

# PROGRAMA NET-VSAT PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE ESTACIONES VSAT QUE UTILICE SATÉLITE INTELSAT VII O K

Ing. Oscar Santiago Díaz Durán  
Ing. Carlos Roberto Egas Acosta

Escuela Politécnica Nacional

## RESUMEN

NET-VSAT, es una aplicación de software desarrollada en Visual Basic 3.0, se ejecuta en un computador que tenga al menos un procesador 486 DX-2 y Windows 3.11. Permite realizar el análisis y diseño de una red de estaciones VSAT que utilice satélite INTELSAT VII o K para transmisión digital de información. El resultado de este programa es el plan de transmisión contenido en el formulario B de INTELSAT. Este resultado se puede presentar en una pantalla de video o en una hoja de papel. También da una ayuda para evaluar costos de implementación de la red.

## ABSTRACT

NET-VSAT, is a software application developed in Visual Basic 3.0, runs in a computer that has a processor 486 DX-2 and Windows 3.11 at least. Let the analysis and design of a network VSAT stations that use satellite INTELSAT VII or K for digital transmission information. The result of this program is General Transmission Plan content in form B of INTELSAT, This result could be shown on a screen video or on a sheet of paper form. It also gives an aid in order to evaluate installation costs of the network.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico que han experimentado las telecomunicaciones en el mundo entero y la importancia de que el Ecuador no se quede a la deriva de este desarrollo ha creado la necesidad cada vez más imperiosa de realizar una optimización en el uso de los recursos básicos de telecomunicaciones en el Ecuador, para ello se requiere de elementos de planeación estratégica y la aplicación de programas que permitan hacer más eficiente y productivo el manejo de tales recursos. Una herramienta de análisis y diseño, como la que se muestra en el presente trabajo permite la utilización óptima de los segmentos terrestres y espaciales en el establecimiento de una red de telecomunicaciones via satélite, usando terminales tipo VSAT (Very Small Aperture Terminal) y el servicio INTELNET de INTELSAT.

## ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN NET-VSAT.

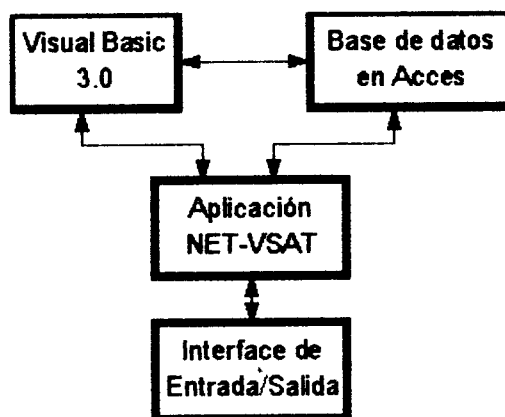


Figura 1 Arquitectura de la aplicación NET-VSAT.

La arquitectura de la red se define de acuerdo a la aplicación, tráfico y localización de los usuarios. La red puede contener el sistema de control y monitoreo centralizado o distribuido.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques, el cual expresa como se ha concebido el programa NET-VSAT, es decir su origen, las herramientas a utilizar y la obtención de los resultados requeridos.

En la implementación del programa NET-VSAT se utiliza un archivo de datos con los nombres de las principales ciudades del Ecuador y sus datos geográficos particulares como son: su latitud y su longitud. También se introdujeron los valores técnicos específicos de cada localidad con respecto al satélite INTELSAT, como por ejemplo: G/T, p.i.r.e., etc. Con estos datos se puede establecer los enlaces entre todas y cada una de las ciudades y además podemos utilizar a cada una como estación central o remota. Esto significa que no necesariamente se debe tener un sistema centralizado en Quito, sino también en cualquiera de las demás ciudades restantes. Dentro del programa, en cualquier momento se puede alterar la información respecto a la configuración de la red, sin que esto sea una dificultad para el usuario.

Otra característica de este programa NET-VSAT es que está estructurado de una manera que se presenta en forma accesible e interactiva con el usuario, haciendo fácil y agradable su manejo.

