

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE CABLES TELEFÓNICOS
MULTIPARES USADOS EN PLANTA EXTERNA**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR

SIGFRIDO HUGO NANO PADILLA

PROMOCIÓN

1979 – I

LIMA – PERÚ

2010

DISEÑO y FABRICACIÓN DE CABLES TELEFÓNICOS
MULTIPARES USADOS EN PLANTA EXTERNA

**A MI MADRE,
A MI ESPOSA
Y A MIS HIJOS**

SUMARIO

Este trabajo describe los pasos seguidos para el diseño y fabricación de cables telefónicos multipares de cobre (de 10 a 2,400 pares), un par compuesto de dos conductores trenzados, y cada uno formado por un hilo de cobre cubierto con aislamiento de polietileno en dos capas, una interior de polietileno expandido o “celular” tipo “foam” y otra superior de polietileno sólido, los pares reunidos en el núcleo interno del cable con los intersticios del núcleo cubierto con material de relleno “jelly”, para conformar el cable multipar tipo “foam skin relleno”.

Empieza por la descripción de la base o marco teórico empleado para el diseño de los cables multipares basado en la teoría de Líneas de Transmisión, seguido por un resumen del planeamiento del proyecto, para luego entrar a la parte de diseño, que es la más importante del trabajo, acá veremos en detalle los pasos seguidos para lograr los objetivos buscados: el cumplimiento del diseño del producto (cable telefónico) con los requerimientos o normas especificadas.

Luego viene la etapa de fabricación del producto, en esta ocasión un cable de 50 pares al cual se le realizaron todos los ensayos para la fase de verificación del diseño para determinar la conformidad del producto.

Este trabajo nos da una referencia para otras aplicaciones similares, como pueden ser los cables para XDSL (línea digital para suscriptores), LAN, etc. las cuales también siguen las pautas de las líneas de transmisión.

INDICE

Prólogo.....	1
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Reseña histórica.....	2
1.2 Telefonía y modulación.....	3
1.3 Telefonía fija.....	6
1.4 Cable telefónico multipar.....	7
1.5 Par telefónico y circuito equivalente.....	8
1.6 Resistencia eléctrica en un par telefónico.....	10
1.7 La Conductancia en un par telefónico.....	12
1.8 La Capacitancia axial en un hilo telefónico.....	13
1.9 La Capacitancia mutua en un par telefónico.....	14
1.10 La Inductancia en un par telefónico	14
CAPÍTULO II	
PLANEAMIENTO	
2.1 Requerimientos de maquinarias y equipos.....	16
2.2. Procesos.....	16
2.3 Análisis de necesidades	21
CAPÍTULO III	
DISEÑO	
3.1 Requerimientos normativos	27
3.2 Desarrollo de parámetros	30
3.2.1 Resistencia Eléctrica	30
3.2.2 Capacidad Mutua	30
3.2.3 Diámetro del núcleo	35
3.2.4 Desbalances debidos a procesos de manufactura	36

3.2.5 Desbalance par a par CUPP	36
3.2.6 Desbalance par a tierra CUPG	37
3.2.7 Desbalance de resistencia	38
3.2.8 Atenuación	38
3.2.9. Diafonía o crosstalk	38
3.2.10 Requerimientos dimensionales de cubierta y pantalla	39
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	
4.1 Elaboración de Especificaciones de fabricación.....	42
4.2 Fabricación de cable de prueba.....	42
4.3. Ensayos al producto final.....	45
4.3.1 Ensayos de características de transmisión.....	45
4.3.2 Ensayos dimensionales y eléctricos.....	57
CONCLUSIONES	61
Anexo A	
Especificaciones de medición equipo DCM	63
Anexo B	
Características eléctricas de la norma Telefónica GT.ER.f5.002.....	65
Características eléctricas de la norma ICEA S-68-608.....	67
Anexo C	
Especificación de cable 2,400 pares.....	71
Resultados de ensayos a cables de 1,200 pares.....	74
Resultados de ensayos a cables de 2,400 pares.....	78
Anexo D	
Líneas en servicio 1,993/2,008.....	83
Glosario de términos.....	84
Bibliografía	86

PRÓLOGO

El objetivo de este trabajo es mostrar la validez de las fórmulas empleadas en las líneas de transmisión y circuitos eléctricos para el diseño de los cables telefónicos multipares, en este caso particular del tipo con aislamiento “foam skin” y núcleo relleno.

Para lo cual se muestran los pasos seguidos para el diseño, planeamiento, fabricación y ensayos de verificación del cumplimiento con las especificaciones y normas solicitadas.

En general este tipo de diseño pasa por la secuencia de prueba y error, es decir necesariamente se debe fabricar el producto para tener la certeza de que cumple los requerimientos, ya que algunas de las fórmulas empleadas como por ejemplo para calcular la capacidad mutua son aproximaciones, por lo que se debe afinar o modificar algunos parámetros o dimensiones del diseño si no cumple con los parámetros requeridos hasta encontrar un resultado adecuado.

En el capítulo I se presenta el marco teórico de los cables telefónicos, mostrando las ecuaciones y relaciones desarrolladas en este tipo de cables.

En el capítulo II se muestra el planeamiento o requerimientos mínimos para llevar a cabo esta fabricación, indicando los equipos necesarios para la fabricación: los faltantes y los presentes.

En el capítulo III se indican los pasos seguidos para el diseño de los cables, haciendo notar el requisito del cumplimiento de las normas y especificaciones aplicables, sin las cuales se generaría un desorden en la fabricación.

En el capítulo IV se muestran los resultados, los cuales cumplen los requisitos según los cuales fueron diseñados, lo que nos indica que también es posible aplicarlas para cables similares como los xDSL para suscriptores y cables LAN para redes

Luego se mencionan las conclusiones de este trabajo.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Reseña histórica

Del portal de Internet del MTC tenemos los siguientes datos: la primera línea telefónica instalada en el Perú data de 1,888 instalada en la calle Unión entre los N°s 180 y 372 de la Cía. G. G. Cohen. El año 1,920 se crea la Cía. Peruana de Teléfonos Limitada, que es adquirida el año 1,930 en un 60% por la Cía. Internacional Telephone and Telegraph Corporation (ITT). El año 1,969 se crea la empresa ENTEL Perú y el año 1,994 junto con la Cía. CPT que fue nacionalizada por el Gobierno Militar el año 1,997 son privatizadas y pasa a manos de la compañía Telefónica de España.

La densidad de líneas telefónicas de los últimos años ha crecido enormemente pasando de 600,000 el año 1,993 a cerca 3'000,000 al año 2,008 de acuerdo a información del MTC, ver cuadro en el anexo D.

En los Estados Unidos desde inicios de los 1,900 se empleaba cables telefónicos aislados con papel y cubierta de plomo, estos cables se usaron ampliamente hasta los años 1,950 donde aparecieron los cables con aislamiento de papel con pantalla de aluminio o acero y cubierta de plástico de polietileno.

Los años 1,960 aparecieron los cables con aislamiento plástico de polietileno que rápidamente reemplazó a los cables de papel y luego en los años 1,970 comenzaron a usarse los cables con aislamiento sólido rellenos para contrarrestar los problemas de ingreso de humedad, en los 1,980s salieron los cables rellenos con aislamiento celular o expandido y una capa sólida externa, estos últimos por sus ventajas con respecto a los de polietileno sólido rápidamente los desplazó en el uso para cables de gran capacidad.

Luego por la demanda por mayor capacidad de transmisión, han surgido los cables para el servicio de suscripción de abonados (xDSL) que transmite voz, video e Internet, que son una versión mejorada de los cables multipares, donde la frecuencia de transmisión alcanza los 40 MHz y la tendencia es incrementar la frecuencia.

1.2 Telefonía y modulación.

La telefonía consiste en la transmisión de voz de un punto a otro punto lejano y la podemos simplificar en tres componentes:

1. Una fuente de energía o transmisor,
2. Un medio a través del cual se transmite,
3. Un dispositivo de recepción que convierte la energía en señal audible.

El medio a través del cual se transmite la señal telefónica se compone del cable telefónico en sus diversas etapas y de todos los equipos de conexionado y de switcheo. Estas señales son sometidas a varias influencias en todo su recorrido que afectan su calidad, desde la emisión de la fuente hasta la recepción. El sector o área del sistema que va de la estación central hasta el usuario emisor/receptor es conocido como la Planta Externa, donde la señal es enviada a través de cables telefónicos, en su gran mayoría estos son cables telefónicos multipares.

La señal de voz que se transmite tiene un ancho de banda típico de 3.4 KHz. y para optimizar la transmisión se descubrieron y aplicaron diversos tipos de modulación. En telecomunicaciones el término modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, esta es típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas de modulación permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, haciéndola más resistente a posibles interferencias y ruidos.

La modulación consiste básicamente en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora que es la que lleva la información que queremos transmitir, tal como se observa en la figura (1.1).

En las figuras (1.2) y (1.3) se muestran ejemplos de modulaciones análogas y digitales más conocidas: la modulación de amplitud o AM y la modulación en frecuencia FM. De las modulaciones digitales se muestran ejemplos de modulación de amplitud, de frecuencia y de fase.

El aparato que hace las veces de emisor y receptor primario es el teléfono que ha sufrido grandes cambios desde su creación por Alexander Graham Bell en 1,877.

De la misma forma han evolucionado los cables telefónicos, donde el mayor uso es el de los cables telefónicos que han pasado de ser un simple par de conductores, a cables de más de 2,400 pares llamados cables telefónicos multipares, donde el tema de este trabajo son los de aislamiento “foam skin” y núcleo relleno.

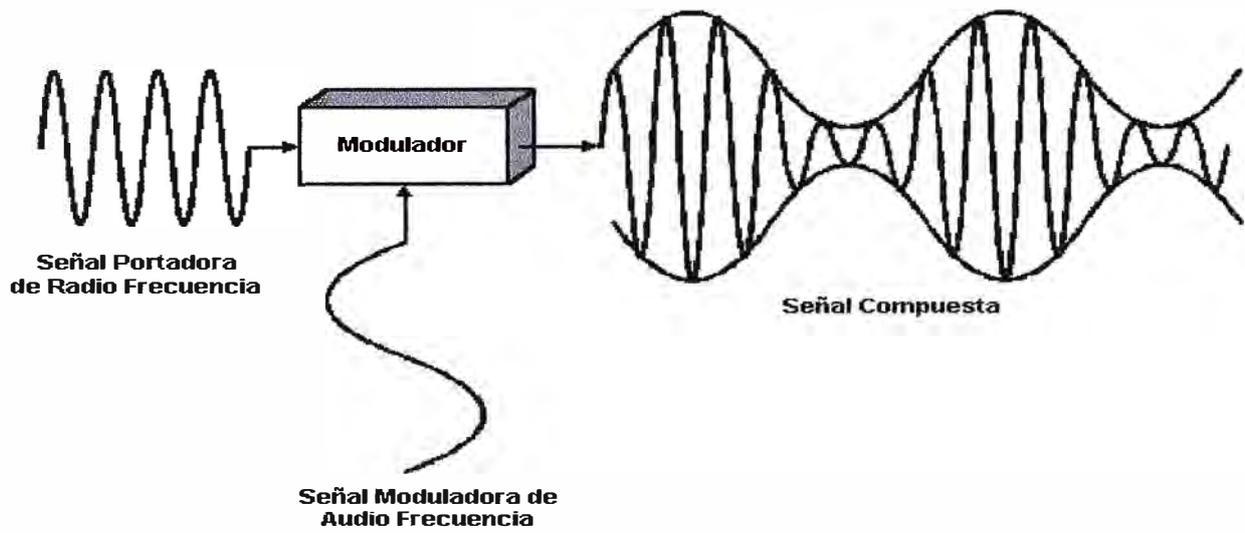
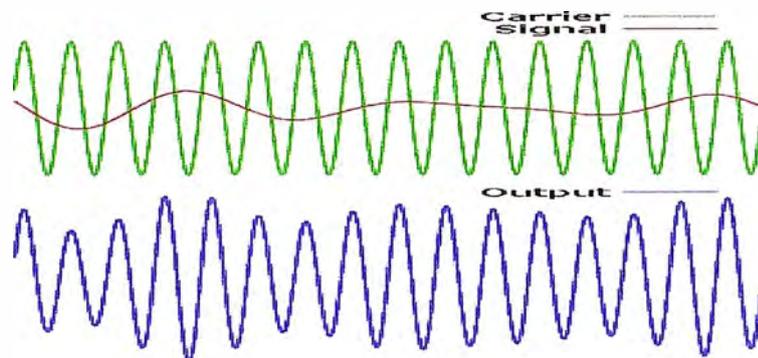


Fig.1.1 Modulación de señal

Ejemplos de modulación análoga:

Modulación en amplitud



Modulación en frecuencia

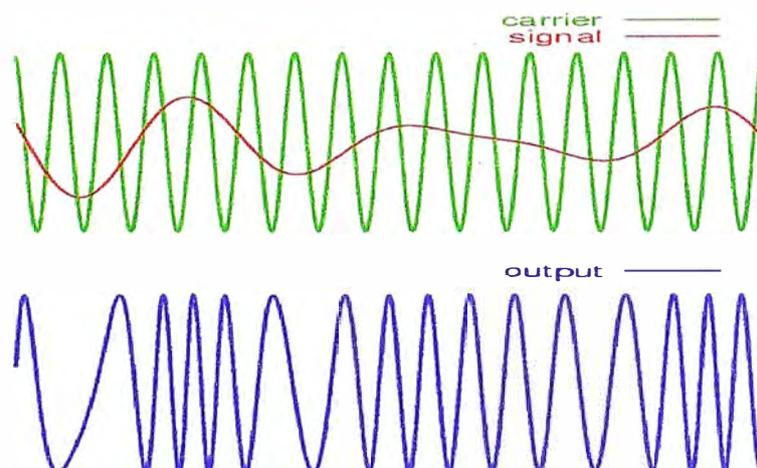
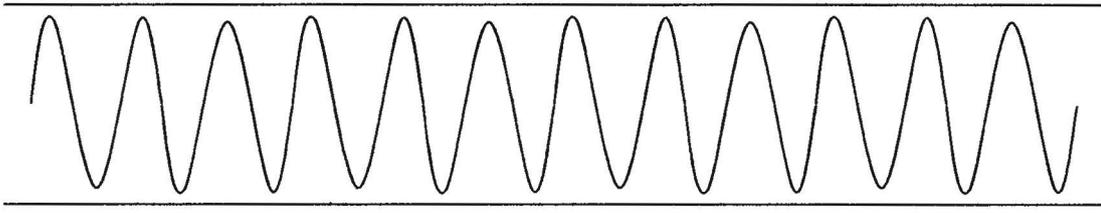


