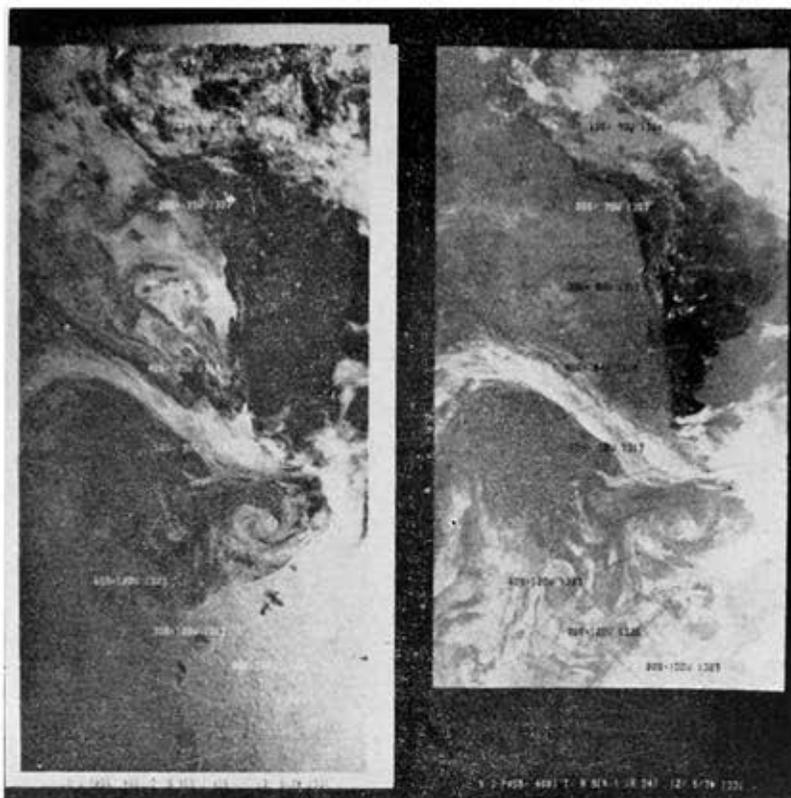


Fig. Nº 11: Foto obtenida por el satélite NOAA-3 en infrarrojo.

FOTO SATELITE DEL MES

Esta foto fue tomada el día 12 de febrero de 1974 en la Estación Receptora de Fotos de Satélites del Servicio Meteorológico de la Armada, ubicado en la Base Aeronaval "El Belloto".

En ella se muestran las condiciones típicas que afectan nuestro litoral en el período de verano.

El litoral norte muestra la nubosidad normal que se experimenta en esa zona y el extremo austral se ve afectado por un frente frío que en forma intensa abarca la zona comprendida entre Raper y Evangelistas, con vientos del norte de 30 a 40 nudos y mar gruesa.