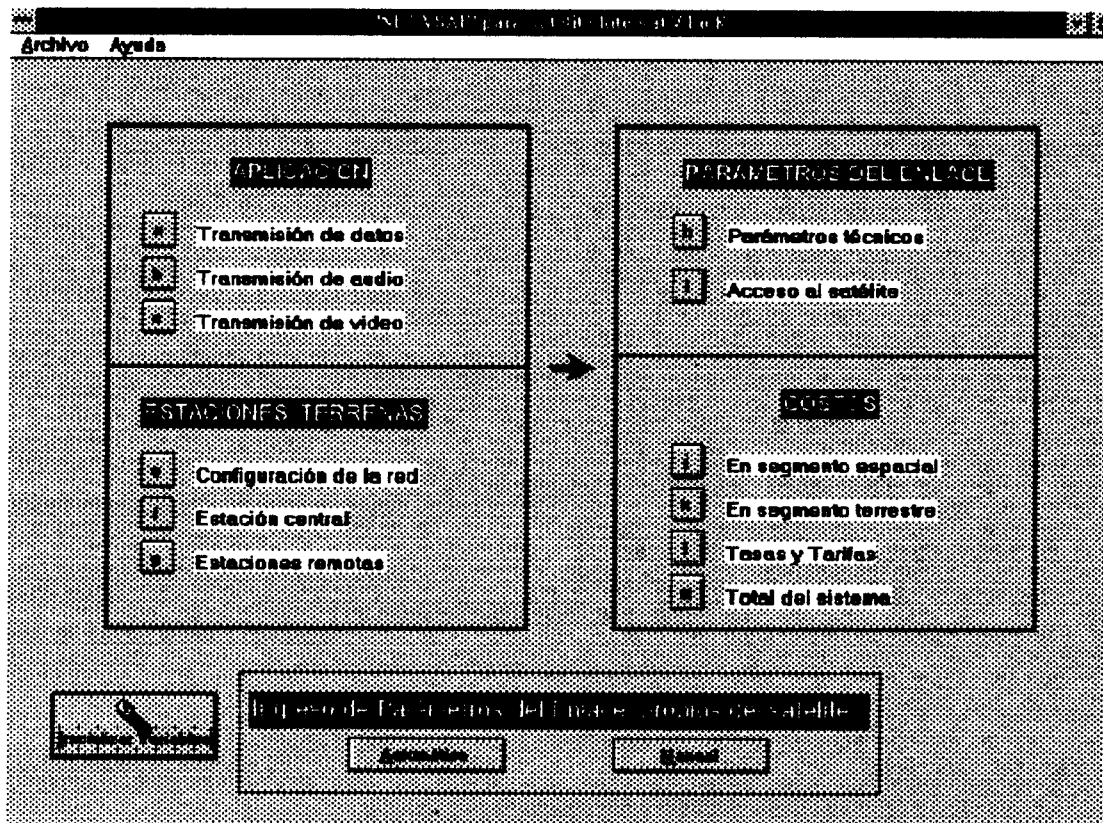


Figura 2 Estructura del programa NET-VSAT

Para lograr esto se utiliza un sistema de "portadas" o "menús" interactivos, donde se pueden tomar o alterar datos sobre el sistema.

En resumen, NET-VSAT es un programa cuyo propósito es el de realizar el diseño de una red nueva o analizar una red ya existente, proporcionando una estructura final de la misma, para ver si ella satisface las necesidades y requerimientos del usuario.

La pantalla principal desde donde se arrancará para la obtención del plan de transmisión, es una como la mostrada en la figura 2.

## 2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS.

La aplicación NET-VSAT, puede manejar archivos de base de datos los mismos que son útiles para almacenar gran cantidad de información como por ejemplo: ciudades, latitudes, longitudes, costos de segmento terreno, segmento espacial y algunos parámetros técnicos del satélite que podrían utilizarse en el momento de diseñar la red.

El uso de la base de datos permite que el programa NET-VSAT sea modular para conseguir con ello una mayor flexibilidad y versatilidad, pensando en las variaciones que se pudieran presentar en el futuro al realizar el diseño de la red y además para no consumir mucho recurso de memoria RAM al cargar la aplicación. Entonces lo que la aplicación hace es buscar en la base de datos únicamente aquellos datos que necesita para realizar el diseño.

Las variaciones que pueden presentarse, se dan principalmente en lo que se refiere a costos de implementación, esto es el costo del segmento terreno y el del segmento espacial, estos costos podrían variar de acuerdo a políticas de INTELSAT ó al apareamiento en el mercado de nuevos equipos de transmisión para las estaciones VSAT. Otras variaciones, pero en menor escala, podrían presentarse en ciertos parámetros técnicos del satélite tales como la p.i.r.e., la misma que depende de la ubicación y estado de los equipos de transmisión en el satélite. Entonces para realizar cualquier cambio que se quiera en estos parámetros se lo hace en la base de datos y no en el código del programa.

La aplicación NET-VSAT, utilizará dos archivos de base de datos, el uno llamado *pire.mdb* y el otro *costos.mdb*, cada uno de los cuales contienen sus respectivas tablas de datos las mismas que se han clasificado en uno o en otro archivo de acuerdo a la naturaleza de los datos que se almacenarán en ellas.

El archivo de base de datos llamado "*pire.mdb*", contiene varias tablas en donde se encuentran los parámetros técnicos del satélite, información de las ciudades del Ecuador y algunas del exterior con su respectiva latitud y longitud. Las tablas de parámetros técnicos que se utilizarán son las siguientes:

- p.i.r.e., DFP, G/T
- CI-COCANAL
- CIUDADES

- LimTWT
- pire
- pireSat

El archivo llamado "Costos.mdb", como su nombre lo indica contiene 6 tablas en las que se almacena los diferentes rubros tanto en segmento terreno como en segmento espacial que hay que considerar para montar una estación terrena y son las siguientes:

- Antenas
- Equipos
- EstandarINT
- EstandarNOINT
- PreferencialINT
- PreferencialNOINT

Los archivos de base de datos son construidos desde *Visual Basic*, utilizando el *Data Manager* que viene incluido dentro de éste. Para ello se creará una base de datos en formato *Access*, con esto ya se podrá ir creando todas y cada una de las tablas con sus respectivos campos capaces de almacenar toda la información que se requiera. Toda modificación que se desee hacer en una tabla se la hace usando el *Data Manager*. Solamente las tablas del archivo *costos* se pueden modificar desde la aplicación.

### 3.- DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

Una vez realizadas las consideraciones mencionadas en los literales anteriores se procederá al desarrollo de la aplicación NET-VSAT.

Haciendo un análisis de los planes de transmisión elaborados manualmente, se determinó que los parámetros técnicos necesarios que debe recibir el programa NET-VSAT, se los puede dividir en dos grandes grupos. El primer grupo, son los que se refieren a las características que definen la red, algunos de las cuales dependen de las características técnicas de los equipos y se los fijarán en las secciones Aplicación y Estaciones Terrenas como se explica en los siguientes párrafos. El segundo grupo, son los que definen el alquiler del satélite y se los fija en la sección del programa llamada Parámetros del Enlace. Existen otros parámetros de entrada, que son los relacionados con los costos de la instalación, los cuales no influyen en el diseño técnico de la red, sino que se los considerará cuando ya se requiera efectuar la implementación física de la red.

