

# EL SYNCHROPTER

(Adaptado de "ROTOR TIPS")

Llámase así, el sistema de DOBLE ROTOR instalado en los Helicópteros Kaman, que la FAC usa actualmente para cumplir misiones de transporte, enlace y rescate.

Consta de dos (2) rotores instalados sobre pilones, el uno al lado del otro, pero sincronizados a 90°. Cada rotor tiene dos palas. Vistos desde la parte superior, los rotores giran en sentido opuesto, el de la derecha hacia la derecha y el de la izquierda hacia la izquierda. Están asegurados a ejes individuales estriados, los cuales son impulsados por una transmisión común.

El "SYNCHROPTER" por su contrarotación, anula los momentos de torsión (torqueo) en los helicópteros y por ende la necesidad de rotor de cola. La estabilidad direccional se con-

sigue en este tipo de helicóptero mediante las superficies convencionales de la sección de cola.

En las cabezas semi-rígidas de los rotores están instaladas las articulaciones individuales de adelanto y retardo y también una articulación común "compensadora" conocida como "teeter". (Fig. 1).

Esta cumple la función equilibradora del levantamiento entre las dos secciones del disco que forma el rotor al girar, una para "viento en contra" (Corriente de alta velocidad) y la otra "para viento a favor" (Corriente de baja velocidad).

El eje de la articulación "Compensadora" no es perpendicular al eje longitudinal del rotor, sino que tiene

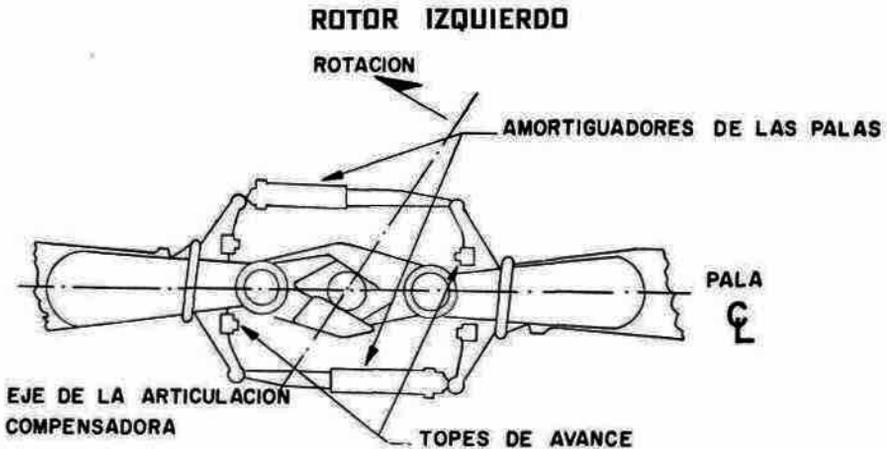


Figura No. 1

una inclinación de 60°. Esto permite que el ángulo de incidencia disminuya cuando la pala sube y aumente cuando baja, reduciéndose así la superficie requerida para equilibrar el levantamiento.

Una característica sobresaliente del sistema "SYNCHROPTER" es la "aleta servo", pequeño perfil aerodinámico situado en el borde de salida de cada pala a una distancia equivalente a las tres cuartas partes de longitud de la pala, a partir del núcleo. Estas aletas servo son accionadas por el piloto mediante varillas actuadoras y operan como el compensador del alerón en los aviones de ala fija. De esta manera se consigue aumento o disminución del ángulo de ataque de la aleta, lo cual se traduce alternativamente en ascenso o descenso.

Otra característica del rotor es, la de que no posee cojinetes para cambio de paso, siendo las palas construidas en su mayor parte de madera y aseguradas con grapas metálicas al núcleo.

Las aletas servo al reaccionar con los bordes de salida de las palas hacen que éstas se tuerzan venciendo su rigidez. Esta rigidez se denomina "Constante de Elasticidad", la cual es factor importante en el diseño de las palas para mantenerlas dentro de ciertas tolerancias. Es decir, que si este factor no se controlara, se correría el riesgo de que la pala más flexible reaccionara antes que la otra ocasionando una notoria salida de vía del rotor.

Una notoria ventaja del "SYNCHROPTER", es la que sus palas pueden colocarse paralelas al eje longitudinal del helicóptero mediante las articulaciones del núcleo, con fines de almacenaje, izamiento o anclaje.