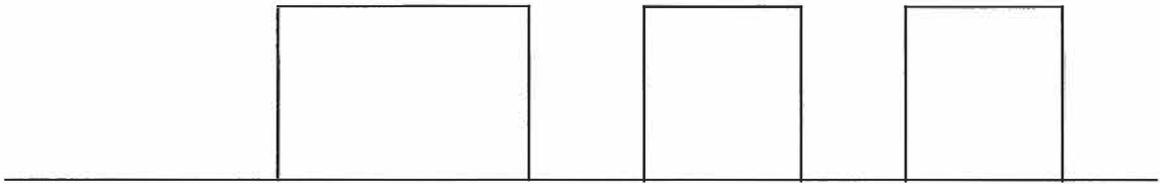
Fig. 1.2

Señal portadora

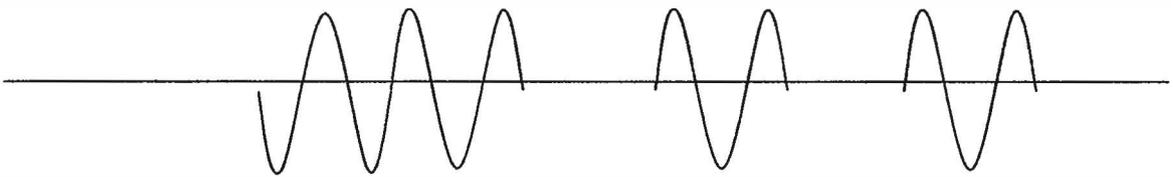


Señal digital

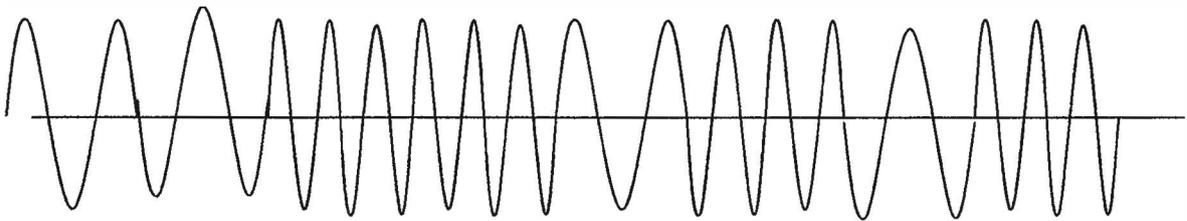
0 0 1 1 0 1 0 1



Modulación en amplitud



Modulación en frecuencia



Modulación en fase

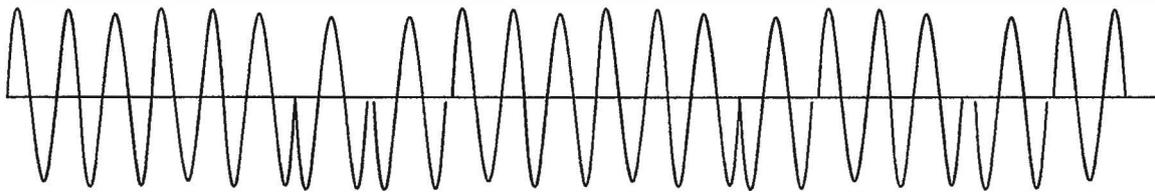


Fig. 1.3 Ejemplos de modulación digital

1.3 Telefonía fija.

En la actualidad tenemos dos grandes segmentos en la telefonía pública:

La telefonía fija y la telefonía móvil.

La telefonía fija tiene una estructura similar a la mostrada en las figuras siguientes:

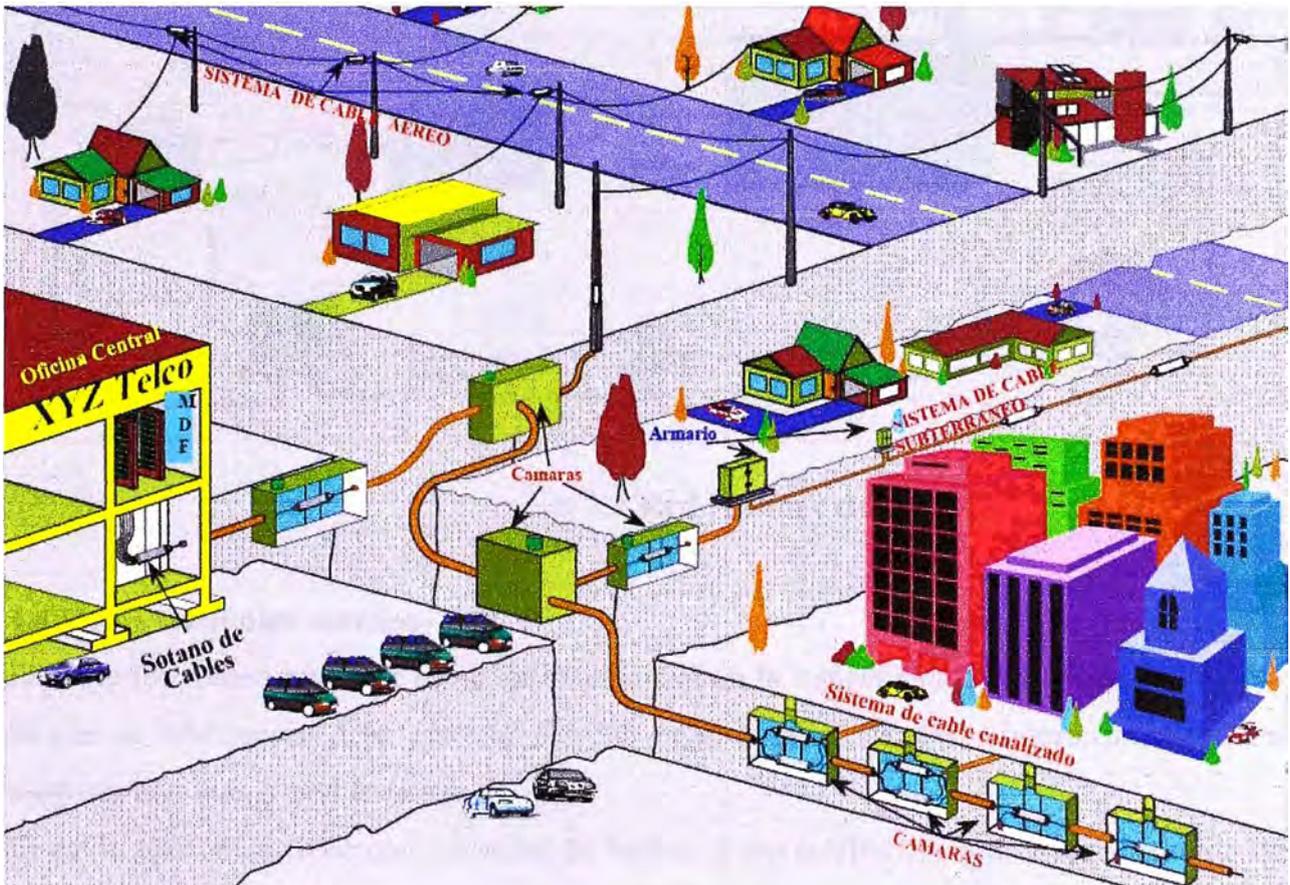


Fig. 1.4 Planta externa de telefonía fija

Donde se puede apreciar las partes principales que conforman el sistema.

- 1) La Estación Central, donde se gobiernan las señales, es decir se direccionan amplifican, etc.
- 2) La planta externa, que abarca la infraestructura para la transmisión de las señales; parte importante son los cables telefónicos multipares que llevan la señal de la estación central hasta el cable de acometida. Estos son subterráneos para la primera etapa de distribución, donde se requieren gran cantidad de conexiones, y aéreos en las etapas finales de la distribución.
- 3) Luego viene la etapa final de llegada al aparato del abonado, donde se emplean cables de acometida que llegan al interior del domicilio para conectarse al cable de alimentación al aparato telefónico.

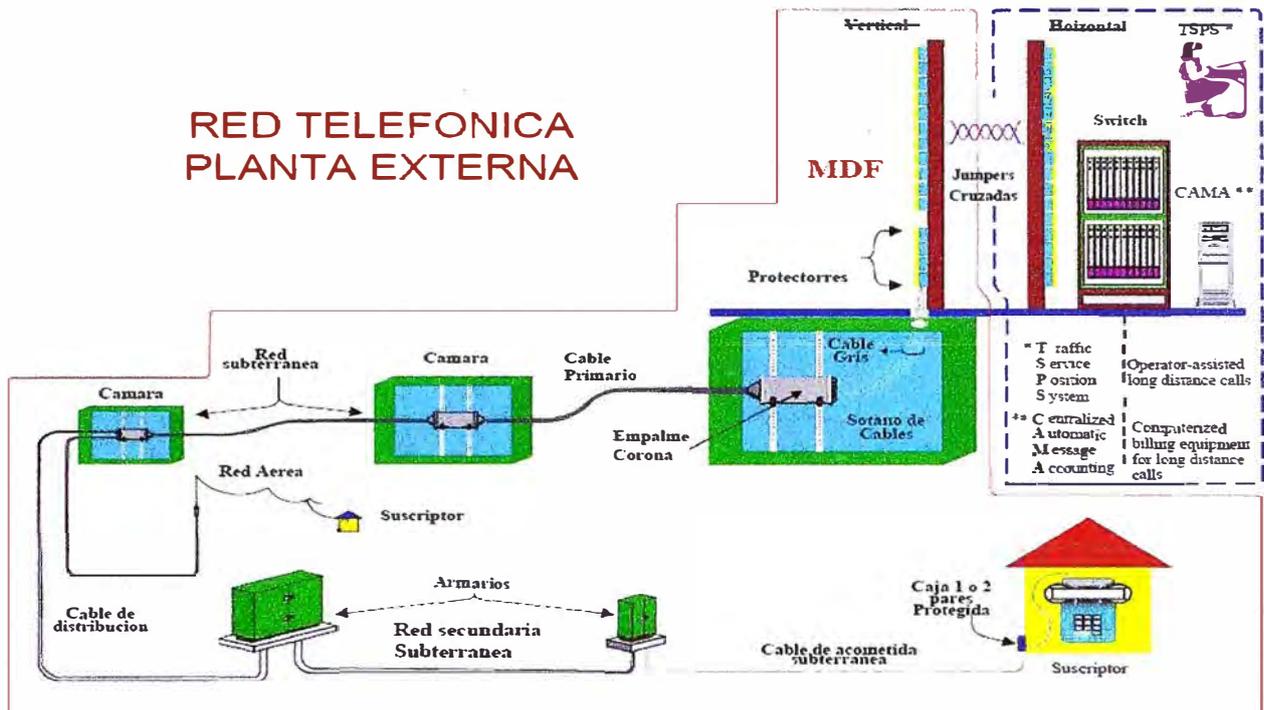


Fig. 1.5 Red Planta externa

1.4 Cable telefónico multipar.

El cable telefónico multipar juega un rol esencial en la transmisión de la telefonía fija, por lo que su fabricación debe cumplir con los estándares nacionales e internacionales para asegurar una buena performance.

El cable telefónico tiene como unidad de básica el par telefónico, que está constituido de dos hilos redondos de cobre de alta pureza (99,9%) cada uno cubierto con una capa de un material aislante con un color que lo identifica y reunidos o entorchados (también se emplean los términos cableados, pareados, etc.) con un relación de entorchado (paso) uniforme que los mantiene unidos dentro del cable, esto se muestra en la figura siguiente.

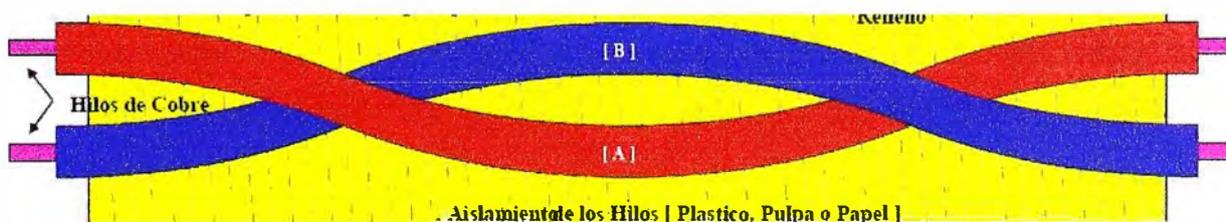


Fig. 1.6 Par telefónico

La señal telefónica se transmite a través de este par de hilos de cobre, que están a su vez acompañados por otros pares que llevan cada uno sus propias señales.

El diseño de estos cables debe asegurar que los pares cumplan con los requerimientos establecidos para que la transmisión no sea perturbada más allá de los límites establecidos. En la siguiente figura se muestra la disposición de un par dentro de cable donde por las diversas etapas de reunión y cableado, tiene un recorrido helicoidal dentro del cable.

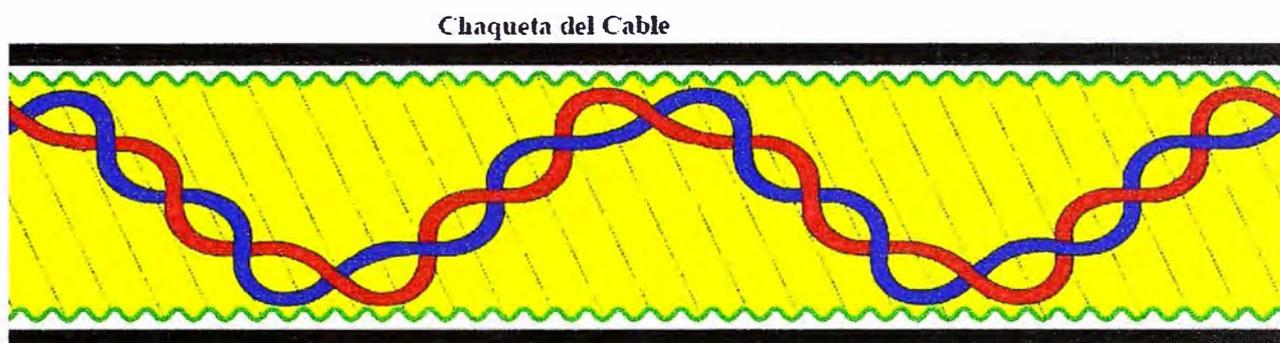


Fig. 1.7 Par telefónico dentro de un cable

Estos pares se reúnen en grupos llamados unidades y superunidades, a su vez se agrupan para construir el cable final llegando a formar hasta 2,400 pares en un solo cable (ver figura 1.8).

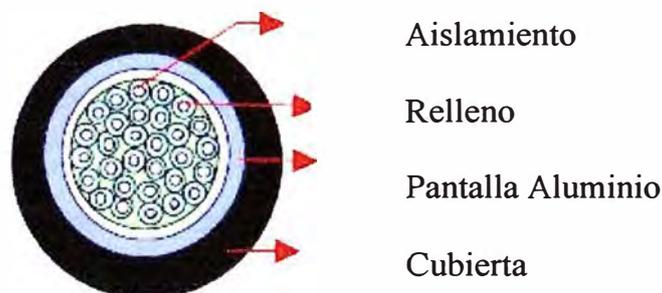


Fig. 1.8 Corte de un cable telefónico multipar

1.5 Par telefónico y circuito equivalente.

Los pares telefónicos individualmente se comportan como las líneas de transmisión por lo que se pueden representar como un circuito de cuatro elementos o parámetros distribuidos que son:

- R, la resistencia por unidad de longitud, en Ω/m .
- L, la inductancia por unidad de longitud, en H/m.
- G, la conductancia entre los dos hilos, ya que el dieléctrico puede tener pérdidas, por unidad de longitud, en S/m.

- C, la capacitancia entre los dos hilos por unidad de longitud, en F/m.

Nótese que R y L son elementos en serie, mientras que G y C lo son en paralelo, como se muestra en la figura 2.3 que representa el circuito eléctrico equivalente de un elemento Δz de la línea.