#### 3.1 APLICACIÓN

En esta sección se define cual va ser el uso que se dará a la red diseñada, es decir: datos, audio (voz o música) y video. Esto se hace, ya que si bien es cierto todas las aplicaciones son digitales, pero por ejemplo para una transmisión de video, generalmente se requiere de mayor ancho de banda del canal de transmisión, que para una transmisión de voz. En esta sección, además se define la velocidad de

información del canal, el número de portadoras activas y el número de canales por portadora. La velocidad total de información del canal, se obtiene multiplicando el valor de la velocidad de la información del canal, fijada en esta pantalla, por el número de canales por portadora, con este valor se trabajará para efectuar los cálculos del balance de enlace.

#### 3.2 ESTACIONES TERRENAS

**Configuración de la red**, aquí se determina si la red es de tipo malla o estrella, la ubicación de la estación central y de la estación más alejada en coordenadas de latitud y longitud y el país donde están ubicadas.

**Estación Central**, aquí se fijan varios parámetros como son: el diámetro de la antena y por ende el valor de la figura de mérito  $G/T$ , número de antenas a utilizar, tipo de antena fija o móvil, tipo de seguimiento manual o automático, técnica de modulación BPSK o QPSK, tipo de portadora digital o analógica, cambio de polarización Si o No, variación de la frecuencia central Si o No, ajuste nivel de portadora Si o No, velocidad del canal de información en Kbps, tipo de codificación FEC que depende del fabricante de los transreceptores y de la técnica de modulación adoptada.

Esta opción permanecerá deshabilitada cuando la configuración de la red sea tipo malla, porque para este caso desaparece el concepto de estación central.

**Estación VSAT**, aquí se definen los parámetros correspondientes a la estación VSAT y son las mismas variables utilizadas para la estación central, excepto por la velocidad de la información del canal, la cual se define en la sección llamada Aplicación.

#### 3.3 PARÁMETROS DEL ENLACE.

**Parámetros Técnicos**, es la parte del programa contenida dentro de la sección de Parámetros del Enlace en la cual se definen las variables que se explican a continuación.

- **Nº de alquiler**, es proporcionado por INTELSAT.
- **Satélite**, se selecciona uno de los disponibles es decir: INTELSAT VII o K, para obtener la longitud de la ubicación geográfica del mismo.
- **Servicio**, permite avisar a INTELSAT que se utilizará el servicio INTELNET.
- **Capacidad**, es el ancho de banda en MHz propuesto antes de realizar el diseño. Este valor se ajustará si es necesario dependiendo de los resultados del balance de enlace, el cual permitirá hacer una evaluación técnica entre los recursos disponibles y los utilizados por la red.
- **Conectividad**, fija los tipos de haces disponibles del satélite que se utilizarán, tanto en enlace ascendente con el descendente, esto depende del satélite que se utilice y del área que se desea cubrir.
- **Transpondedor**, es el número del transpondedor

proporcionado por INTELSAT.

- **Frecuencia**, del enlace ascendente como del descendente 6/4, 14/12, 14/11 GHz respectivamente. Es función de las necesidades de la red y del satélite a usar.
- **Ángulo supuesto de llegada**, generalmente se considera 5 grados pero se puede cambiar a 10 grados por ejemplo.
- **Over Head**, generalmente es cero pero, de acuerdo al tipo de equipo que se use, puede variar.
- **Paso de Ganancia del Transpondedor**, se puede escoger entre un valor bajo y uno elevado.
- **Tipo de Alquiler**, que puede ser Interrumpible o No - Interrumpible.
- **Tipo de Transpondedor**, alquilado o comprado.
- **Fecha de inicio del servicio**, es tentativa para el inicio de las operaciones.
- **Duración del servicio**, estimado para alquilar el servicio, 5 o 7 años.
- **Ventaja del diagrama de enlace ascendente y enlace descendente**, se fija un valor o en su defecto se considera el caso más crítico que es 0 dB, es decir que no hay ninguna ventaja.
- **Margen de enlace ascendente**, se considera generalmente el valor de 1 dB, pero se lo puede cambiar.
- **Relación señal/Ruido C/N**, dado por el fabricante.
- **Eb/No**, también proporcionado por el fabricante.

### 3.4 INGRESO DE PARÁMETROS DEL ENLACE PROPIOS DEL SATÉLITE.

Todos los parámetros descritos anteriormente son en definitiva los que definen las características básicas de la red, en base de ellos se realizará el diseño de la nueva red. Adicionalmente a estos, será necesario ingresar al programa los parámetros propios del satélite y en base a todos ellos efectuar los cálculos para el balance de enlace. Esto se puede hacer por dos métodos: el Automático y el Manual.

**MÉTODO AUTOMÁTICO**, se lo llama así porque el programa se encarga de fijar automáticamente los parámetros propios del satélite, ya sea buscándolos en las diferentes tablas del archivo de base de datos llamado *pire.mdb* o mediante decisiones que toma el programa. En base a estos valores, se efectuarán una serie de cálculos con el fin de obtener el plan de transmisión que se presentará a INTELSAT

Los parámetros que fijará automáticamente esta subrutina, son los que se indican a continuación.

- Potencia isotrópica radiada equivalente disponible en el satélite (p.i.r.e. disponible)
- Densidad de flujo de potencia del transpondedor (DFP)
- Figura de mérito del sistema de recepción del satélite (G/T)
- Relación Axial de tensión
- Densidad de flujo de saturación del transpondedor

al borde del haz ( $DFP_{SAT}$ )

- Diferencia entre Backoff de entrada y salida del transpondedor (Dif)
- p.i.r.e. de saturación del transpondedor al borde del haz (p.i.r.e.<sub>SAT</sub>)
- Límite de intermodulación del HPA hacia la estación terrena ( $LIM_{HPA}$ )
- Límite máximo de densidad de p.i.r.e. de intermodulación de TWT del satélite en el borde del haz por portadora ( $LIM_{TWT}$ ).
- C/I de interferencia de cocanal
- Diferencia hipotética entre p.i.r.e. en cresta y borde del haz (Dif<sub>PIRE</sub>)
- Límite del reglamento de la UIT
- Temperatura de ruido (T)
- Límite de la p.i.r.e. fuera del eje.