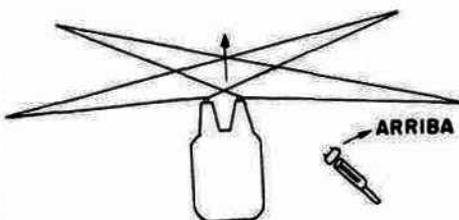
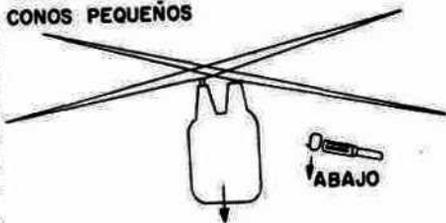
El ascenso vertical y otras maniobras de vuelo, se obtienen variando la resultante "levantamiento/resistencia" del plano del rotor por medio de sus tres sistemas principales de control: **Colectivo, Cíclico y Direccional.**

**Sistema Colectivo.** (Fig 2). Los componentes principales de este sistema son: palanca del **Colectivo**, acelerador y varillas actuadoras de las aletas servo. Como en cualquier otro helicóptero, su función principal es controlar el ascenso y descenso verticales. Al subir la palanca del **colectivo**, sube el borde de salida de las aletas servo, induciéndose simultánea e igualmente en las cuatro palas, mayor paso positivo. Esto causa que el helicóptero ascienda, y en el caso contrario, que descienda. La potencia del motor en ambos casos está automáticamente regulada para mantener constante las RPM, del rotor.

**Sistema Cíclico.** (Figs. 3 y 4). Sus componentes principales son: palanca del cíclico y varillas actuadoras de las aletas servo. El movimiento de la palanca del cíclico en determinada dirección, causa que ambos rotores se inclinen en este sentido y que el heli-

## SISTEMA COLECTIVO

COLECTIVO ABAJO  
CONOS PEQUEÑOS



COLECTIVO ARRIBA  
CONOS ALTOS  
VISTA POSTERIOR

Figura No. 2

## MOVIMIENTO ADELANTE Y ATRAS DEL CICLICO

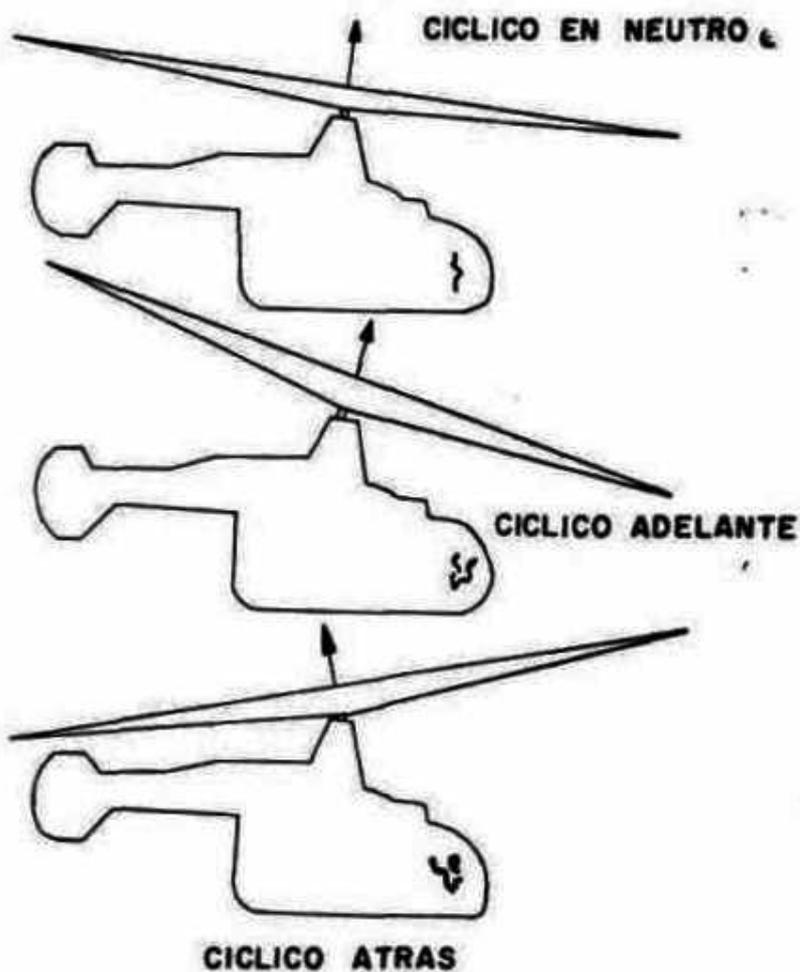


Figura No. 3

cóptero vuele en esa misma dirección a una velocidad proporcional al movimiento de la palanca. Cuando la palanca del **Ciclico** se mueve hacia adelante, los dos rotors se inclinan igualmente hacia adelante y viceversa.