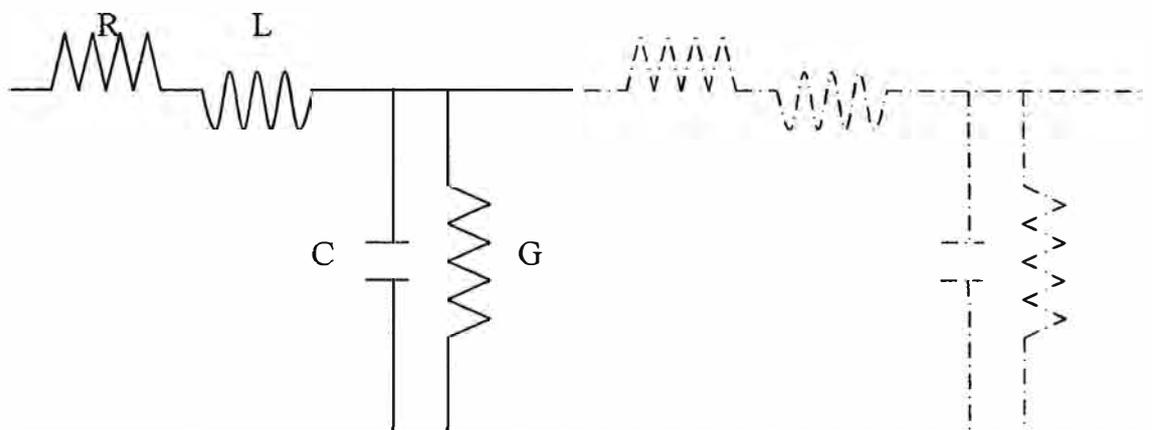


Fig. 1.9 Circuito equivalente de un par telefónico

El cable telefónico al formar gran parte del medio de transmisión de la señal, es sometido a varias influencias a través de su recorrido que afectan la calidad de la señal.

Las más significativas son las irregularidades de impedancia, la cual causa reflexiones, los desbalances y la diafonía (crosstalk).

Las características de transmisión de un cable están dadas por su Impedancia característica (Z_0) y su Constante de Propagación (γ), que son determinadas por sus constantes primarias R, L, C y G.

Cualquier irregularidad en una línea homogénea representa una discontinuidad, que ocasiona una reflexión de la señal con la consiguiente pérdida de energía.

Las siguientes fórmulas se aplican para las líneas de transmisión:

$$\gamma = \alpha + i\beta = \sqrt{(R + i\omega L)(G + i\omega C)} \quad (\text{m}^{-1}) \quad (1.1)$$

γ es la **constante de propagación**, cuya parte real e imaginaria, α y β , son las **constante de atenuación** (Np/m) y la **constante de fase** (rad/m). Nótese que la constante de fase está relacionada con la velocidad de fase mediante:

$$\beta = \frac{\omega}{v_f} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (1.2)$$

$$Z_0 = \frac{V_0^i}{I_0^i} = -\frac{V_0^r}{I_0^r} = \sqrt{\frac{R + i\omega L}{G + i\omega C}} \quad (\Omega) \quad (1.3)$$

Z_0 es la impedancia característica del par y λ es la longitud de onda de la línea de transmisión.

La atenuación está dada por la fórmula:

$$\alpha = 8.686 (R / 2Z_0 + GZ_0 / 2)^{1/2} \quad (1.4)$$

Para frecuencias bajas L y G son despreciables por lo que tenemos:

$$\alpha = 8.686 (R \omega C / 2)^{1/2} \quad (1.5)$$

La constante de propagación es muy importante porque nos da la pérdida de atenuación y la caída de la fase de la señal de entrada que afecta la inteligibilidad de la transmisión.

Las variaciones en los parámetros primarios en función de la frecuencia tienen una significativa influencia en los parámetros secundarios; por ejemplo [datos tomados del trabajo de Leo M. Chatter¹] en un cable de aislamiento sólido y núcleo de aire (PIC/S/A) la inductancia se reduce +/- 27 % de 10 KHZ a 10 MHZ; en cambio la Capacitancia es muy estable no muestra cambios de 0.1 KHZ a 10 MHZ.

La resistencia eléctrica se incrementa +/- 80 % de 10 KHZ a 12 MHZ y la conductancia incrementa 100 veces o 1,000 % de 100 KHZ a 1 MHZ

Para frecuencias bajas la Conductancia y la Inductancia no son significativas por sus valores bajos con respecto a la resistencia eléctrica y la capacitancia. La impedancia característica se puede aproximar a:

$$Z_0 = \frac{V_0^i}{I_0^i} = -\frac{V_0^r}{I_0^r} = \sqrt{\frac{R}{i\omega C}} \quad (\Omega) \quad (1.6)$$

Por tanto uno de los parámetros más importantes a desarrollar para los cables telefónicos multipares es la capacitancia que será tratado con más detalle en el capítulo de Diseño.

Para frecuencias altas la inductancia es más determinante que la resistencia, por lo que la impedancia característica se puede aproximar de la siguiente manera:

$$Z_0 = \frac{V_0^i}{I_0^i} = -\frac{V_0^r}{I_0^r} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (\Omega) \quad (1.7)$$

Para hallar los parámetros buscados (R, G, C y L) de los cables telefónicos multipares mostraremos las relaciones aplicables a cada uno de ellos.

1.6 Resistencia eléctrica en un par telefónico.

La Resistencia eléctrica en conductores sólidos varía de acuerdo a la frecuencia de la señal que se transmite, para señales continuas está definida por la resistividad del metal del conductor de acuerdo a la fórmula:

$$R = \rho \cdot L / A \quad (\Omega) \quad (1.8)$$

ρ es la resistividad del conductor (para el cobre es $17,241 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{mm}$)

L es la longitud del conductor

A es la sección del conductor

Para hilos de cobre tenemos:

$$R = 21.952 / d^2 \quad (\Omega) \quad (1.9)$$

Para señales alternas se presenta el efecto “skin” o pelicular, donde la densidad de corriente se concentra en la parte exterior del conductor, y por lo tanto la resistencia aumenta cuando aumenta la frecuencia de la señal.

Se usa una constante δ llamada *skin depth* que es definida como la profundidad bajo la superficie del conductor a la cual la densidad de corriente decae a $1/e$ (cerca de 0.37) de la densidad de corriente a la superficie. Puede ser calculada como sigue:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}} \quad (1.10)$$

Donde:

ρ = resistividad del conductor

ω = frecuencia angular de la corriente = $2\pi \times$ frecuencia

μ = permeabilidad magnética absoluta del conductor = $\mu_0 \cdot \mu_r$,

μ_0 es la permeabilidad del espacio libre ($4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$) y μ_r es la permeabilidad relativa del conductor.

Para conductores cilíndricos largos tales como alambres en un par telefónico, con diámetros D grandes comparados con δ , la resistencia es aproximadamente la de un tubo hueco con un espesor de pared δ llevando corriente directa.

Esto es, la resistencia AC es aproximadamente:

$$R = \frac{\rho}{\delta} \left(\frac{L}{\pi(D - 2\delta)} \right) \approx \frac{\rho}{\delta} \left(\frac{L}{\pi D} \right) \quad (1.11)$$

Donde:

L = longitud del conductor

D = diámetro del conductor, la aproximación final es precisa si $D \gg \delta$.

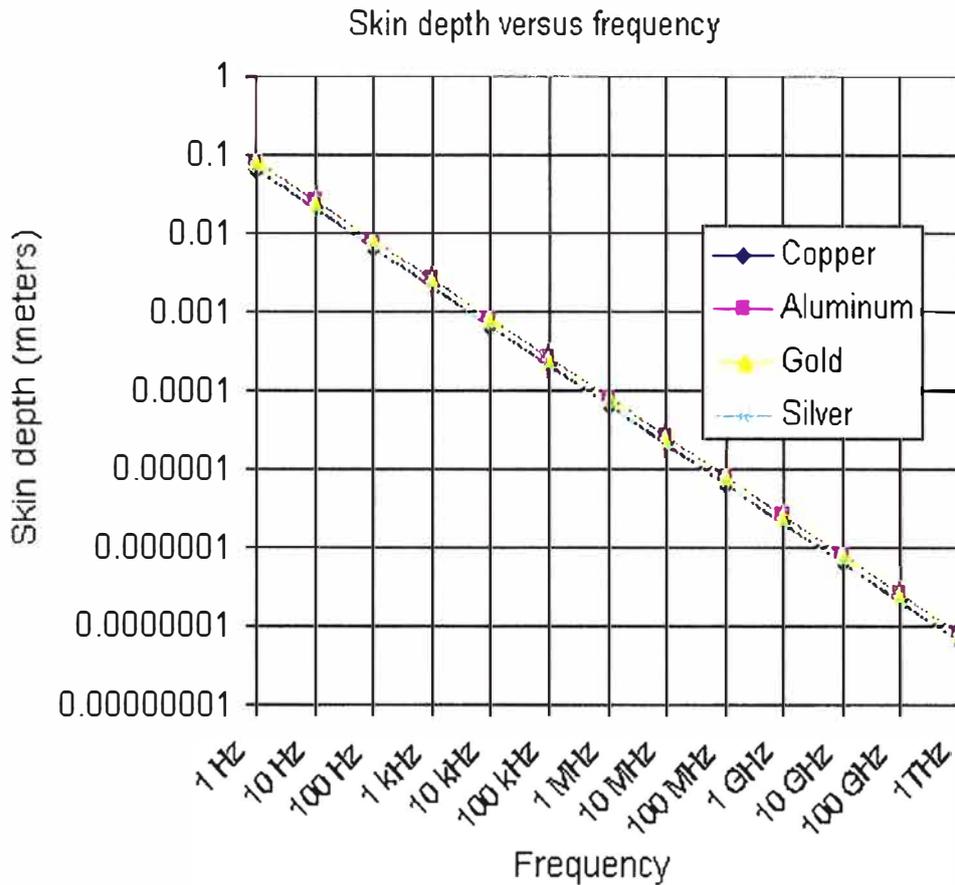


Fig. 1.10 Diagrama de profundidad del efecto skin vs frecuencia

También tenemos que en cables multipares se presentan dos efectos adicionales que son. Incremento por la proximidad de otros pares, e Incremento por el efecto de corrientes parásitas en otros pares y la pantalla.

1.7 La Conductancia en un par telefónico.

La Conductancia del par telefónico está en función del medio que separa los conductores, en este caso se compone de los aislamientos y del material que los rodea, aire para los cables “secos” y “jelly” para los cables “rellenos”.

Para materiales usados en el aislamiento de los pares telefónicos como el polietileno y similares, debido a su alta resistividad volumétrica que está por encima de 1×10^{16} Ohm-cm, como también la de los demás elementos que componen el cable como las cintas, materiales de relleno, envolturas, etc. los valores no son significativos y se puede descartar. Para otros materiales se puede emplear la siguiente fórmula para hallar la conductancia:

$$\sigma = \frac{0.0957 f}{\text{Log}_{10} 1.5 \times S/d} \text{ umoh/km} \quad (1.12)$$

Donde:

f = frecuencia

S = espacio interaxial

d = diámetro del conductor desnudo.

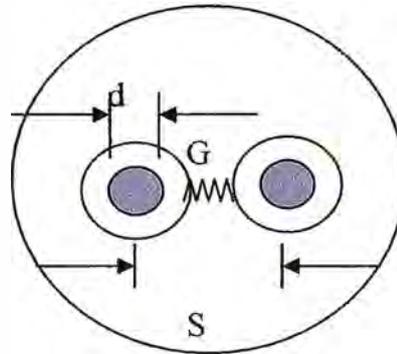


Fig. 1.11 Circuito equivalente de un par telefónico

1.8 La Capacitancia axial en un hilo telefónico.

El conductor aislado que conforma el par telefónico, presenta una capacitancia propia llamada capacitancia axial que está en función de la geometría y del componente usado en el aislamiento.

La capacitancia axial es la del condensador cilíndrico y está dado por la fórmula:

$$C_a = \epsilon_0 \epsilon_r / \ln (DOD/d) \quad \text{uF/km} \quad (1.13)$$

Donde:

$\epsilon_0 = 8.85418 \cdot 10^{-12}$ F / m es la permitividad del vacío

ϵ_r es la permitividad relativa del medio aislante

DOD es el diámetro del aislamiento

d es el diámetro del alambre

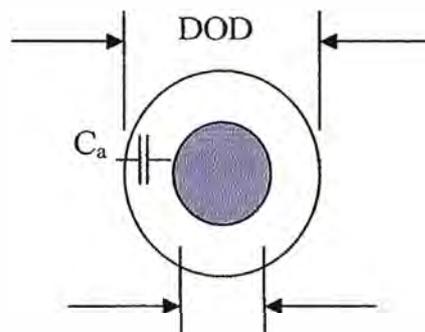


Fig. 1.12 Conductor aislado

De la fórmula se tiene que la capacidad es directamente proporcional a la permitividad ϵ_r del medio e inversamente proporcional a la relación DOD/d.

1.9 La Capacitancia mutua en un par telefónico.

Para un par de hilos aislados encerrados por una superficie metálica o pantalla tenemos:

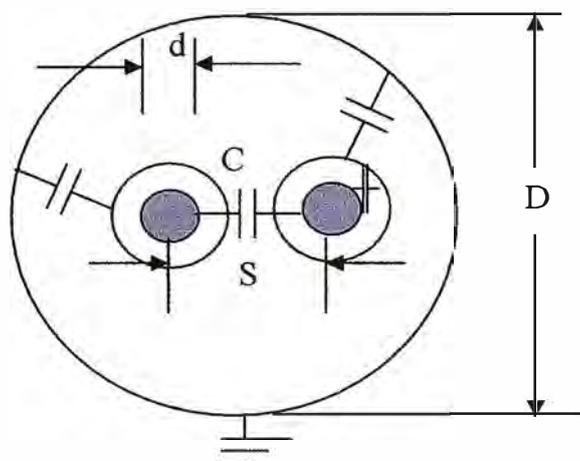


Fig. 1.13 Circuito equivalente

$$C = \frac{2 \pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln \frac{S (D^2 - S^2)}{d (D^2 + S^2)}} \quad (1.14)$$

Donde:

$\epsilon_0 = 8.85418 \cdot 10^{-12}$ F / m permitividad del vacío

ϵ_r = la permitividad relativa del medio aislante

S = la distancia entre los ejes de los conductores (DOD + A).

D = el diámetro efectivo de la pantalla

La capacitancia C viene a ser en los pares telefónicos la Capacidad Mutua.

1.10 La Inductancia en un par telefónico.

La inductancia total de un par es la suma de tres componentes:

1. La inductancia interna del alambre
2. La inductancia externa, y
3. La de las corrientes parásitas que rodean al par y a la pantalla.

La inductancia interna es menor que la externa y es función de la frecuencia, decrece cuando la frecuencia aumenta debido a los efectos "skin" y a la proximidad, en altas frecuencias se aproxima a cero. La inductancia externa es independiente de la frecuencia y es función del diámetro del conductor (d) y del espacio interaxial (S). Las corrientes parásitas en los pares adyacentes son significantes solo en altas frecuencias. La inductancia del par decrece cuando la frecuencia aumenta y se reduce más por las corrientes parásitas.

De donde podemos calcular para la inductancia en serie de un par telefónico la ecuación siguiente:

$$L = 0.923 \log_{10} \frac{d}{(S - \sqrt{S^2 - d^2})} + 0.100 K l(x) \quad (1.15)$$

Donde:

L = Inductancia en milihenrios / km

S = Espacio interaxial

d = diámetro del alambre en mm

l(x) = parámetro calculado por el efecto "skin"

K parámetro función del efecto proximidad

Esta fórmula también aparece en el estudio de Mrs. Mead con la forma:

$$L = 1.482 \log_{10} 2 S/d + 0.1609 \quad (1.16)$$

Donde:

L = Inductancia en milihenrios / milla

CAPITULO II

PLANEAMIENTO

2.1 Requerimientos de maquinarias y equipos.

La producción de cables foam skin demanda como mínimo las siguientes etapas de fabricación:

- 1) Trefilación.
- 2) Aislamiento.
- 3) Pareado.
- 4) Cableado de pares o formación de unidades.
- 5) Cableado de unidades y superunidades.
- 6) Aplicación de relleno.
- 7) Encintadora y cubierta.
- 8) Ensayos de características eléctricas y dimensionales.