**MÉTODO MANUAL**, Generalmente cuando se tienen redes ya diseñadas y se quiere hacer el análisis de la misma, es necesario fijar en forma manual los parámetros indicados anteriormente, esto se hace con el fin de darle más flexibilidad al programa, para ello se utiliza como interface la pantalla llamada Ingreso Manual la cual permite ingresar manualmente estos datos.

El procedimiento AUTOMÁTICO o el MANUAL serán invocados al pulsar el botón CALCULAR de la pantalla denominada Informe Previo, dependiendo de lo que se haya escogido en el Menú Principal. En esta pantalla se fija el valor de la p.i.r.e. de la estación terrena, luego se hace los cálculos de enlace en forma iterativa hasta obtener un valor de p.i.r.e. tal, que nos proporcione un C/N mínimo requerido por el fabricante para poder presentar el plan de transmisión.

### 3.5 COSTOS.

Que son: En Segmento Espacial, En Segmento Terreno, Tasas y Tarifas, y Total del Sistema.

**EN SEGMENTO ESPACIAL**, aquí se presenta una tabla de tarifas del alquiler del satélite en función de la capacidad del transpondedor y del tipo de alquiler. Esto se hará con el fin de dar al usuario la posibilidad de escoger la tarifa y el tipo de servicio que le convendría contratar, de acuerdo a sus necesidades. Además, en esta sección, se podrá actualizar los valores de las tarifas en el caso de que éstas hayan sufrido alteración, para ello será necesario ingresar una contraseña, que habilitará a la base de datos para que trabaje en modo de lectura y escritura.

**EN SEGMENTO TERRENO**, similar al caso anterior, aquí se presentan una serie de tópicos que nos permiten ir evaluando lo que representa el costo del montaje de las estaciones terrenas que forma parte de la red. Por razones de espacio, para lograr esto, se han utilizado dos pantallas; por un lado está la denominada Costo del Segmento Terreno, que

es la que muestra los subtotales de los costos del segmento terreno utilizando varias cajas de texto y por otro lado está la pantalla llamada Tablas, a la cual se accesa desde el menú de la pantalla Costo del Segmento Terreno.

En la forma llamada Tablas, se muestra el desglose de varios de los rubros anteriores. Esta pantalla permite fijar los equipos a utilizar y sus costos así como también actualizar los valores de estos. Similar al caso anterior, para ejecutar la opción de actualizar los valores, hay que ingresar previamente una clave que habilite el modo de escritura en la base de datos. Los nuevos datos se ingresarán, utilizando una caja de ingreso de datos.

**TASAS Y TARIFAS**, aquí se evalúa los costos de las tasas de autorización para funcionamiento y el de las tarifas por uso de frecuencia que se tendrán que pagar a EMETEL por cada una de las estaciones terrenas. Para ello se ha utilizado varias cajas de texto con valores predeterminados, pero que se los puede variar, tales como los costos de las tasas y tarifas obtenidos de la resolución 05-A-96 del CONARTEL, y como la duración del servicio y el número de estaciones.

**COSTO TOTAL DEL SISTEMA**, en este punto el usuario podrá visualizar lo que le costaría implementar una red VSAT y el tiempo que se tendrá que considerar para amortizar el costo de la inversión, esto se hace con el fin de poder decidir sobre la puesta en marcha del sistema. Este costo total, se puede imprimir en una hoja, utilizando una opción de la barra de menú de la Pantalla Principal.

### 3.6 CARACTERÍSTICAS DEL INTERFACE DE ENTRADA/SALIDA

Para explicar como trabaja el interface de entrada/salida de datos, hay que dividirlos en dos partes ya que estos se encuentran en dos procesos diferentes dentro de la aplicación.

El interface de Entrada permite ingresar a través de varias cajas de textos y otros objetos, todas las variables descritas en la sección anterior y para ello se utilizan varios subprocedimientos de la Pantalla Principal. Unos pocos parámetros adicionales, como la p.i.r.e. de transmisión se ingresan a través de la pantalla Informe Previo, que es donde se va a realizar manualmente las iteraciones necesarias hasta cumplir con los requisitos técnicos de calidad de señal y recursos disponibles para el diseño de la red. Es decir se ingresará manualmente el valor de la p.i.r.e. de la estación de transmisión y en base a este se hacen los cálculos del balance de enlace para ver si se cumple con las condiciones mínimas del parámetro C/N (Portadora/Ruido).

El interface de Salida, se lo puede activar desde la pantalla Informe Previo y permite mostrar los resultados obtenidos del cálculo del balance de enlace, para ello se puede elegir entre dos opciones

de destino de estos resultados, estas son: Pantalla o Impresora.