Los movimientos laterales de la Palanca del **Ciclico** NO producen igual inclinación lateral en los dos rotors, como sucede cuando se mueve hacia adelante o hacia atrás. El movimiento de la Palanca del **Ciclico** hacia la izquierda hace que el rotor izquierdo se incline **proporcionalmente** en la misma dirección; en cambio el rotor derecho se inclina en tal sentido solamente un máximo de 6% del recorrido total de la Palanca. El movimiento de la Palanca del **Ciclico** hacia la derecha, invierte tanto los sentidos de

las inclinaciones como sus proporciones de inclinación. Esta sincronía es gobernada por las levas del Azimut, previniendo que las palas al inclinarse choquen contra el núcleo opuesto.

**Sistema Direccional. (Con Motor)** (Fig. 5). Hasta lo aquí descrito, los rotors del Synchronopter se han comportado en forma similar a los rotors de cualquier otro helicóptero, pero al incluir el Sistema Direccional, la similitud termina.

Cuando en párrafo anterior se dice que "el Synchronopter por su contrarotación anula los momentos de tor-

## MOVIMIENTOS LATERALES DEL CICLICO. VISTA POSTERIOR

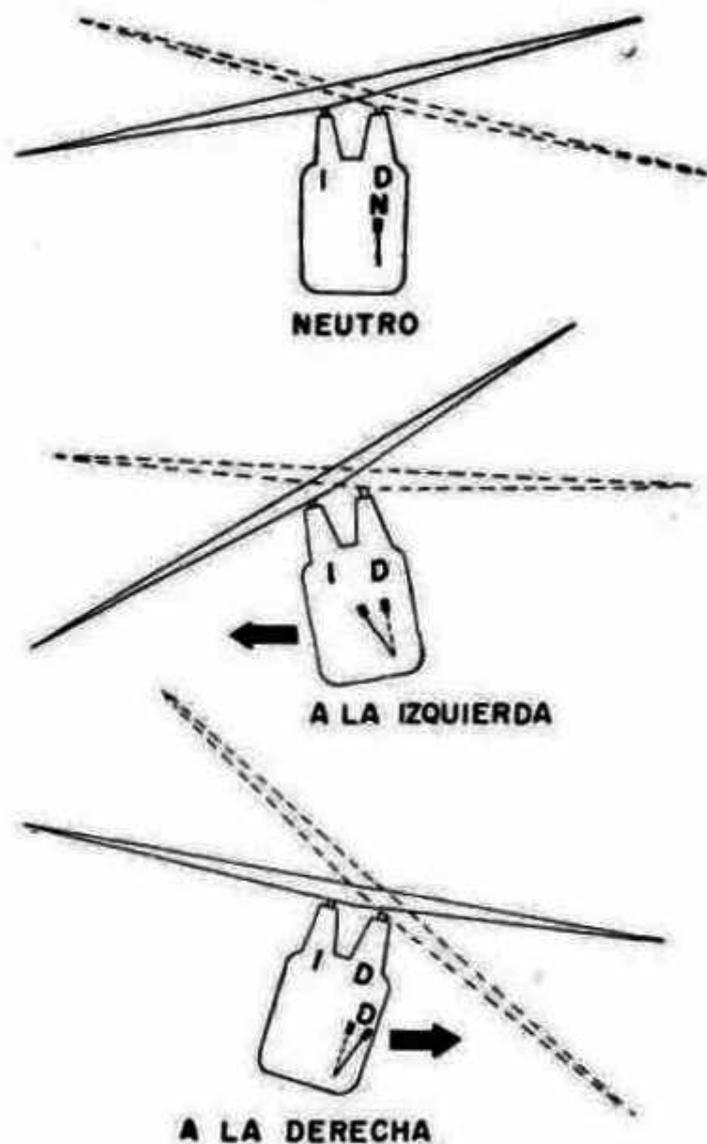


Figura No. 4

## IA COLECTIVO CON MOTOR POSTERIOR

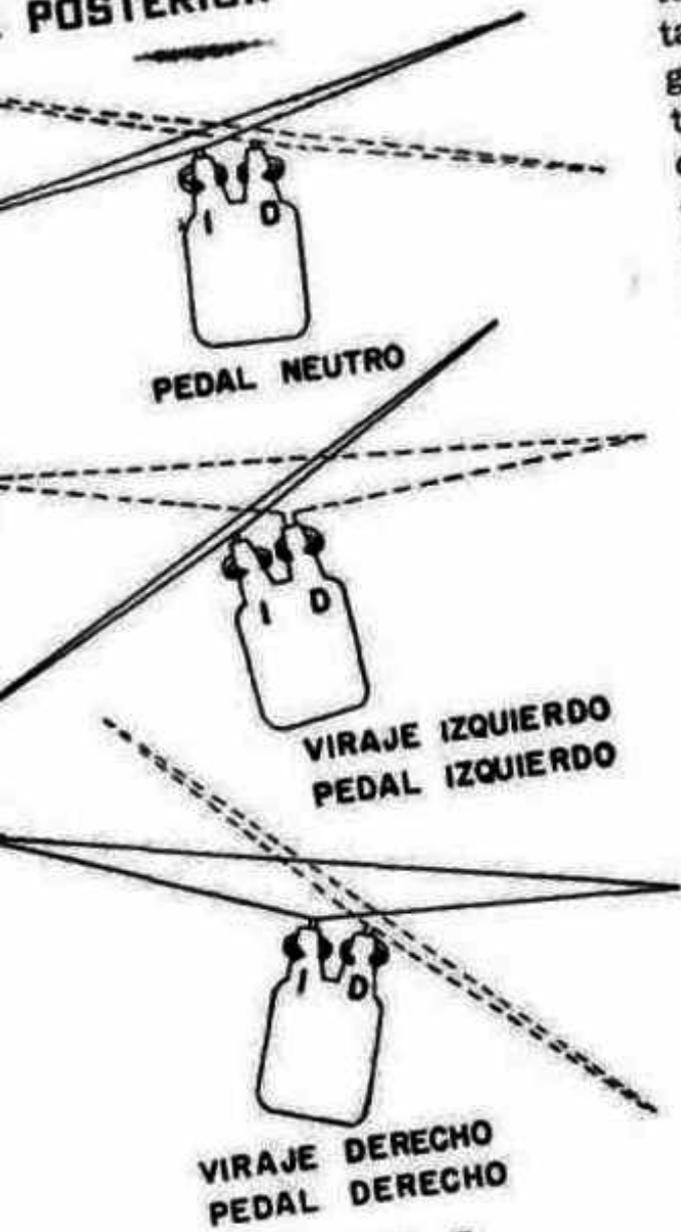


Figura No. 5

sión (torqueo) en los helicópteros y por ende la necesidad de rotor de cola", se asume que ambos rotores están ajustados exactamente iguales en paso o en levantamiento. Para virar, los pedales se encuentran conectados mecánicamente con los sistema Cíclico y Colectivo. El viraje del helicóptero se ejecuta aplicando los pedales para cambiar intencionalmente la relación de inclinación y paso entre los rotores.

Por ejemplo, cuando se aplica el pedal derecho, el rotor izquierdo aumenta en paso y el derecho disminuye, produciéndose mayor levantamiento en el rotor izquierdo que en el derecho, lo que inclina el helicóptero en

la misma forma que el rotor de ala fija. Esta desigualdad de paso produce aumento del "momento de torsión" en el rotor con mayor levantamiento, haciendo que el helicóptero gire en la dirección del "momento de torsión" predominante: hacia la derecha. A la inversa, si se aplica el pedal izquierdo, los movimientos se invierten y el helicóptero gira hacia la izquierda. Se aclara que lo antes dicho se refiere a vuelo con motor y a la acción automática del sistema Colectivo.

Ahora, qué sucede con el sistema Cíclico al ser aplicados los mismos pedales.