Haremos una breve descripción de cada etapa de la fabricación de los cables telefónicos multipares.

2.2 Procesos

Trefilación:

La trefilación consiste en la reducción del diámetro del hilo de cobre, esto se consigue al pasar el hilo de cobre por una herramienta llamada “dado” que es un cono trunco con el diámetro mayor de entrada y el diámetro menor de salida.

Para evitar recalentamientos en la etapa de reducción por la fricción, se emplea un sistema de refrigeración y luego para conseguir que el alambre de cobre tenga las propiedades físicas y eléctricas requeridas, pasa por una fase de calentamiento o recocido donde se obtiene la calidad de “Cobre blando o recocido” con 100% de conductividad.

Para los cables telefónicos tenemos que es necesario dos etapas de trefilación para pasar de 8.00 mm que es el diámetro de ingreso del alambrón de cobre a 0.404 mm que es el

diámetro del hilo telefónico (los calibres van del 0.404 al 0.900 mm).

La primera etapa reduce el diámetro a +/- 2.00 mm y se realiza en trefiladoras con recocido en línea y capacidad promedio de 600 toneladas métricas al mes; la segunda etapa lleva el diámetro final de 0.400 a 0.900 mm la realizan trefiladoras finas también con recocido en línea y con capacidad promedio cada una de 50 toneladas métricas al mes.



Fig. 2.1 Trefilación gruesa



Fig. 2.2 Trefilación fina

Aislamiento:

El aislamiento es la etapa en la cual se coloca sobre el alambre de cobre una capa aislante, que en el caso de los cables telefónicos, sirve para varias funciones:

- 1) Aislar el alambre telefónico.
- 2) Ponerle un color para identificación.
- 3) Darle las características eléctricas necesarias para su operación.
- 4) Proteger al conductor del medio ambiente que lo rodea.



Fig. 2.3 Aisladora

Pareado:

Es la operación en la cual se reúnen o “entorchan” dos hilos aislados con un paso uniforme, el paso se define como la distancia longitudinal que recorre un hilo para dar una vuelta o giro completo, los pasos de pareado deben cumplir con:

- 1) En una unidad (25 pares) no deben repetirse los tamaños de paso.
- 2) No debe exceder los valores de norma.

Además la selección de los pasos es parte importante para el cumplimiento de los requisitos de diafonía (crosstalk) ya que la elección de pasos adecuados posibilita una adecuada respuesta a la interferencia.



Fig. 2.4 Pareadora

Cableado de pares:

El cableado de pares es la reunión varios pares con un paso de cableado uniforme, en cables telefónicos multipares tenemos grupos de 8, 9, 12, 13 pares llamados sub-unidades, y de 25 pares que es llamada la Unidad; las sub-unidades se emplean para formar las Unidades.



Fig. 2.5 Cableadora de pares

Cableado de Unidades y Superunidades:

Las unidades y/o sub-unidades se reúnen para formar cables o superunidades; por ejemplo para formar un cable de 200 pares, se reúnen 8 unidades (25 pares).

Las Superunidades son de 50 o 100 pares y se emplean para formar cables mayores de hasta 2,400 pares (24 Superunidades de 100 pares), en la empresa contamos con una cableadora con 24 bastidores fijos y tres bastidores rotativos.



Fig. 2.6 Cableadora final

Aplicación del relleno:

La aplicación del relleno se realiza en dos etapas:

- 1) Precalentado de los pares que forman el cable (núcleo), esto se realiza con inducción electromagnética.
- 2) Inyección a presión del compuesto de relleno (en estado líquido).

Esta operación tiene por finalidad conseguir cubrir todos los espacios vacíos del núcleo del cable con el relleno, y así evitar ingreso de humedad, por eso se precalienta el núcleo para facilitar el ingreso del petrolato o “jelly”.

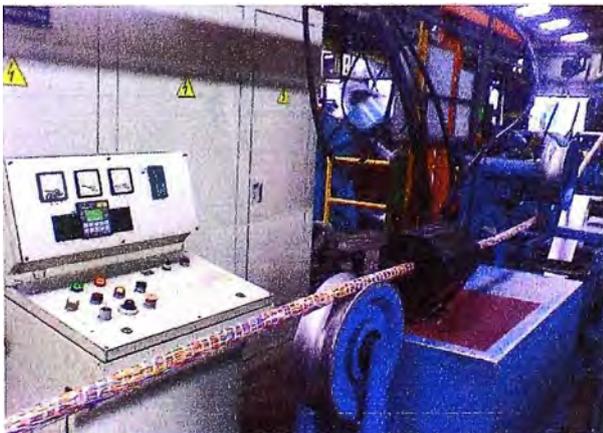


Fig. 2.7 Precalentado:



Fig. 2.8 Inyección:

Aplicación de la cubierta y pantalla:

En esta etapa se aplica sobre el núcleo relleno una pantalla de aluminio en simultáneo con una cubierta de polietileno, la cinta lleva una capa de polímero que facilita la adherencia a la cubierta, esto es fundamental para asegurar la estanqueidad y hermeticidad del cable. A la salida de la extrusora el cable pasa por una canaleta de agua fría.



Fig. 2.9 Encintado



Fig. 2.10 Aplicación de cubierta

Ensayos de características eléctricas y dimensionales:

Se evalúa el cumplimiento con los requerimientos de norma y los de diseños especificados, los ensayos eléctricos inicialmente se realizaban con equipos manuales, lo que hacía los ensayos largos y tediosos por la cantidad de mediciones, en especial los desbalances y mediciones de diafonía. Los ensayos dimensionales se realizan en los extremos del cable y en algunos pares por muestreo.



Fig. 2.11 Equipo ensayo de atenuación



Fig. 2.12 Equipo ensayo de capacidad

2.3 Análisis de necesidades

Debido a que se contaba con una infraestructura productiva donde se fabricaban cables con aislamiento de polietileno sólido de hasta 2,400 pares, lo que faltaba eran los elementos para las líneas de producción de los ítems 2 (aislamiento) y 6 (aplicación de relleno), y se debía evaluar la adquisición de otros equipos o accesorios para los ítems 1 (trefilación), 3 (pareado) y 8 (ensayos de producto terminado).

Trefilación:

Se contaba con dos trefiladoras modelo F-13 marca SYNCRO lo cual da una capacidad suficiente de trefilación, cada una tiene una capacidad de trefilación de aproximadamente 600 toneladas al mes. Las líneas de aislamiento modernas realizan una etapa de trefilación fina y aislamiento en simultáneo, por lo que requieren un bastidor de alimentación de alambre de cobre de +/- 1,000 kg por carga con alimentación continua, por tanto se vio la necesidad de adquirir un receptor de las líneas de trefilación llamado “Continuos Coyler”.



Fig. 2.13 Receptor “Continuos Coyler”



Fig. 2.14 Trefiladora F-13

Aislamiento:

Se evaluaron varias alternativas, varias de ellas muy competitivas y se decidió por una línea NOKIA –MAILLEFER con capacidad de aislamiento de hasta 2,400 m/min en alambre 0.404 mm de cobre.

Estas líneas de aislado tienen como principales características lo siguiente:

- 1) Realizan la etapa de Trefilado fino en simultáneo con el aislado.
- 2) Son controladas con PLC y microprocesadores.

- 3) Se programan las cantidades por tramo de fabricación.
- 4) Son automáticas, realizan el cambio de carrete cada vez que se llega a la cantidad programada.
- 5) Monitorean y regulan las características dimensionales y eléctricas de los alambres, de acuerdo a lo programado.

Con esta línea y considerando los tiempos de fabricación netos y una velocidad promedio de 2,000 m/min, tenemos una producción mensual de +/- 60,000 km de alambres aislados o 30,000 km/par

Se muestran algunas fotos de partes de la línea de extrusión.



Fig. 2.15 Canaleta de control de la Capacidad Fig. 2.16 Aisladora dual: Foam y Skin:



Fig. 2.17 Panel de control



Fig. 2.18 Receptor (take-up)

Pareado:

Se contaba con líneas de pareado individual, con una capacidad de pareado de +/- 15,000 km/par mensual, por lo que el faltante tenía que cubrirse y por lo tanto se adquirió una

moderna línea de pareado y reunión de unidades en simultáneo, llamada “Group Twinner” marca CEECO con una capacidad de reunión nominal de +/- 50,000 km/par.



Fig. 2.19 Pareadora:

Cableado de pares y/o formación de unidades.

Aparte de la “Group Twinner” se contaba con cableadoras marca CEECO donde se cablean hasta 100 pares, por lo que no era necesario contar con más equipamiento de cableado. La diferencia de las dos estriba en que la “group twinner” forma primero los pares (hasta 26) y luego los reúne en un solo proceso ahorrando bastante tiempo, en cambio la cableadora normal solo reúne los pares ya hechos en las pareadoras individuales; esta cableadora puede reunir hasta 100 pares o 4 unidades de 25 pares.



Fig. 2.20 Cableadora “Group Twinner”



Fig. 2.21 Cableadora de pares

Cableado de superunidades

Se contaba con una cableadora de superunidades marca Mayllefer que nos da la capacidad necesaria de cableado final



Fig. 2.22 Cableadora final

Aplicación de relleno

Se analizaron varias alternativas y al final se adquirió la línea WEBER & SCHEER

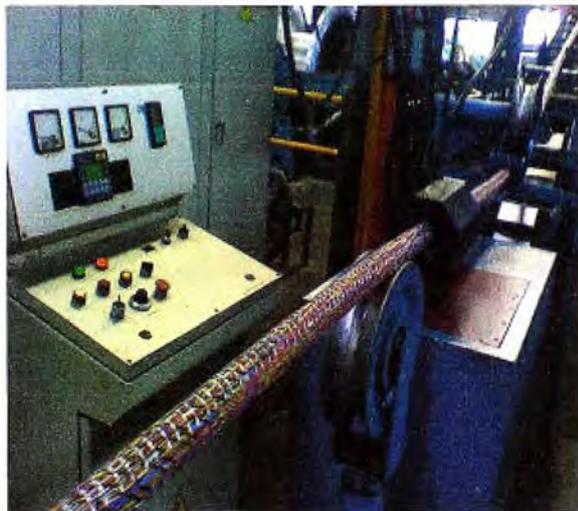


Fig. 2.23 Calentador "termomachine"



Fig. 2.24 Inyección de "jelly"

Encintadora y aplicación de cubierta.

Se contaba con una línea de extrusión marca Davis Standard con la cual se forraban los cables con aislamiento sólido y de papel, y una línea de encintado marca Alphet por lo que la necesidad estaba cubierta.



Fig. 2.25 Aplicación de cinta de aluminio (pantalla) y cubierta

Equipos de ensayos.

Se analizaron varias alternativas, entre ellas sobresalía las marcas DCM de USA y SIEVEMATIC Europea (Finlandia).

Por tener mejores características se seleccionó la marca DCM, fotos del equipo, los datos técnicos se muestran en el anexo D.



Fig. 2.26 Tableros de medición



Fig. 2.27 PC, impresora y equipos de control

Para los ensayos eléctricos de resistencia de aislamiento y tensión, tenemos los siguientes equipos: hipot tester con alcance de hasta 20 KV en corriente continua y megóhmetro digital con tensión de medición de hasta 1,000 voltios en corriente continua y escala de medición hasta $10T\Omega$ (10^{13} ohmios).



Fig. 2.28 Equipo de tensión



Fig. 2.29 Megóhmetro

CAPITULO III

DISEÑO

El diseño de los cables está sujeto a ciertas restricciones y/o características dadas por la(s) Normas o Especificaciones que son de cumplimiento obligatorio para el fabricante o productor de los cables; estos requerimientos tienen por finalidad uniformizar y estandarizar las características de transmisión de los cables de acuerdo a las necesidades o características de la red.

Por lo tanto la labor de diseño consiste en determinar las dimensiones, tipos y características de los elementos constitutivos del cable para que sea viable y confiable técnica como económicamente.

Teniendo la maquinaria necesaria y desarrollando las pautas indicadas en el capítulo II Marco Teórico, pasamos a la etapa de diseño de los cables.

3.1 Requerimientos normativos.

Para esto lo primero es determinar cual es la Norma o Especificación Técnica que se va a utilizar para la fabricación de los cables, los ensayos y valores requeridos.

En el Perú para los cables “Foam skin rellenos” se han usado o tomado como referencia las normas siguientes:

Rural Electrification Administration REA PE-89: SPECIFICATION FOR FILLED TELEPHONE CABLES WITH EXPANDED INSULATION”

Compañía Peruana de Teléfonos S.A. (CPT S.A.) N-106-1090: “CABLE CON AISLAMIENTO DE POLIETILENO CELULAR, SÓLIDO Y NUCLEO RELLENO PARA INSTALACIONES SUBTERRANEAS EN DUCTOS”

TELEFONICA S.A. GT.ER.f5.002: “CABLES CON NUCLEO RELLENO”

ANSI/ICEA S-84-608-1988: “STANDARD FOR TELECOMMUNICATIONS CABLE FILLED, POLYOLEFIN INSULATED, COPPER CONDUCTOR”

ITINTEC 370.204 “CABLES TELEFÓNICOS URBANOS CON AISLAMIENTO DE POLIETILENO O COPOLÍMERO, CUBIERTA DE POLIETILENO PARA INSTALACIÓN AÉREA O EN DUCTO”.

ITINTEC 370.049 “CABLE TELEFÓNICO MULTIPAR CON AISLACIÓN DE POLIETILENO SÓLIDO Y NÚCLEO RELLENO”.

Las normas nacionales seguían los parámetros de REA para los cables telefónicos con aislamiento de polietileno, por ejemplo las normas ITINTEC 370.208 se basaban en la norma REA PE-23, lo mismo pasaba con las normas CPT S.A. hasta que Telefónica S.A. introdujo su norma y por ser único proveedor del servicio de telefonía fija, se convirtió prácticamente en la norma nacional.

En la figura 3.1 se muestran las carátulas de las normas ICEA y Telefónica mencionadas.