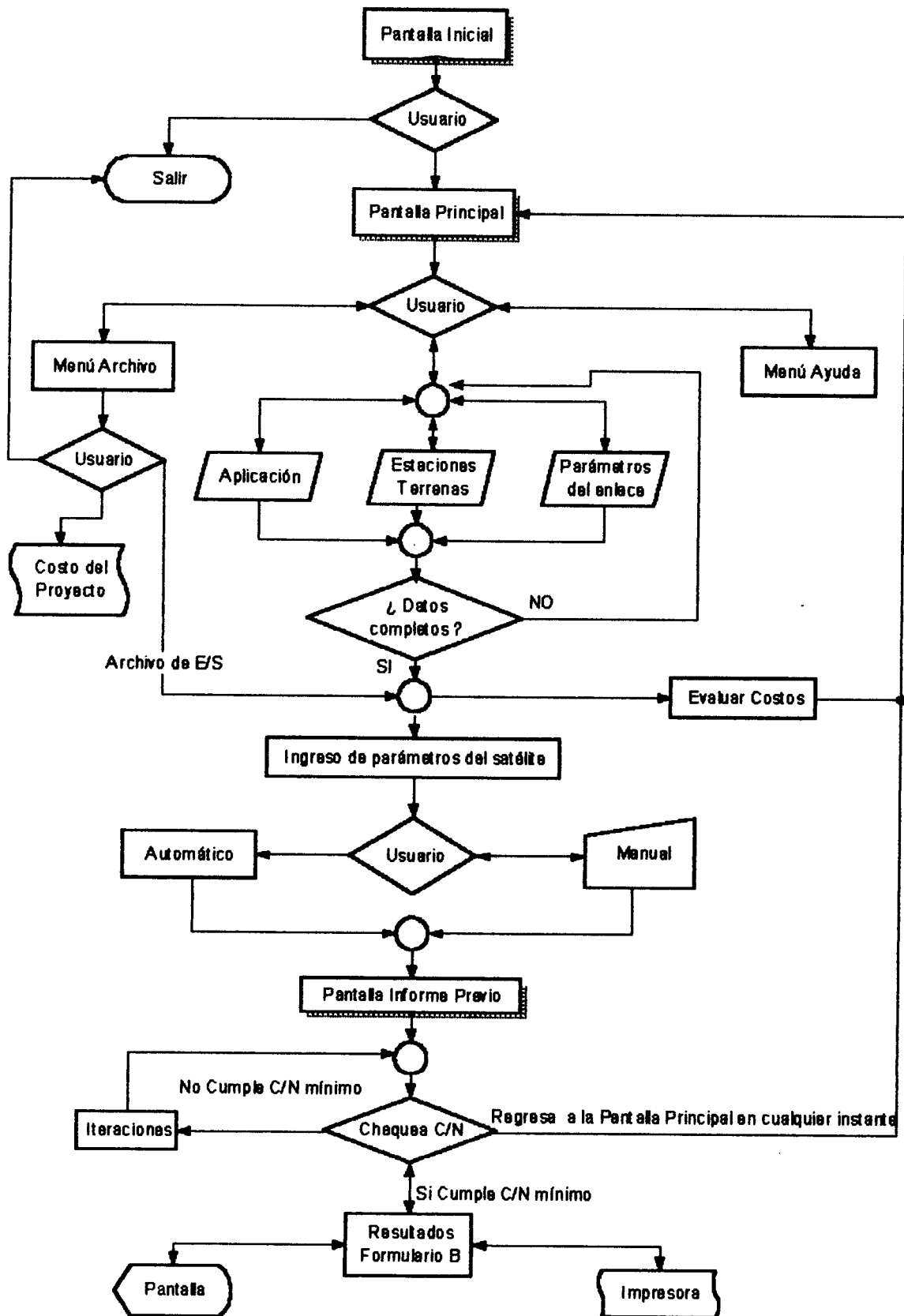
Para presentar los resultados en Pantalla, se imprime en la forma llamada Resultados, todos y cada uno de los caracteres constitutivos del plan de transmisión, para ello se utiliza el procedimiento llamado HOJA, el cual incluye además una serie de controles para poder presentar página por página el plan de transmisión. Es necesario presentar este reporte utilizando varias páginas, porque el plan de transmisión es muy extenso y no cabe en una sola pantalla.

Para enviar los resultados a una impresora, se lo ha hecho casi en forma similar que para el caso de impresión en pantalla, con la diferencia de que ahora la orden de impresión, se enviará hacia la impresora para que esta imprima todos y cada uno de los caracteres que conforman el plan de transmisión, utilizando para ello una caja de control de impresión.

### 4.- CONCLUSIONES:

- Este programa permite realizar de una manera fácil, rápida y amigable la elaboración del plan general de transmisión contenido en el Formulario B que INTELSAT requiere se lo envíe, para autorizar el acceso a un segmento espacial.
- Para mirar los resultados de este programa se presentará un reporte del plan de transmisión obtenido, el mismo que puede ser en forma preliminar a través de la pantalla de video o en forma definitiva a través de una impresora.
- El programa NET-VSAT, también da una serie de herramientas para evaluar evaluar los costos de implementación de la red, en la cual intervienen: costos del segmento terreno, costos de utilización del segmento espacial, las tasas de autorización y las tarifas por el uso de la frecuencia que hay que pagar a EMETEL.

5.- LÓGICA DEL PROGRAMA NET-VSAT



## PLAN GENERAL DE TRANSMISIÓN-TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A : Gerente de la sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT  
Washington, D.C., EE. UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de transmisión propuesto para acceder a capacidad de segmento  
espacial de INTELSAT alquilada o comprada.

FECHA: 7/2/97

### A. INFORMACIÓN GENERAL

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| 1. País (transmisión)           | Ecuador - EE.UU.       |
| (recepción)                     | Ecuador - EE.UU.       |
| 2. Tipo de haz ( Tx / Rx )      | Hemi/Hemi              |
| 3. Banda de frecuencia (aso.)   | 6 GHz                  |
| (desc.)                         | 4 GHz                  |
| 4. Ubicación del satélite       | 310 ° de longitud Este |
| 5. Serie de satélites           | VII                    |
| 6. Tipo de Transpondedor        | ALQUILADO              |
| 7. Número de Transpondedor      | 12/12                  |
| 8. Fecha de inicio del servicio | 01/01/97               |
| 9. Duración del servicio        | 5 años                 |
| 10. Número SVO-L                | 2818                   |

### B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. Cuadro Usado en el IEES-410           | Cuadro D2                     |
| 2. AB                                    | 100      KHz                  |
| 3. p.i.r.e.                              | -0,54      dB                 |
| 4. DFP                                   | -122,34    dBW/m <sup>2</sup> |
| 5. G/T                                   | -8,5      dB/K                |
| 6. Paso de ganancia<br>del Transpondedor | Elevado                       |