En el caso del pedal derecho, no solamente se aumenta el paso del rotor izquierdo sino que éste se inclina hacia adelante, mientras que el derecho

## ACCIONES COMBINADAS, CON MOTOR.

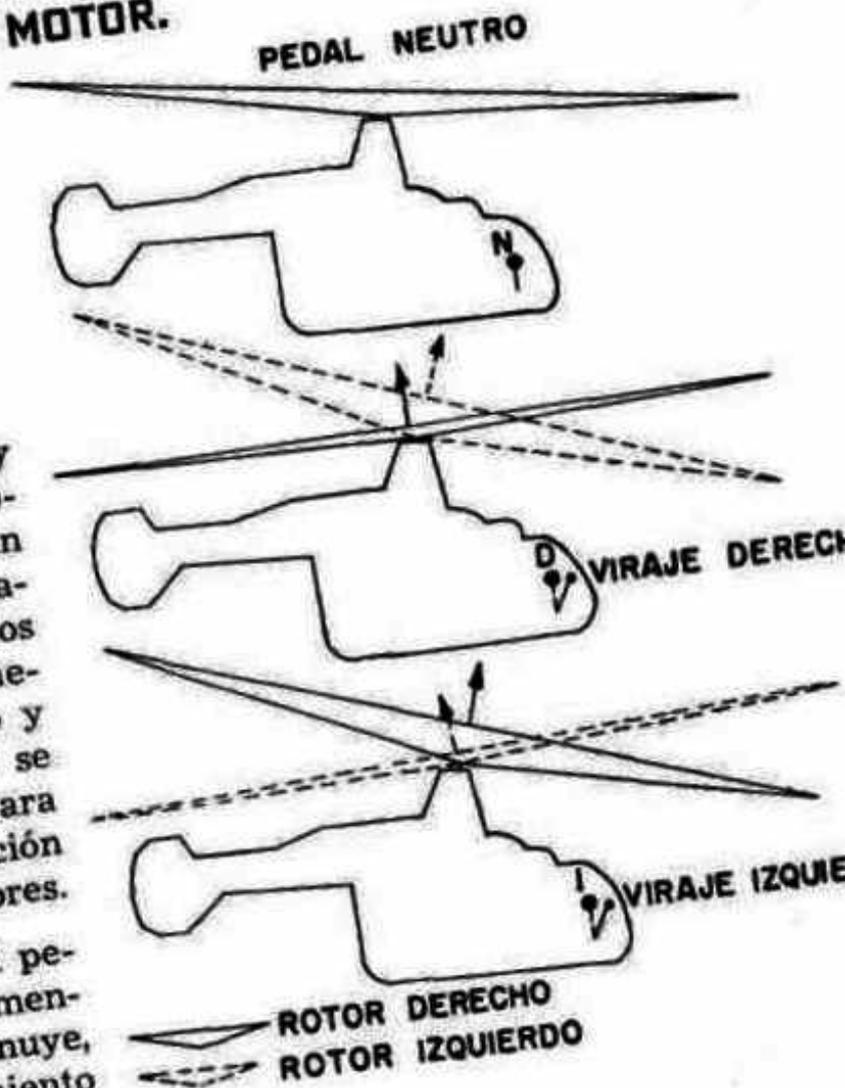


Figura No. 6

disminuye de paso y se inclina hacia atrás. Lo anterior varía la resultante "levantamiento/resistencia" hacia adelante, en el izquierdo y hacia atrás, en el derecho. La fuerza aerodinámica así producida, refuerza el giro iniciado por el "momento de torsión" predominante.

**Sistema Direccional sin Motor (Autorrotación).** (Figs. 6 y 7). Durante los vuelos con motor (Rotores impulsados por el motor), se aprovecha la diferencia entre los "momentos de torsión", para virar el helicóptero. En los vuelos sin motor, los rotores se impulsan por una fuerza externa, o sea, el flujo del aire hacia arriba a través de los rotores cuando el helicóptero desciende. Es aquí, donde nuevamente las características del SYNCHROPTER entran en juego, pero en forma opuesta, ya que el rotor con paso más bajo proporciona el mayor momento

de torsión, contrariamente a lo que sucede en el vuelo con motor. En estas condiciones, si se aplicara el pedal derecho, el helicóptero en lugar de girar a la derecha, como es lo normal, giraría a la izquierda. Para obviar esta inversión de comandos se introduce a los sistemas de control un mecanismo conocido como **Inversor (Reverser)** el cual mantiene una permanente correlación entre la aplicación del pedal y la dirección del viraje.