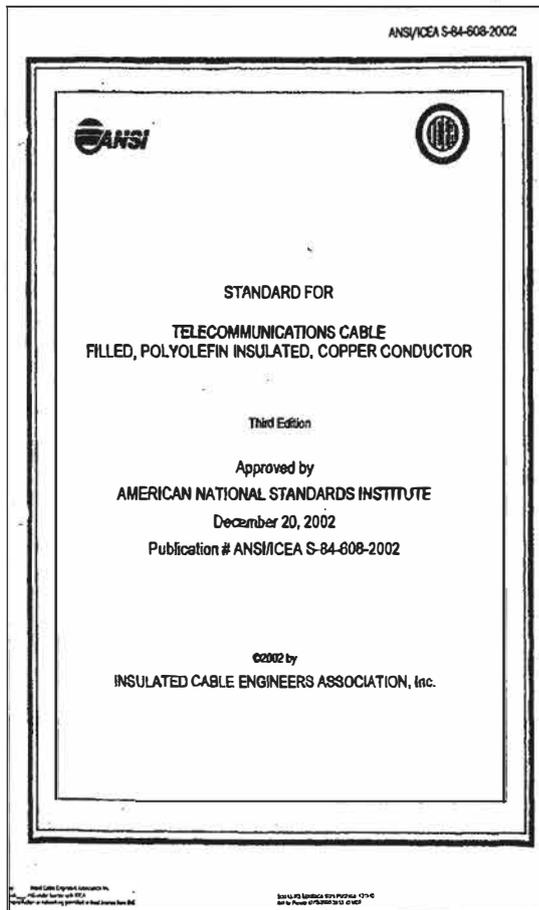


Fig. 3.1 Norma ANCI/ICEA S-84-608

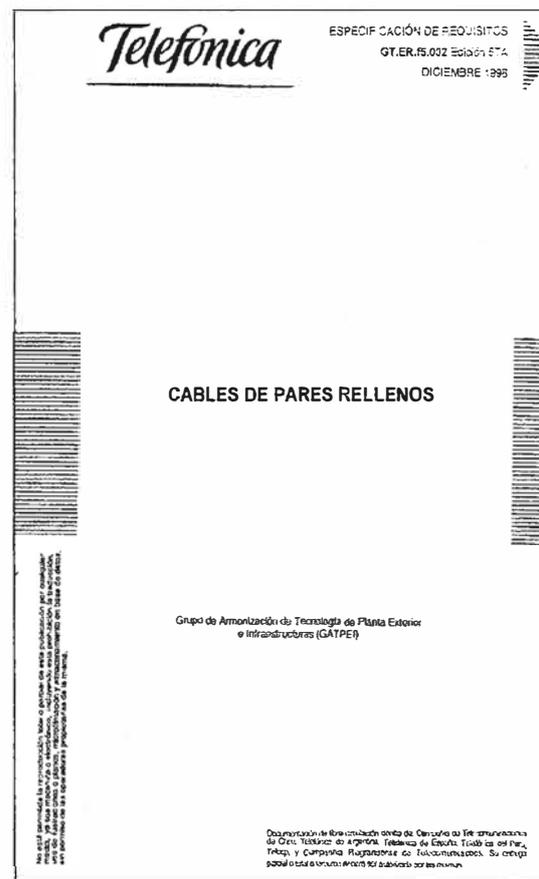


Fig. 3.2 Norma GT.ER.f5.002

Los requerimientos generales se muestran en el Anexo E, y los más importantes en la tabla 3.1:

Tabla 3.1
Principales requerimientos normativos

Requerimiento	unidad	N-106-1090	S-84-608	GT.ER.f5.002
Diámetro nominal conductor	Mm	0.400	0.404	0.400
Resistencia máxima individual	Ohm/km a 20°C	144.4	144	144.2
Desbalance de resistencia	%	2.0 Máx prom 5.0 máx ind	1.5 máx prom 5.0 máx ind.	1.5 máx prom 5.0 máx ind.
Capacidad Mutua promedio	nF/km	51 +/- 3	52 +/- 2	52 +/- 3
Desbalance par a par	rms pF/km	45.3	45	45
Desbalance par a tierra	pF/km	2,625 max ind 574 max prom	2,625 max ind 574 max prom	2,625 max ind 574 max prom
Atenuación a 800 Hz	dB	-----		1.72 max prom 1.8 max ind
Atenuación a 150 KHz	dB	11.4		
Atenuación a 772 KHz	dB	22.5	23.28 max prom	
Atenuación a 1000 KHz	dB	-----		26.88 max prom 28.16 max ind
Diafonía a 150 KHz	dB	68 min rms y 58 min ind		
Telediafonía a 772 KHz	db		Power Sum 47 Peor 43	
Telediafonía a 1000 KHz	dB			Power Sum 44.5 Peor 40.4
Paradiafonía a 772 KHz	dB	Mín 60 (M-σ)	Power Sum 47 Peor 42	
Paradiafonía a 1000 KHz	dB			Power Sum 45.2 Peor 40.1
Rigidez dieléctrica	KV / 3 seg	2.4 entre par y 5 par a pant.	2.4 entre par y 10 par a pant	1.6 entre par y 3.6 par a pant
Resistencia de aislamiento	Mohm/km	15,000	1,600	10,000

Como se puede observar, los valores son bastante similares ya que como se indicó anteriormente, la mayoría de las normas han seguido las especificaciones de REA. Por lo que nuestro diseño se va a enfocar a cumplir con las normas de Telefónica, nuestro principal operador y también con la norma ICEA para atender parte del mercado externo. En caso tengamos requerimientos diferentes de algún cliente interno y/o externo, deberíamos realizar un trabajo similar enfocado a los nuevos requisitos.

3.2 Desarrollo de parámetros.

3.2.1 Resistencia Eléctrica.

El requerimiento normativo aplicable es 144.0 Ohm/km a 20°C en corriente continua. Con un diámetro nominal de 0.404 mm, tenemos que aplicando la fórmula 1.8 y los factores de tolerancia de Trefilación (FT), de incremento por pareado (FP) y por agrupamiento (FA) para el caso más crítico que es el del cable de más pares o 2,400, la resistencia máxima nominal sería:

$$R = FT \times FP \times FA \times 21.952 / d^2 \text{ Ohm/km} \quad (3.1)$$

$$R = 1.01 \times 1.01 \times 1.01 \times 1.01 \times 21.952 / (0.404 \times 0.404)$$

$$R = 139.96 \text{ Ohm/km a } 20^\circ\text{C}$$

Que es 97% del valor máximo, lo que nos da una holgura o tolerancia de variación por fabricación aceptable.

En algunos países o regiones las normas especifican requisitos de Resistencia Eléctrica del lazo o bucle, que es la resistencia eléctrica de los dos hilos o par.

También se encuentra en otros lugares que la disposición de los cables telefónicos está dada en cuadretes o conjuntos de cuatro hilos.

3.2.2 Capacidad Mutua

Fórmulas y aproximaciones mas conocidas.

Una de las fórmulas que fue ampliamente usada en el diseño de cables multipares con aislamiento de polietileno sólido [desarrollada por Mrs. S. P Mead²²] es la siguiente:

$$CM = \frac{0.01944 \epsilon}{\text{Log}_{10} \frac{2S}{d} \frac{D^2 - S^2}{D^2 + S^2} - 0.1086 \delta} \text{ uF/milla} \quad (3.2)$$

Donde

D es el diámetro de la pantalla formada por los otros pares

S es la Distancia axial o DOD + A.

ϵ es la constante dieléctrica efectiva.

Para calibres pequeños $A = 0$

$S = \text{DOD}$

d es el diámetro del alambre de cobre.

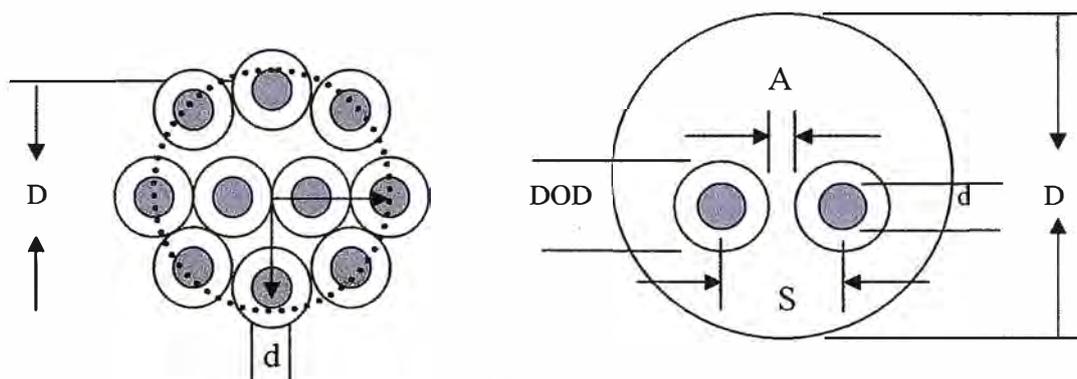


Fig. 3.3 Par dentro del cable telefónico

Los valores hallados por Mrs. Mead para $D/2$ y S/D fueron 1.285 S y 0.389

Esta ecuación se asemeja a la de la capacitancia de dos conductores dentro de una pantalla común puesta a tierra tomada de la tabla 22.1 del libro "Power cable and their applications²", donde se aplica la fórmula siguiente:

$$C = \frac{2 \pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln \frac{S(D^2 - c^2)}{d(D^2 + c^2)}} \quad (3.3)$$

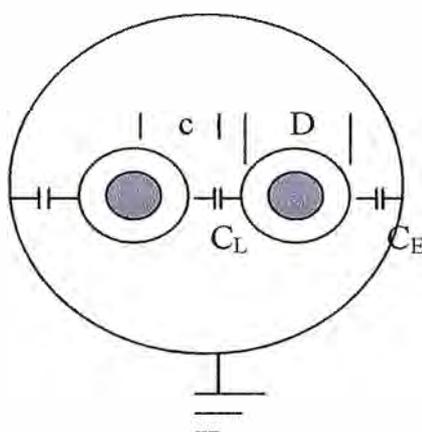


Fig. 3.4 Dos conductores aislados con pantalla común

Posteriormente aparecieron otras aproximaciones, siendo una de las más usadas [publicación técnica 1179 escrita por el Dr. James S. Tyler³] la siguiente:

$$CM = \frac{K \epsilon}{\text{Log}_{10} (1.5 \text{ DOD}/d)} \quad \text{mF/Km} \quad (3.4)$$

Donde K es una constante de proporcionalidad que depende de las propiedades del dieléctrico, y ϵ es la constante dieléctrica efectiva, DOD y d son los de la figura 3.2.

También encontramos una fórmula similar [artículo “Impact of low dielectric jelly on twisted pair cooper cable”⁴]:

$$C = \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_r L}{\text{Log} \left(\frac{1.5 \text{ DOD}}{d} \right)} \quad \text{nF/ km} \quad (3.5)$$

ϵ_0 es la constante dieléctrica del vacío.

ϵ_r es la constante dieléctrica aparente o relativa del medio.

Analizando las fórmulas vemos los siguientes efectos de las dimensiones y de la permitividad del medio en la capacidad mutua de los cables:

- 1) Un incremento en la relación D/d implica una disminución de la CM, como d es prácticamente constante, a mayor espesor de aislamiento menor CM.
- 2) Como la CM es directamente proporcional a la permitividad efectiva, para las mismas dimensiones, los cables con aislamiento expandido (foam o foam skin) tienen menor CM que los cables de aislamiento sólido.
- 3) Por lo mismo para las mismas dimensiones los cables rellenos tienen mayor CM que los cables con núcleo de aire o secos.
- 4) Por lo anterior para mantener la CM constante en los cables foam skin rellenos, deben tener un espesor que compense el incremento de la CM por el uso del relleno y a la vez la disminución de la CM por el aislamiento expandido.

Fórmulas empleadas

Para este trabajo hemos usado la siguiente aproximación:

$$CM = \frac{12.0819 \epsilon_{ef}}{\text{Log}_{10} a \frac{D}{d}} \quad \text{nF/Km} \quad (3.6)$$

Donde:

CM= Capacidad mutua en nF/km

ϵ_{ef} = Constante dieléctrica efectiva del cable.

d = Calibre en mm.

D = Diámetro sobre el aislamiento (DOD) en mm.

a = Constante que varía según el tipo de aislamiento y calibre.

Para cables con aislamiento de foam skin y 0.4 mm de conductor usamos un valor de constante a de 1.58; en las fórmulas 3.4 y 3.5 a es 1.5.

Conociendo a para calcular la Capacidad Mutua debemos hallar ϵ_{ef} y la relación D/d o solo D si d es conocido, ϵ_{ef} es función de la permitividad del jelly (relleno) y del aislamiento.

Para hallar la constante dieléctrica efectiva ϵ_{ef} del cable se usará la fórmula siguiente.

$$\epsilon_{ef} = (0,71 \epsilon_a + 0,29 \epsilon_r) \quad (3.7)$$

ϵ_a es la constante dieléctrica del aislamiento.

ϵ_r es la constante dieléctrica del material de relleno que es 2.3.

ϵ_a es función de ϵ_{pe} (polietileno expandido) y ϵ_{ps} (polietileno sólido)

$$\epsilon_a = \frac{\epsilon_{pe} \times \epsilon_{ps} (\ln D/d)}{\epsilon_{pe} \ln (d/d) + (\epsilon_{ps} - \epsilon_{pe}) \times \ln ((d - 2e) / d)} \quad (3.8)$$

Donde e es el espesor de la capa sólida del aislamiento.

ϵ_{pe} es la constante dieléctrica del polietileno expandido.

ϵ_{ps} es la constante del polietileno sólido que es 2.33.

Para este trabajo usamos una relación 2 a 1 en los espesores de aislamiento es decir 2/3 es expandido y 1/3 es sólido, por ejemplo si tenemos un espesor de 0.18 mm de aislamiento, la capa sólida sería de 0.06 mm y de 0.12 mm la capa expandida.

ϵ_{pe} se calcula del porcentaje de expansión del polietileno, normalmente se trabaja entre 30% y 40%.

$$\epsilon_{pe} = \frac{0.25 \epsilon_{ps}}{0.25 \epsilon_{ps} + (1 - \epsilon_{ps}) \log_{10} (3.17 - 2,17 \times 0.36)^{1/2}} \quad (3.9)$$

Se preparó una tabla de valores nominales, considerando tres valores de expansión del polietileno celular, y tres diámetros nominales de diámetro de aislamiento (DOD).

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 3.2
Capacidad Mutua nominal

% Expansión	d mm	DOD mm	ϵ_{pe}	ϵ_{efa}	ϵ_{ef}	Capacidad Mutua CM (nF/km)
30	0.404	0.70	1.85	1.956	2.06	56.95
35	0.404	0.70	1.77	1.897	2.02	55.80
40	0.404	0.70	1.70	1.840	1.98	54.66
30	0.404	0.75	1.85	1.953	2.06	53.24
35	0.404	0.75	1.77	1.894	2.02	52.16
40	0.404	0.75	1.70	1.836	1.98	51.10
30	0.404	0.80	1.85	1.951	2.06	50.19
35	0.404	0.80	1.77	1.891	2.02	49.16
40	0.404	0.80	1.70	1.833	1.97	48.15

De los resultados de la tabla se deduce lo siguiente:

- 1) Con diámetros bajos (0.70 mm) de aislamiento la Capacidad Mutua sale bastante mayor que la Nominal buscada que es 52 nF/km.
- 2) Con diámetros altos (0.80 mm) la Capacidad Mutua sale menor que la nominal de 52 y cercana a la mínima permitida que es 50 nF/km.
- 3) Con el diámetro de 0.75 mm tenemos que con 30% de expansión la Capacidad Mutua sería 53.24 nF/km más cercano al valor máximo de 54 nF/km que a 52 nF/km que es la meta.
- 4) Con 35% de expansión y 0.75 mm de diámetro de aislamiento el valor de 52.16 nF/km mayor a 52 pero muy cercano al objetivo.

Nota: Posteriormente se han realizado varios ajustes a la combinación DOD 0.75 mm y 35% de expansión del foam con la finalidad de reducir los costos de fabricación, siempre siguiendo las pautas indicadas en este trabajo. Primero se trabajaron con valores de DOD

ligeramente menores y expansión algo mayor para compensar el incremento de capacidad mutua, y luego se trabajó con un diámetro de hilo de cobre menor, lo que dio como consecuencia un diámetro menor también de DOD manteniendo el porcentaje de expansión; con esto se consigue bajar los costos por ahorro de cobre y aislamiento.

En la figura siguiente se muestra una aproximación comparativa de las dimensiones para diferentes tipos de aislamiento y relleno para cables calibre 0.404 mm con capacidad mutua nominal de 52 nF/km; donde el diámetro mayor se obtiene en los cables sólido relleno, seguido por los cables foam skin rellenos y con diámetros bastante similares los cables foam rellenos y sólidos secos.