### C. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN TERRENA Transmisión

|  | Enlace1 | Enlace2 |        |
|--|---------|---------|--------|
| a. Diámetro de la antena   | 7       | 1,8     | metros |
| b. Número de Antenas   | 1       | 4       |        |
| c. Relación axial de tensión   | 1,06    | 1,06    |        |
| d. ¿Cambio de Polarización?  | SI      | SI      |        |
| e. ¿Variación de la frecuencia central<br>de la portadora en AB requerido? | SI      | SI      |        |
| f. ¿Ajuste nivel de portadora?   | SI      | SI      |        |
| g. Seguimiento   | AUTO    | MANUAL  |        |
| h. Tipo de antena  | FJA     | FJA     |        |

## Recepción

|                                     |                   |                   |        |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------|
| a. Diámetro de la antena            | 1,8               | 7                 | metros |
| b. Número de Antenas                | 4                 | 1                 |        |
| c. Relación axial de tensión        | 1,06              | 1,06              |        |
| d. ¿Cambio de Polarización?         | SI                | SI                |        |
| e. Seguimiento                      | MANUAL            | AUTO              |        |
| f. Tipo de antena                   | FJA               | FJA               |        |
| g. G/T para cada tamaño de antena   | 16,71             | 28,51             | dB/K   |
| h. Fórmula de la envolvente lateral | 32 -25 Log $\phi$ | 32 -25 Log $\phi$ |        |
| i. Ganancia Máxima de la Antena     | 35,74             | 47,54             | dB     |

## D. CARACTERISTICAS DE LA PORTADORA

|                                    |         |         |      |
|------------------------------------|---------|---------|------|
| 1. Tipo de Portadora               | DIGITAL | DIGITAL |      |
| 2. Enlace e.t. -e.t.               | 7 - 1,8 | 1,8 - 7 |      |
| 3. Técnica de modulación           | BPSK    | BPSK    |      |
| 4. AB asignado por portadora       | 0,0134  | 0,0067  | MHz  |
| 5. AB ocupado por portadora        | 0,0115  | 0,0058  | MHz  |
| 6. Velocidad de información        | 4,8     | 2,4     | Kbps |
| 7. Velocidad de transmisión        | 9,6     | 4,8     | Kbps |
| 8. Número de canales por portadora | 1       | 1       |      |
| 9. Codificación FEC                | ,5      | ,5      |      |
| 10. Bits Suplementarios(OH)        | 0       | 0       | Kbps |

## E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR p.i.r.e ENLACE DESCENDENTE(Cielo despejado)

|  |        |         |                    |
|--|--------|---------|--------------------|
| 1. Angulo de elevación   | 56,82  | 44,74   | grados             |
| 2. p.i.r.e. transmisión e.t.                                       | 35,2   | 26,6    | dBW                |
| 3. Pérdidas enlace ascendente                                      | 199,32 | 199,5   | dB                 |
| 4. Margen errores lluvia, seguim., etc.                            | 1,0    | 1,0     | dB                 |
| 5. Ganacia antena de 1m <sup>2</sup>                               | 37,02  | 37,02   | dB/m <sup>2</sup>  |
| 6. DFP por port. en el satélite                                    | -126,1 | -134,87 | dBW/m <sup>2</sup> |
| 7. Densidad flujo de saturación del transpondedor (borde del haz)  | -87,0  | -87,0   | dBW/m <sup>2</sup> |
| 8. Ventaja Diagrama enlace asc.                                    | 0,0    | 0,0     | dB                 |
| 9. Densidad de flujo de saturación del transpondedor hacia la e.t. | -87,0  | -87,0   | dBW/m <sup>2</sup> |
| 10. Backoff entrada por portadora                                  | -39,1  | -47,87  | dB                 |
| 11. Diferencia entre BOo y BOi                                     | 1,8    | 1,8     | dB                 |
| 12. Backoff salida por portadora                                   | -37,3  | -46,07  | dB                 |
| 13. p.i.r.e. de Saturación del transp. al borde del haz            | 33,0   | 33,0    | dBW                |
| 14. p.i.r.e. enlace descendente por portadora al borde del haz     | -4,3   | -13,07  | dBW                |
| 15. Ventaja Diagrama enlace desc.                                  | 0,0    | 0,0     | dB                 |
| 16. p.i.r.e. enlace descendente hacia e.t. más pequeña             | -4,3   | -13,07  | dBW                |



## F. COMPUTOS DE ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

### 1. C/T del enlace ascendente, por portadora

|                                      |         |        |       |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|
| a. p.i.r.e.u por portadora           | 35,2    | 26,6   | dBW   |
| b. Pérdidas de propagación           | 199,32  | 199,5  | dB    |
| c. G/T del satélite (borde del haz)  | -8,5    | -8,5   | dB/K  |
| d. Vent. diagrama de enl. asc.       | 0,0     | 0,0    | dB    |
| e. Margen errores lluvia, seg., etc. | 1,0     | 1,0    | dB    |
| f. C/T enlace ascendente             | -173,62 | -182,4 | dBW/K |

### 2. C/T de Intermodulación

|                                    |         |         |          |
|------------------------------------|---------|---------|----------|
| a. Límite IM HPA hacia e.t.        | 21,0    | 21,0    | dBW/4KHz |
| b. Límite IM HPA C/T por portadora | -177,38 | -185,98 | dBW/K    |

### 3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

|                                      |         |         |          |
|--------------------------------------|---------|---------|----------|
| a. Límite IM TWT borde haz por port. | -37,0   | -37,0   | dBW/4KHz |
| b. C/T IM TWT por portadora          | -159,88 | -168,65 | dBW/K    |