**Inversor.** Para que lo anterior se cumpla, el sistema de inversión está instalado entre los mecanismos del pedal y los del sistema **Colectivo**. Su único propósito es el de invertir el impulso dado por los pedales al colectivo cuando se está en Autorrotación. El **Inversor** es una unidad autónoma que consta de: conexión de entrada, que viene de los pedales; conexión de salida, que va al colectivo; conexión auxiliar, para recibir una señal proveniente del mecanismo del colectivo. El **Inversor** necesita de pocos ajustes y está diseñado para que su operación mecánica sea automática. Tiene un control de 2 posiciones: "Inversión" y "Normal" (Normal-Reverse). Durante los vuelos normales con motor, el **Inversor** está en la posición "Normal" así que, al aplicar el pedal derecho, el rotor izquierdo aumenta el paso y el derecho disminuye, produciéndose mayor levantamiento en el rotor izquierdo que en el derecho, lo cual inclina el helicóptero hacia la derecha al entrar en autorrotación. Con la misma cantidad aplicada de pedal derecho el piloto baja totalmente la palanca del Colectivo hacia la posición "Abajo" (Down) para que el "Inversor" entre en operación y, en consecuencia, invierta los pasos a los levantamientos entre los rotores. Es decir, disminuya el paso en el rotor izquierdo y lo aumente en el derecho, conservando el helicóptero su viraje normal. Sin embargo, todo mecanismo de inversión

## ACCIONES COMBINADAS, SIN MOTOR.

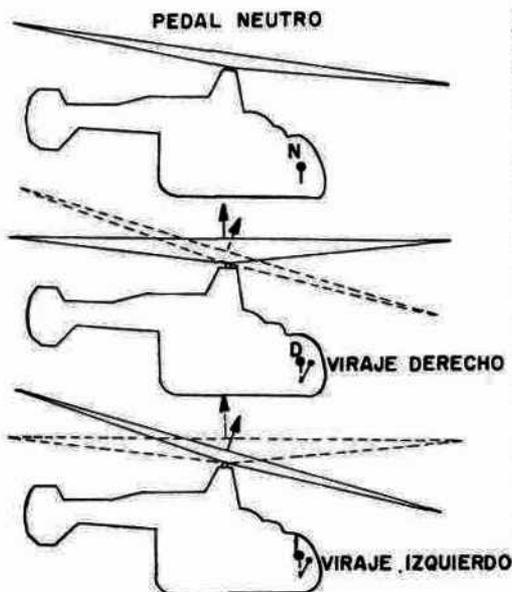


Figura No. 7

presenta la peculiaridad de una "Zona de Transición" o zona muerta (Dwell Zone) por la cual debe pasar el "Inversor" antes de cambiar la dirección de los controles. En este momento el piloto está dependiendo para el viraje, únicamente del sistema **Cíclico**. Para contrarrestar esta condición se ha acondicionado a éste un mecanismo de control que amplía su operación, conocido como "**Auxiliar del Cíclico**" (D. C.S.)

**Sistema de Estabilización Direccional.** Como anteriormente se expuso, al helicóptero lo asisten dos sistemas interconectados para su control direccional: el **Cíclico** y el **Colectivo**. Cuando se desciende con potencia reducida, la reacción del colectivo está al mínimo o cerca de éste. Es aquí cuando entra

a operar el Sistema de Estabilización (.S.C.), el cual está también interconectado al de control direccional para ayudar al sistema **Cíclico**.

Su funcionamiento es completamente electrónico y opera los timones de dirección cuando se aplican los pedales. Incorpora unidades sensitivas que lo hacen completamente automático para efectos de estabilización a velocidades inferiores a 78 nudos. A velocidades superiores, las unidades electrónicas se desenergizan y se frenan automáticamente quedando el sistema inoperativo.

Con el presente artículo se han descrito los distintos sistemas utilizados para operar el helicóptero Kaman que la FAC está empleando para apoyar misiones de orden público.

tintas para artes gráficas

**sadolins**

famosas desde el año 1777

**Papeles y Cartulinas en general**

**VAPA LIMITADA**

CARRERA. 15 No. 11-36 — BOGOTA — TELS.: 416-700 345-943