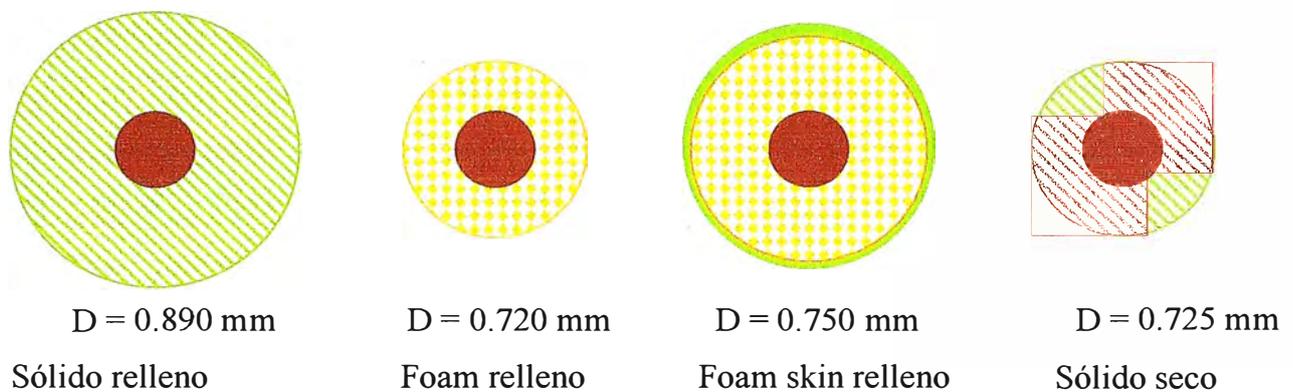


Fig. 3.5 Diámetros de aislamiento para CM de 52 nF/km y d=0.404 mm

3.2.3 Diámetro del núcleo.

Para determinar las dimensiones del núcleo del cable, se emplean fórmulas para aproximarnos a los diámetros de reunión, estas fórmulas están en función del espacio ocupado por un par llamado “Espacio par”.

Una de las fórmulas para hallar el espacio par es la desarrollada por Mrs. Mead:

$$\text{Espacio par} = 3.35 S^2 \times 10^3 \text{ Kcm} \quad (3.10)$$

Donde S está dado en pulgadas.

Kcm es una unidad expresada en pulgadas equivalente a 1000 circular mil

Circular mil es el área de un círculo de 1/1000 de pulgada.

$$1 \text{ Kcm} = 0.507 \text{ mm}^2$$

Reemplazando tenemos:

$$\text{Espacio par} = 2.161286 S^2 \text{ mm}^2 \quad (3.11)$$

$$S = \text{DOD} = 0.745 \text{ mm}$$

Para 51 pares el área sería: $51 \times (2.161286 \times 0,745^2) = 61.18 \text{ mm}^2$

Diámetro del núcleo = $\sqrt{(121.15 \times 4) / \pi} = 8.826 \text{ mm}$

Para nuestro trabajo hemos usado la siguiente aproximación:

$$N = (\overline{\text{DOD}} - 0.1) \times 2 \times \sqrt{n} \quad \text{mm} \quad (3.12)$$

Donde

N es el diámetro del núcleo en mm

DOD es el diámetro del aislamiento del hilo

n es el número de pares

Para un cable de 51 pares tenemos que

$N = 9.21 \text{ mm}$ ligeramente mayor a los 8.826 mm obtenido de la fórmula anterior.

3.2.4 Desbalances debidos a procesos de manufactura.

Todo proceso de manufactura tiene variaciones propias de su proceso productivo, estas variaciones generan desbalances en los pares telefónicos que producen pérdidas y cambios en la señal en forma de reflexiones y disturbios.

Las más importantes son:

1. Desbalances capacitivos.
 - a. Par a Par (CUPP)
 - b. Par a Pantalla (CUPS)
 - c. Par a Tierra (CUPG)
2. Desbalance Resistivo (RU)

3.2.5 Desbalance par a par CUPP

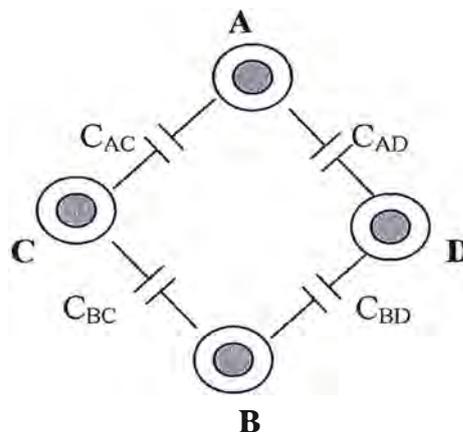


Fig. 3.6 Desbalance par a par

$$\text{CUPP} = (C_{AC} + C_{BD}) - (C_{AD} + C_{BC}) \quad (3.13)$$

El Desbalance par a par ocurre por lo siguiente:

1. Diferencia en los diámetros de los 4 hilos
2. Diferencia en el espesor de aislamiento
3. Diferencia en la excentricidad
4. Desigual pareado, un hilo se envuelve sobre el otro
5. Similitud de longitudes de pasos de pareado
6. Proximidad de los pares.

El Desbalance Par a Par tiende a incrementarse cuando aparece inducción secundaria, sin embargo este no es el mayor problema, sino la aparición de crosstalk a frecuencias de voz y de portadora.

3.2.6 Desbalance par a tierra CUPG

El Desbalance par a tierra es el resultado de irregularidades propias del proceso de manufactura que conducen a lo siguiente:

- 1 Diferencia en los diámetros de los dos hilos
- 2 Diferencia en el espesor de aislamiento
- 3 Diferencia en la excentricidad
- 4 Desigual pareado, un hilo se envuelve sobre el otro.

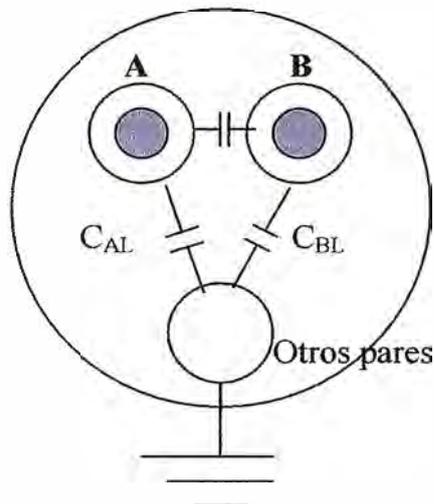


Fig. 3.6 Desbalance par a tierra

$$CUPP = C_{AL} - C_{BL} \quad (3.14)$$

El Desbalance par a pantalla es muy similar al par a tierra, con la diferencia de que los demás pares son conectados a la pantalla.

Las normas especifican generalmente requerimientos de Desbalance par a tierra y no el de par a pantalla.

3.2.7 Desbalance de resistencia

El Desbalance resistivo es la medida de la diferencia de la resistencia eléctrica de un hilo contra su par; si los dos hilos tienen los mismos valores las corrientes de ruido viajando en la misma dirección son iguales y se cancelarán en la terminación, si son diferentes aparecerá un voltaje de ruido que producirá interferencia.

$$\Delta R = 100 \times (R_A - R_B) / R_A \% \quad (3.15)$$

3.2.8 Atenuación.

La pérdida de atenuación se debe a la resistencia en serie de los conductores y a la pérdida dieléctrica del aislamiento. A bajas frecuencias la pérdida del aislamiento se explica por la conductividad del material (σ) y a altas frecuencias se relaciona más al factor de disipación ($\text{tg } \delta$); en conjunto forman la conductancia G del par.

De acuerdo a la fórmula 1.5 la atenuación para frecuencias bajas está determinada por la resistencia del conductor y su capacidad mutua. Para frecuencias mayores a 100 KHz la atenuación está determinada por la fórmula 1.4 que se puede expresar como:

$$\alpha = 8.686 (R / 2 \sqrt{C/L} + G / 2 \sqrt{L/C}) \text{ dB/km} \quad (3.16)$$

3.2.9. Diafonía o crosstalk

En general la diafonía es la señal no deseada o disturbadora que aparece en la línea producto del acoplamiento de la señal disturbadora en la línea usada.

Este acoplamiento se produce por varios motivos:

1. Desbalances Capacitivos Par a Par y Par a Tierra.
2. Desbalances Resistivos
3. Pasos de pareados inadecuados

Por ejemplo el Desbalance Par a Tierra produce un incremento de la interferencia del ruido por acoplamiento inductivo de líneas de potencia; como muchas líneas telefónicas recorren largas distancias junto a líneas de potencia, este acoplamiento puede ser significativo.

La diafonía no solo se produce a frecuencias de voltaje de 60 Hz, sino también en las armónicas de esta. A frecuencias de portadora este Desbalance provoca un incremento del Elfext (Far end crosstalk) en función de la longitud y frecuencia.

Por lo anterior resulta evidente que para minimizar los desbalances y la diafonía, se debe uniformizar en lo posible la fabricación de los pares telefónicos, es decir hacer los conductores y el aislado lo más uniformes posibles y para esto las dimensiones deben ser lo más exactas.

Para poner un ejemplo de la precisión de la fabricación, tenemos que la capacidad axial de los hilos van de 170 a 220 pF/m para los cables telefónicos aislados con PE sólido y/o foam skin, si las capacidades axiales de un par difieren en solo 1 pF/m +/- 0.5 % de diferencia; esto significaría 1,000 pf/km; el requerimiento normativo para el Desbalance de capacidad par a tierra es de 576 pf/km como promedio máximo y 2,625 pF/km como valor individual máximo, por lo que una diferencia de 0.5 pF/m promedio sería lo máximo tolerable para cumplir con la norma.

Los pasos de pareado deben escogerse de manera tal que no solamente sean diferentes entre sí, sino que también sean diferentes entre sus “armónicos”, es decir en lo posible no tengan coincidencias de segundo, tercer y más múltiplos de paso.

Los pasos utilizados se muestran en la tabla 3.3.

3.2.10 Requerimientos dimensionales de cubierta y pantalla.

Todas las normas aparte de los requerimientos eléctricos, establecen requerimientos dimensionales para los espesores de cubierta y de pantalla de aluminio.

Los espesores de cubierta varían con el diámetro de los cables y la pantalla mantiene su espesor de +/- 0.200 mm.

Algunas normas también establecen diámetros máximos de cables y ovalamientos.

Estos requerimientos se cumplen seleccionando las herramientas de extrusión adecuadas para las cubiertas, y para la pantalla usando las cintas de aluminio que cumplen los requisitos.

En la figura 3.8 se muestran los requerimientos de espesores de la norma GT.ER.f5.002 de Telefónica S. A.

Otras normas u otros clientes pueden solicitar requerimientos de espesores diferentes.

Tabla 3.3
PASOS DE PAREADO

N° PAR	COLOR	PASO (mm)	N° PAR	COLOR	PASO (mm)
1	BLANCO-AZUL	32	16	NEGRO- AZUL	110
2	BLANCO-NARANJA	53	17	NEGRO- NARANJA	45
3	BLANCO-VERDE	89	18	NEGRO-VERDE	72
4	BLANCO-MARRON	37	19	NEGRO-MARRON	102
5	BLANCO-GRIS	61	20	NEGRO-GRIS	118
6	ROJO- AZUL	95	21	VIOLETA- AZUL	48
7	ROJO- NARANJA	39	22	VIOLETA- NARANJA	80
8	ROJO-VERDE	65	23	VIOLETA-VERDE	123
9	ROJO-MARRON	34	24	VIOLETA-MARRON	52
10	ROJO-GRIS	57	25	VIOLETA-GRIS	86
11	AMARILLO- AZUL	92	26	BLANCO-NEGRO	75
12	AMARILLO- NARANJA	106			
13	AMARILLO-VERDE	42			
14	AMARILLO-MARRON	67			
15	AMARILLO	99			

ANEXO N° 7-D
(hoja 1/2)

**DIMENSIONES, PESOS Y LONGITUDES NORMALES - CUBIERTA EAP
CON PANTALLA LISA O CORRUGADA ADHERIDA - AISLAMIENTO DUAL**

NUMERO DE PARES NOMI-NAL	NUMERO DE PARES TOTAL	CALIBRE DE CON-DUCTOR (mm)	ESPESOR MEDIO DE CUBIERTA (mm)	DIAMETRO EXTERIOR MÁXIMO (1) (mm)	PESO APROXIMADO (kg/km)	LONGITUD NORMAL (+5% -10%) (m)
6	7	0,404	1,4	8,0	70	2.000
10	11	0,404	1,4	9,5	95	2.000
15	16	0,404	1,4	10,5	120	2.000
20	21	0,404	1,4	11,2	145	2.000
25	26	0,404	1,4	12,0	170	2.000
30	31	0,404	1,4	13,1	195	2.000
50	51	0,404	1,4	15,5	270	2.000
75	76	0,404	1,4	17,2	370	2.000
100	101	0,404	1,4	19,5	465	2.000
150	152	0,404	1,4	22,5	660	2.000
200	202	0,404	1,4	25,5	850	2.000
300	303	0,404	1,5	30,5	1.250	1.800
400	404	0,404	1,6	35,0	1.650	1.400
600	606	0,404	1,8	41,5	2.375	1.000
900	909	0,404	1,9	49,5	3.475	800
1200	1212	0,404	2,1	59,0	4.700	500
1500	1515	0,404	2,2	63,0	5.575	400
1800	1818	0,404	2,3	69,0	6.950	300
2200	2222	0,404	2,4	74,0	8.400	200
2400	2424	0,404	2,4	82,0	9.235	200
5	6	0,511	1,4	8,7	94	2.000
10	11	0,511	1,4	10,5	120	2.000
15	16	0,511	1,4	12,0	160	2.000
20	21	0,511	1,4	13,2	195	2.000
25	26	0,511	1,4	14,5	230	2.000
30	31	0,511	1,4	16,0	280	2.000
50	51	0,511	1,4	18,0	395	2.000
75	76	0,511	1,4	21,0	540	2.000
100	101	0,511	1,4	23,5	690	2.000
150	152	0,511	1,5	28,0	1.020	1.800
200	202	0,511	1,6	31,5	1.320	1.600
300	303	0,511	1,7	37,5	1.900	1.200
400	404	0,511	1,8	43,0	2.500	900
600	606	0,511	1,9	51,5	3.670	600
900	909	0,511	2,1	62,5	5.425	400
1200	1212	0,511	2,3	69,0	7.105	300
1500	1515	0,511	2,4	76,7	8.810	300
1800	1818	0,511	2,5	84,0	10.610	200

NOTA:(1) : Medido circunferencialmente sobre la superficie del cable.

Fig. 3.8 Espesores y dimensiones de cubierta cables rellenos

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Elaboración de Especificaciones de fabricación.

Las especificaciones de fabricación son los documentos con los cuales se determinan las dimensiones, compuestos, secuencia, características y consumo de los insumos en los procesos de fabricación de los productos, en este caso los cables telefónicos.

Con las dimensiones tomadas de la tabla 3.2.2 y 3.5, los espesores indicados en la figura 3.7 y los valores de la norma GT.ER.f5.002, se elaboraron las especificaciones; en la figura 4.1 se muestra la del cable PECSAT-R de 50 pares y 0.404 mm de diámetro de cobre, en el anexo C se muestra la especificación del cable de 2,400 pares.

4.2 Fabricación de cable de prueba

Para verificar los resultados se fabricó un cable de prueba de 50 pares teniendo en cuenta el costo de fabricación, ya que un cable de 50 o 100 pares debería darnos una certeza de la bondad del diseño en lo referente principalmente a las características de transmisión, que es lo más importante en este caso, sin tener que fabricar uno más pesado de 900 o más pares, ya que todas las unidades siguen los mismos procesos de fabricación.