### 4. C/T de enlace descendente por portadora

|                                      |         |         |        |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|
| a. Angulo de elevación               | 44,74   | 56,82   | grados |
| b. p.i.r.e. enlace descendente       | -4,3    | -13,07  | dBW    |
| c. Pérdidas de propagación           | 195,97  | 195,8   | dB     |
| d. G/T e.t. más pequeña              | 16,71   | 28,51   | dB/K   |
| e. Margen errores lluvia, seg., etc. | 1,0     | 1,0     | dB     |
| f. C/T enlace descendente            | -184,56 | -181,36 | dBW/K  |

### 5. C/T de interferencia de co canal

|                                      |         |        |       |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|
| a. C/I Interferencia co canal, total | 17,0    | 17,0   | dB    |
| b. C/T Interferencia co canal, total | -170,99 | -174,0 | dBW/K |

### 6. C/T, C/N y BER totales

|                            |         |         |          |
|----------------------------|---------|---------|----------|
| a. C/T total por portadora | -185,75 | -188,64 | dBW/K    |
| b. Constante de Boltzman   | -228,6  | -228,6  | dBW/K-Hz |
| c. AB ruido receptor       | 40,61   | 37,6    | dB-Hz    |
| d. C/N total               | 2,23    | 2,35    | dB       |
| e. BER                     | < 1E-08 | < 1E-08 |          |

## G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e. DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE

|   |         |         |          |
|---|---------|---------|----------|
| 1. Tipo de Portadora  | DIGITAL | DIGITAL |          |
| 2. Diámetro antena e.t. de transmisión                                | 7       | 1,8     | metros   |
| 3. p.i.r.e. enlace asc. por portadora                                 | 35,2    | 26,6    | dBW      |
| 4. AB ocupado   | 0,01152 | 0,00576 | MHz      |
| 5. Conv. AB a 40 ó 4KHz   | 4,5939  | 1,5836  | dB       |
| 6. Ganancia máxima de la antena de la estación terrena de transmisión | 51,06   | 39,26   | dBi      |
| 7. Potencia en aliment. de antena                                     | -20,45  | -14,25  | dBW      |
| 8. Ganancia ant. fuera eje a 3°                                       | 20,07   | 20,07   | dBi      |
| 9. Densidad p.i.r.e. fuera eje a 3°                                   | -0,38   | 5,82    | dBW/4KHz |
| 10. Límite de la p.i.r.e. fuera del eje                               | 20,1    | 20,1    | dBW/4KHz |
| 11. Margen  | 20,48   | 14,28   | dB       |

## I. DENSIDAD MAXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

### 2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre

|   |         |         |                          |
|---|---------|---------|--------------------------|
| a. p.i.r.e. por port. borde del haz                     | -4,3    | -13,07  | dBW                      |
| b. Angulo supuesto de llegada a superficie terrestre    | 5,0     | 5,0     | grados                   |
| c. Dif. hipot. entre p.i.r.e. en cresta y borde del haz | 4,0     | 4,0     | dB                       |
| d. AB ocupado   | 0,01152 | 0,00576 | MHz                      |
| e. Conversión a 4KHz                                    | 4,59    | 1,58    | dB                       |
| f. Dens. p.i.r.e. enl. desc./4KHz                       | -4,89   | -10,66  | dBW/4KHz                 |
| g. Pérdidas en el trayecto                              | 197,02  | 197,02  | dB                       |
| h. Ganancia antena 1m <sup>2</sup>                      | 33,5    | 33,5    | dBi/m <sup>2</sup>       |
| i. DFP en superficie terrestre                          | -168,41 | -174,18 | dBW/m <sup>2</sup> /4KHz |
| j. Límite UIT - R                                       | -152,0  | -152,0  | dBW/m <sup>2</sup> /4KHz |
| k. Margen   | 16,41   | 22,18   | dB                       |

## J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR

### 1. Densidad de flujo de potencia total en el satélite

|   |        |         |                    |
|---|--------|---------|--------------------|
| a. p.i.r.e. de Tx de e.t. por port.                                   | 35,2   | 26,6    | dBW                |
| b. Factor de actividad  | 100    | 100     | %                  |
| c. N° de portadoras activas   | 0,0    | 0,0     | dB                 |
| d. p.i.r.e. total enl. asc. por tipo de port.                         | 35,2   | 26,6    | dBW                |
| e. Ventaja diagr. enlace asc.   | 0,0    | 0,0     | dB                 |
| f. Pérdida de trayecto  | 199,32 | 199,5   | dB                 |
| g. Ganancia antena 1m <sup>2</sup>                                    | 37,02  | 37,02   | dBi/m <sup>2</sup> |
| h. DFP total en el satélite por tipo de portadora en el borde del haz | -127,1 | -135,87 | dBW/m <sup>2</sup> |

**GRAN TOTAL**

|  |         |                    |
|--|---------|--------------------|
| i. DFP total en el satélite (B. haz)   | -126,56 | dBW/m <sup>2</sup> |
| j. DFP total disponible en el satélite | -122,34 | dBW/m <sup>2</sup> |
| k. Margen                              | 4,21    | dB                 |

**2. p.i.r.e. del satélite total utilizado**

|  |      |        |     |
|--|------|--------|-----|
| a. p.i.r.e. por port. al borde del haz                               | -4,3 | -13,07 | dBW |
| b. N° de portadoras activas  | 0,0  | 0,0    | dBW |
| c. p.i.r.e. total enlace des. por tipo de portadora en borde del haz | -4,3 | -13,07 | dBW |

**GRAN TOTAL**

|   |       |     |
|---|-------|-----|
| d. p.i.r.e. tot. del satélite utilizado | -3,76 | dBW |
| e. p.i.r.e. tot. disponible en satélite | -0,54 | dBW |
| f. Margen                               | 3,21  | dBW |