PRODUCTO:	CABLE	PECSAT-R	#0	P	0,4	mm.	ESPECIFICACION	96140050
FORM:	4	SUBUND	(12,13 y 14 P)			PR (*)	FECHA DE EDIC.	23-04-1997
NORMA:	N-106-1090	CPT	(Feb. 94)				ANULA A EDICION	TELEFONICA DEL PERU
CLIENTE								
No. OPERACION	CENTRO OP.: OPTIMO - ALTERNATIVO						DIAMETRO mm	PESO Kg/Km
1. TREFILACION	1010102							
TREFILAR ALAMBRO DE COBRE DE 3 mm HASTA LAS MEDIDAS INDICADAS							NOM	2.588
							MIN	2.562
							MAX	2.614
2. TREFILACION y AISLAMIENTO	115581-115582							
2.1 TREFILACION							NOM	0.404
TREFILAR HASTA OBTENER LAS MEDIDAS INDICADAS							MIN	0.400
SEGUN ASTM B3. DESPUES DE AISLAR							MAX	0.408
2.2 AISLAMIENTO DUAL							NOM	0.750
DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, QUE CUMPLA CON N-106-1090 CPT TABLA 4, ANTES DE LA ADICION DEL AGENTE ESPUMANTE							MIN	0.740
							MAX	0.760
2.2.1 CAPA CELULAR (FOAM):								11.9
(COMPUESTO U. C. DGDA-3485)	DENSIDAD =	0.943	g/cm ³ (*)					
COLOR NATURAL	ESPESOR =	0.115	mm					
EXPANSION: 36%	(DENSIDAD EXPANDIDO =	0.60	g/cm ³)					
CAPACIDAD HILO (pF/Km) =	170 =	5	pF/Km					
2.2.2 CAPA SOLIDA (SKIN)								12.2
(COMPUESTO U. C. DGDK-3364)	DENSIDAD =	0.945	g/cm ³ (*)					
ESPESOR =	0.058	mm						
COLOR SEGUN LO INDICADO								
BLANCO (*)	11	AZUL	10					
ROJO	10	NARANJA	10					
NEGRO (*)	11	VERDE	10					
AMARILLO	10	MARRON	10					
VIOLETA	10	GRIS	10					
	52		50					
(*) P.R. = PARES DE RESERVA = BLANCO-NEGRO:			1					
3. PAREADO Y FORMACION DE UNID Y SUBUND.	115345-115347							
3.1 PAREADO.								
FORMAR PARES DEL 1 AL 25	2	VECES						1.50
SEGUN CARTA DE PASOS.								
(*) PASO PAR DE RESERVA = PASO PAR N° 26 DE CARTA DE PASOS.								
3.2 FORMACION DE SUBUNIDADES	115345-115348							
FORMAR	2	SUBUNIDADES DE	12	Pares (DEL 1 AL 12)				4.50
FORMAR	1	SUBUNIDADES DE	13	Pares (DEL 13 AL 25)				4.69
FORMAR	1	SUBUNIDADES DE	14	Pares (DEL 13 AL 25 - P.R.)				4.86
LAS SUBUNIDADES SERAN IDENTIFICADAS CON LOS SIGUIENTES COLORES								
SUBUND No 1 (12 P)	BL	AZ	(*)SUBUND No 4 (14 P)	BL	NA			
SUBUND No 2 (13 P)	BL	AZ						
SUBUND No 3 (12 P)	BL	NA						
(*)NOTA	SUBUNIDAD DE 13 Pares - P.R.							
PASO DE CABLEADO DE LOS PARES	760	mm	Z					
COLOCAR ATADURAS BINDER 1125. PASO:	80	mm	Z					1.1
4. CABLEADO FINAL	115343							
CABLEAR:	4	SUBUND (12,13 y 14 P)						9.28
CENTRO:	SUBUND:	1,2,3, y 4						
EN FORMA CORRELATIVA			PASO DE CABLEADO:	760	mm	S		
COLOCANDO SOBRE EL NUCLEO			UNA ATADURA BINDER 1125					
COLOR BLANCO o NATURAL			PASO:	50.8	mm	Z		0.16
5. RELLENO, ENCINTADO, PANTALLA, CUBIERTA	115201-115184							
5.1 RELLENAR TODOS LOS INTERSTICIOS DEL NUCLEO CON								9.4
COMPUESTO JELLY, QUE CUMPLA CON	N-106-1090	CPT	61.7					20.8

Fig. 4.1 Especificación PECSAT-R 50 P/0,4 mm página 1/2

PRODUCTO:	CABLE	PECSAT-R	50	P	0.4	mm.	ESPECIFICACION	:	96140050
	FORM :	4 SUBUND	(12.13 y 14 P)			1 P.R.(*)	FECHA DE EDIC.	:	23-04-1997
NORMA :	N-106-1090 CPT		(Feb. 94)				ANULA A EDICION	:	
							CLIENTE	:	TELEFONICA DEL PERU
No. OPERACION	CENTRO OP.: OPTIMO - ALTERNATIVO						DIAMETRO mm	PESO Kg Km	
(COMPUESTO WITCOGEL II. DENSIDAD =		0.85			g/cm ³ (*)				
5.2 COLOCAR LONGITUDINALMENTE UNA CINTA DE MATERIAL DIELECTRICO NO HIGROSCOPICO QUE CUMPLA CON :		N-106-1090 CPT		6.1.8					
(CINTA DE POLIESTER	0.075	mm	ESPEJOR =	3	mm	9.6	3.61		
TRASLAPE =	5	mm.	ANCHO:	55	mm	=	1.35 Pulg.		
5.3 COLOCAR HELICOIDALMENTE DOS HILOS DE NYLON 840 1E. COLOR NATURAL									
PASO:	101	mm.					0.29		
5.4 COLOCAR COMPUESTO RELLENO SOBRE LA CINTA COMPUESTO JELLY. QUE CUMPLA CON		N-106-1090 CPT		6.1.9					
(COMPUESTO WITCOGEL II. DENSIDAD =		0.85			g/cm ³ (*)		9.8	1.6	
5.5 COLOCAR LONGITUDINALMENTE UNA CINTA LISA DE ALUMINIO CON REVESTIMIENTO DE POLIETILENO EN AMBAS CARAS. DEBE SER SELLADA EN TODA SU LONGITUD. QUE CUMPLA CON :		N-106-1090 CPT		6.2					
ESPEJOR DEL ALUMINIO =	0.203	mm.	=	0.025	mm.	10.60	25.76		
ESPEJOR NOMINAL DE PE EN CADA CARA =	0.038	mm							
TRASLAPE MINIMO =	3	mm.	ANCHO	41	mm.	=	1.58 Pulg.		
5.6 CHAQUETA									
CHAQUETA DE POLIETILENO O COPOLIMERO DE BAJA DENSIDAD Y ALTO PESO MOLECULAR QUE CUMPLA CON :		N-106-1090 CPT		6.3		13.40			
(COMPUESTO U.C. DFDG-6059. DENSIDAD =		0.93			g/cm ³ (*)		58.17		
DEBE ESTAR ADHERIDA A LA PANTALLA									
COLOR	NEGRO								
ESPEJOR NOMINAL	:	1.4	mm						
ESPEJOR MIN PROM	:	1.2	mm						
ESPEJOR MIN PTO	:	0.9	mm						
							TOTAL =	245.0	
6. PRUEBAS									
SEGUN:	N-106-1090 CPT								
7. MARCACION									
MARCAR EN RELIEVE O TINTA BLANCA SOBRE LA CHAQUETA A NO MAS DE UN METRO DE SEPARACION LA SIGUIENTE INFORMACION:									
	PECSAT-R	50	P	0.4	mm.				
	INDECO S.A.								
	AÑO DE FABRICACION								
	METRAJE SECUENCIAL								
	TELEFONICA DEL PERU								
	HECHO EN EL PERU.								

Fig. 4.2 Especificación PECSAT-R 50 P/0,4 mm página 2/2

4.3 Ensayos al producto final

Los ensayos realizados los dividimos en dos partes:

- 1) Ensayos de características de transmisión.
- 2) Ensayos dimensionales y eléctricos.

4.3.1 Ensayos de características de transmisión

Se muestran a continuación los resultados de los ensayos realizados, que son los siguientes:

- 1) Resistencia eléctrica.
- 2) Desbalance de resistencia.
- 3) Capacidad mutua.
- 4) Desbalance par a pantalla.
- 5) Desbalance par a tierra.
- 6) Desbalance par a par.
- 7) Atenuación a 150 KHz.
- 8) Atenuación a 772 KHz
- 9) Telediafonía Elfext a 150 KHz.
- 10) Paradiafonía Inext a 772 KHz y
- 11) Paradiafonía Onext a 772 KHz.

Hoja de prueba equipo DCM 1/18

** INDECO S.A. Parametros Electricos Cables Telefonicos **						RE.10.C.23	

CABLETYPE : 25-.4 -PIC/F/F		CLIENTE: STANDARD CABLE		DATE: 24/10/97 16:38			
PRODUCTO: XX		PLANTA No: XX		TESTER: ACE			
REEL/DRUM NO: XX		FACTORY ORDER: XX		UNIDADES PROBADAS: XX			
LENGTH(METER): 506.0		ORDEN DE COMPRA: -----		DISC FILE: DAO291			
TEMPERATURE(DEG C): 25.0		UNITS: 1		FIXTURE STARTING PAIR NO: 1			
PAIRS TESTED: 25		REPORT: DETAIL.HIST.SUM(FANOUT)					
CONSTRUCTION: 0							
TESTS: CR.RU.ON.CG.CS.AT.EF.IN.ON.CP							

DETAIL: RES/CAP/CONDUCT - NORMALIZED - UNIT # 1							
PAIR	CONDUCTOR RESISTANCE		RESISTANCE	MUTUAL	CAPACITANCE	CAPACITANCE	MEETS SPEC?
	ohm PER km	ohm PER km	UNBALANCE PERCENT	CAPACITANCE nF PER km	UNBALANCE oF PER km TO SHIELD	UNBALANCE oF PER km TO GROUND	
	RA	RB					
1	135.36	134.50	0.64	49.42	69.	354.	
2	134.77	134.32	0.34	49.51	16.	-73.	
3	135.48	135.01	0.35	49.79	-20.	-100.	
4	135.36	133.65	1.28	51.47	-4.	95.	
5	134.38	133.55	0.62	49.68	-28.	-134.	
6	134.63	134.14	0.37	48.99	89.	-104.	
7	134.02	134.79	0.57	50.58	20.	674.	
8	135.79	135.42	0.28	49.50	-20.	18.	
9	133.02	135.16	1.61	49.74	87.	307.	
10	134.79	134.65	0.10	50.91	-16.	-197.	
11	133.95	135.01	0.79	49.98	28.	435.	
12	136.73	136.24	0.36	49.41	-20.	240.	
13	136.95	134.97	1.47	50.85	-24.	-57.	
14	136.93	133.99	2.20	51.01	-32.	-236.	
15	136.22	133.81	1.80	50.38	-53.	-248.	
16	131.83	134.91	2.34	51.26	-28.	629.	
17	135.36	135.40	0.03	50.03	112.	95.	
18	134.59	134.30	0.22	50.37	-102.	9.	
19	135.03	134.79	0.17	50.24	5.	-163.	
20	132.26	134.22	1.48	51.37	-22.	289.	
21	136.40	136.14	0.19	50.26	9.	-136.	
22	134.91	135.79	0.65	50.07	-4.	246.	
23	133.79	132.53	0.95	50.93	-114.	-356.	
24	133.61	134.59	0.73	51.17	39.	95.	
25	134.69	134.32	0.28	50.73	59.	-153.	

Fig. 4.3 Resultados detallados Resistencia, Capacidad y Desbalances

Hoja de prueba equipo DCM 2/18

PAGE 2							
DETAIL: RES/CAP/CONDUCT - PER CABLE LENGTH - UNIT # 1							
PAIR	CONDUCTOR RESISTANCE ohm PER LENGTH		RESISTANCE UNBALANCE	MUTUAL CAPACITANCE nF PER LENGTH	CAPACITANCE UNBALANCE pF PER LENGTH TO SHIELD	CAPACITANCE UNBALANCE pF PER LENGTH TO GROUND	MEETS SPEC?
	RA	RB	PERCENT				
1	69.84	69.39	0.64	25.01	35.	179.	
2	69.53	69.30	0.34	25.05	8.	-37.	
3	69.90	69.65	0.35	25.19	-10.	-51.	
4	69.84	68.95	1.28	26.04	-2.	48.	
5	69.33	68.90	0.62	25.14	-14.	-68.	
6	69.46	69.21	0.37	24.79	45.	-53.	
7	69.15	69.54	0.57	25.59	10.	341.	
8	70.06	69.87	0.28	25.04	-10.	9.	
9	68.63	69.73	1.61	25.17	44.	155.	
10	69.54	69.47	0.10	25.76	-8.	-99.	
11	69.11	69.65	0.79	25.29	14.	220.	
12	70.54	70.29	0.36	25.00	-10.	121.	
13	70.66	69.63	1.47	25.73	-12.	-29.	
14	70.65	69.13	2.20	25.81	-16.	-119.	
15	70.28	69.04	1.80	25.49	-27.	-125.	
16	68.01	69.60	2.34	25.94	-14.	318.	
17	69.84	69.86	0.03	25.32	57.	48.	
18	69.44	69.29	0.22	25.49	-52.	5.	
19	69.66	69.54	0.17	25.42	3.	-83.	
20	68.24	69.25	1.48	26.00	-11.	146.	
21	70.37	70.24	0.19	25.43	5.	-69.	
22	69.60	70.06	0.65	25.34	-2.	124.	
23	69.03	68.38	0.95	25.77	-58.	-180.	
24	68.93	69.44	0.73	25.89	20.	48.	
25	69.49	69.30	0.28	25.67	30.	-78.	

	MEAS VALUE		COND RES UNBAL PERCENT
	ohm/l.	ohm/km	
IND MIN	68.01	131.83	0.029
IND MAX	70.66	136.95	2.338
AUG	69.52	134.74	0.793
STD DEV	0.57	1.10	0.671

NUMBER OF CONDUCTORS = 50

Fig. 4.4 Resistencia eléctrica y desbalance resistivo.