**3. Ancho de banda total utilizado del satélite**

|                                   |         |         |     |
|-----------------------------------|---------|---------|-----|
| a. AB asignado por portadora      | 0,01344 | 0,00672 | MHz |
| b. N° de portadoras asignadas     | 1       | 1       |     |
| c. AB total por tipo de portadora | 0,01344 | 0,00672 | MHz |

**GRAN TOTAL**

|                                |      |     |
|--------------------------------|------|-----|
| d. AB satélite total utilizado | 0,02 | MHz |
| e. AB total disponible         | 0,1  | MHz |
| f. Margen                      | 0,08 | MHz |

**K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN TERRENA Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA**

| Estación   | Tx,Rx ó Ambas | Diámetro (metros) | G/T dB/K | Long.Este °M/S | Lat. Norte °M/S | Fecha.Ini.Oper. Mes/Año |
|------------|---------------|-------------------|----------|----------------|-----------------|-------------------------|
| Quito(HUB) | ambas         | 7                 | 28,51    | 281/34/11      | 359/41/59       | enero 1997              |
| Quito      | ambas         | 1,8               | 16,71    | 281/34/11      | 0/18/0          | enero 1997              |
| Guayaquil  | ambas         | 1,8               | 16,71    | 280/5/59       | 56,0            | enero 1997              |
| Cuenca     | ambas         | 1,8               | 16,71    | 281/0/0        | 3/0/0           | enero 1997              |
| Miami      | ambas         | 1,8               | 16,71    | 279/49/48      | 26/7/47         | enero 1997              |

El ejemplo anterior es una muestra del plan de transmisión obtenido con el programa NET-VSAT para una red tipo malla, con una estación central en Quito y varias VSAT ubicadas en Quito, Guayaquil, Cuenca y Miami. Las características del tipo de alquiler del satélite y del equipo a utilizar (producto AT & T Tridom SISTEMA CLEARLINK 400) se detallan a continuación.

Nº de alquiler SVO-L2818  
 Satélite Intelsat 707 en 310° longitud E  
 Servicio Intenet  
 Capacidad 0,1 MHz  
 Conectividad Hemi/Hemi  
 Transpondedor 12/12  
 Frecuencia: Enlace Ascendente: 6 GHz  
 Enlace Descendente: 4 GHz  
 Paso de Ganancia  
 Transpondedor: Elevado  
 Tipo de Alquiler: No interrumpible  
 Fecha de inicio: 01/01/98  
 Duración del servicio 5 años

Est. Central: Diám. = 7 m., (G/T = 28.49 dB/K)  
 Mod. =BPSK, FEC= ½,  
 Vinf = 2.4 Kbps

Est. VSAT: Diám. = 1.8 m., (G/T = 16.71 dB/K)  
 Mod. =BPSK, FEC= ½,  
 Vinf = 4.8 Kbps

Ventaja Diagrama enl. Asc.: 0 dB (más crítico)  
 Ventaja Diagrama enl. Desc.: 0 dB (más crítico)

Margen err enl. Asc.: 1 dB (garantiza enlace óptimo)  
 Margen err enl. Desc.: 1 dB (garantiza enlace óptimo)

C/N: 2.2 dB (Obtenido del equipo)  
 Eb/No: 6.0 dB (Obtenido del equipo)  
 BER:  $10^{-8}$  (para Eb/No = 6 dB)

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Joaquín María Suárez Sánchez de León, MANUAL DE VISUAL BASIC,
- McGraw-Hill /Interamericana de México S.A., 1994.
- Microsoft, VISUAL BASIC PROGRAMER'S GUIDE, 1994.
- Gary Cornell. MANUAL DE VISUAL BASIC 3.0 PARA WINDOWS, McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A., 1994.
- Juan Morales, PEQUEÑO ATLAS GEOGRÁFICO DEL ECUADOR. Ministerio de Educación y Cultura. 1937.
- Lucía Gordillo, TESIS DE GRADO, Escuela Politécnica Nacional, 1994.

- Carlos Egas, APUNTES DE RADIOCOMUNICACIONES ESPACIALES, Escuela Politécnica Nacional, 1994.
- Mutanga N. E., Leased and Sales Transmisión Plan Program LST Version 2.3., Intelsat, December 1992.
- CONARTEL, Resolución 05-A-96, Registro Oficial, Marzo de 1996.
- Charles Emmert - Marco Solano, Sistemas VSAT, Revista Enlace Andino, Agosto de 1993.
- Emil Youssefzadeh, VSAT con capacidad de voz y datos, Revista Enlace Andino, Agosto de 1993.
- Arturo Serrano - Roberto Conte - Jorge Torres, Desarrollo de Programas para el diseño de redes VSAT usando el satélite Morelos, Revista Achiet, 1994.
- INTELSAT, IESS - 410, Rev. 2, Dic. 1991.
- INTELSAT, IESS - 601, Rev. 3, Dic. 1991.
- INTELSAT, Notas al Formulario B,
- UIT, REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES.
- Revista PC-MAGAZINE, Nov. 1995.
- CompuBodega, Lista de Precios, Sep. 1995.

## 7.- BIOGRAFÍAS

**OSCAR SANTIAGO DÍAZ DURÁN**, nació en Quito el 10 de junio de 1963, se graduó de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio Nacional Juan Pío Montúfar. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional en la especialidad de Electrónica y Telecomunicaciones, obteniendo el título de Ingeniero en mayo de 1997. Actualmente se desempeña en forma independiente en el campo de mantenimiento e instalaciones electrónicas.



**CARLOS ROBERTO EGAS ACOSTA**, nació en Quito en septiembre de 1962, se graduó de Bachiller en el Colegio San Gabriel. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en el año de 1987. Actualmente es profesor principal de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, su área de interés es la transmisión de datos vía satélite.