Hojas de prueba equipo DCM 4/18

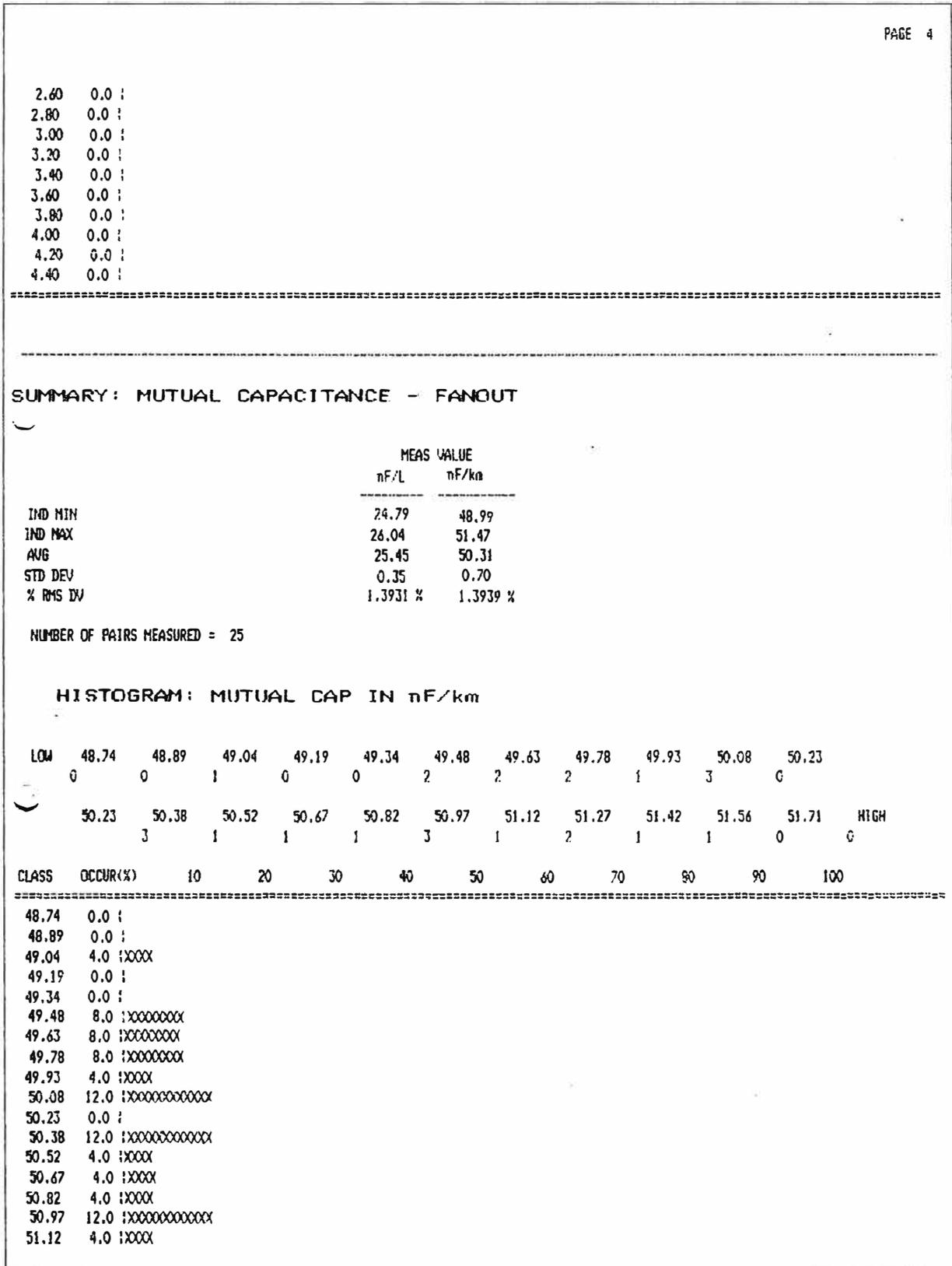


Fig. 4.5 Capacidad Mutua

Hoja de prueba equipo DCM 5/18

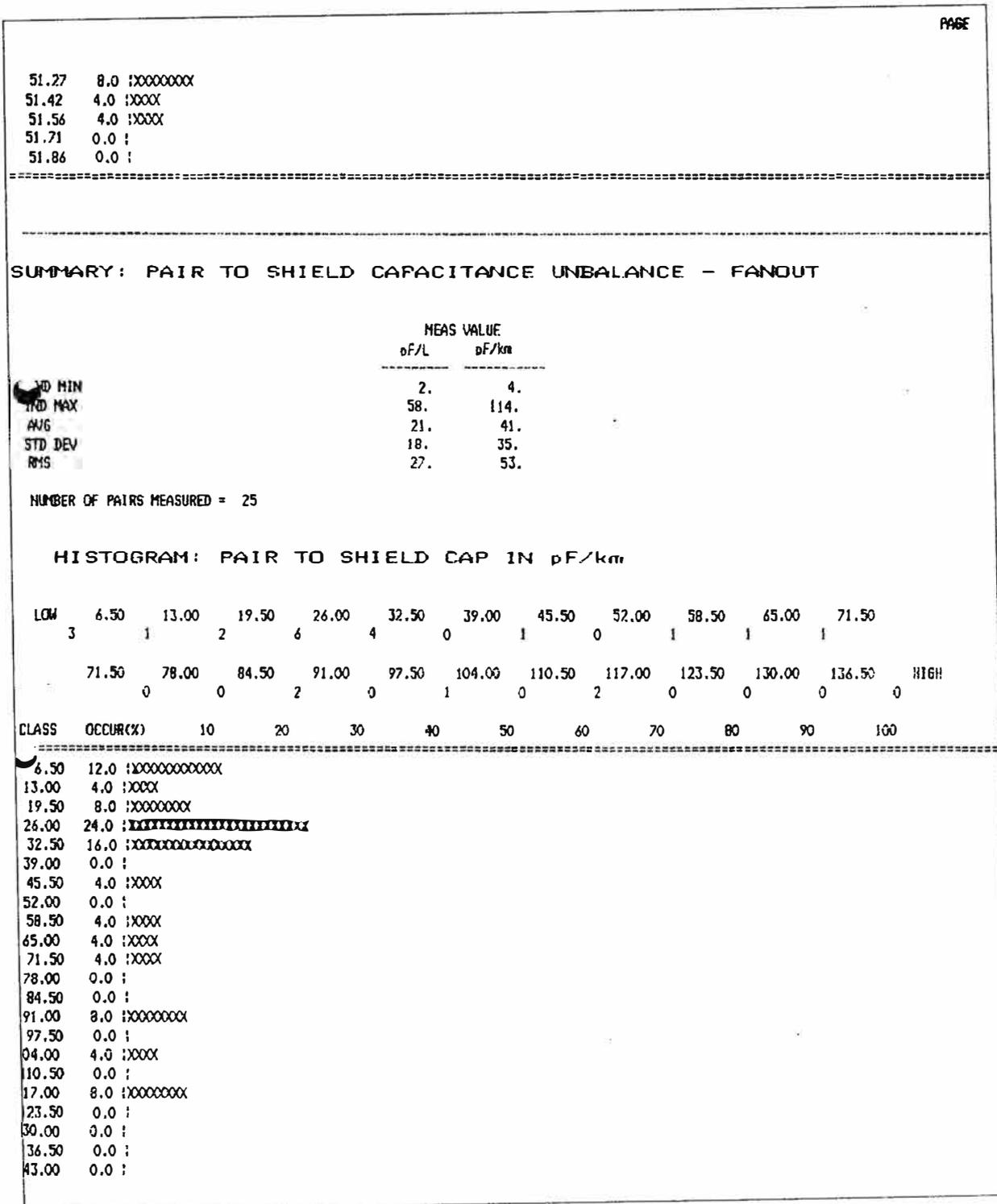


Fig. 4.6 Desbalance Capacitivo Par a Pantalla

Hojas de prueba equipo DCM 6/18

PAGE 6

SUMMARY: PAIR TO GROUND CAPACITANCE UNBALANCE - FANOUT

	MEAS VALUE	
	pF/l.	pF/km
IND MIN	5.	9.
IND MAX	341.	674.
AVG	110.	218.
STD DEV	87.	171.
RMS	139.	275.

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

HISTOGRAM: PAIR TO GROUND CAP IN pF/km

LOW	36.50	73.00	109.50	146.00	182.50	219.00	255.50	292.00	328.50	365.00	401.50	
	2	2	5	2	2	1	4	1	1	2	0	
	401.50	438.00	474.50	511.00	547.50	584.00	620.50	657.00	693.50	730.00	766.50	HIGH
	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
CLASS	OCCUR(X)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

36.50	8.0	XXXXXXXX										
73.00	8.0	XXXXXXXX										
109.50	20.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										
146.00	8.0	XXXXXXXX										
182.50	8.0	XXXXXXXX										
219.00	4.0	XXXX										
255.50	16.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX										
292.00	4.0	XXXX										
328.50	4.0	XXXX										
365.00	8.0	XXXXXXXX										
401.50	0.0	:										
438.00	4.0	XXXX										
474.50	0.0	:										
511.00	0.0	:										
547.50	0.0	:										
584.00	0.0	:										
620.50	0.0	:										
657.00	4.0	XXXX										
693.50	4.0	XXXX										
730.00	0.0	:										
766.50	0.0	:										
803.00	0.0	:										

Fig. 4.7 Desbalance Capacitivo Par a Tierra

Hojas de prueba equipo DCM 7/18

								PAGE				
95.00	0.0 :											
100.00	0.3 :X											
105.00	0.0 :											
110.00	0.0 :											

DETAIL: ATTENUATION @ 150kHz - UNIT # 1												
PAIR	dB/L	dB@20C	dB@20C/km	PAIR	dB/L	dB@20C	dB@20C/km	MEETS SPEC ?				
1	5.59	5.54	10.95	2	5.64	5.59	11.05					
3	5.67	5.62	11.11	4	5.77	5.72	11.31					
5	5.58	5.53	10.93	6	5.65	5.60	11.07					
7	5.71	5.66	11.19	8	5.65	5.60	11.07					
9	5.65	5.60	11.07	10	5.74	5.69	11.25					
11	5.64	5.59	11.05	12	5.66	5.61	11.09					
13	5.74	5.69	11.25	14	5.71	5.66	11.19					
15	5.66	5.61	11.09	16	5.67	5.62	11.11					
17	5.68	5.63	11.13	18	5.68	5.63	11.13					
19	5.66	5.61	11.09	20	5.66	5.61	11.09					
21	5.68	5.63	11.13	22	5.67	5.62	11.11					
23	5.68	5.63	11.13	24	5.71	5.66	11.19					
25	5.70	5.65	11.17									
SUMMARY: ATTENUATION @ 150kHz - FANOUT												
		25 DEG C	20 DEG C	20 DEG C								
		dB/L	dB/L	dB@20C/km								
MIN IND		5.58	5.53	10.93								
MAX IND		5.77	5.72	11.31								
		5.67	5.63	11.12								
		0.04	0.04	0.08								
NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25												
HISTOGRAM: ATTENUATION @ 150kHz IN dB@20C/km												
LOW	10.10	10.20	10.30	10.40	10.50	10.60	10.70	10.80	10.90	11.00	11.10	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	
	11.10	11.20	11.30	11.40	11.50	11.60	11.70	11.80	11.90	12.00	12.10	HIGH
	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CLASS	OCCUR(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
10.10	0.0 :											
10.20	0.0 :											
10.30	0.0 :											
10.40	0.0 :											
10.50	0.0 :											

Fig. 4.9 Atenuación a 150 kHz

Hojas de prueba equipo DCM 8/18

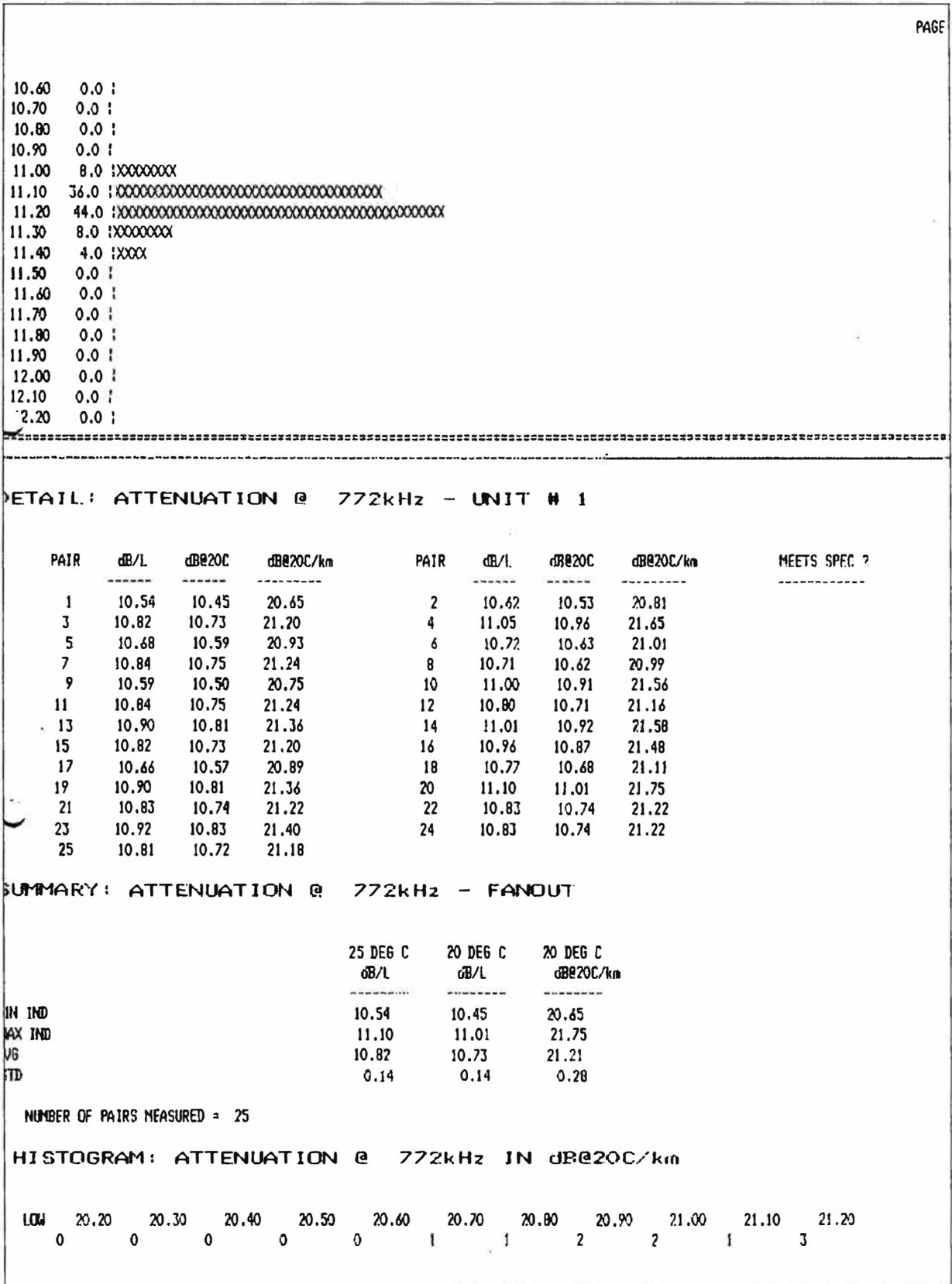


Fig. 4.10 Atenuación a 772 kHz

Hojas de prueba equipo DCM 10/18

PAGE 1

5- 18	94.4	5- 19	90.9	5- 20	80.2	5- 21	92.1	5- 22	78.2	5- 23	92.5
5- 24	82.3	5- 25	80.4								
6- 7	71.4	6- 8	72.4	6- 9	89.7	6- 10	86.7	6- 11	64.4	6- 12	64.8
6- 13	99.5	6- 14	83.0	6- 15	87.5	6- 16	83.2	6- 17	91.4	6- 18	92.3
6- 19	94.7	6- 20	89.9	6- 21	79.7	6- 22	95.2	6- 23	91.2	6- 24	85.3
6- 25	81.8										
7- 8	70.8	7- 9	64.8	7- 10	74.2	7- 11	90.9	7- 12	80.8	7- 13	107.3
7- 14	80.9	7- 15	107.3	7- 16	96.3	7- 17	109.9	7- 18	93.2	7- 19	96.6
7- 20	96.3	7- 21	83.7	7- 22	86.4	7- 23	83.8	7- 24	103.7	7- 25	105.5
8- 9	74.6	8- 10	71.7	8- 11	81.0	8- 12	76.2	8- 13	92.3	8- 14	86.2
8- 15	76.1	8- 16	78.8	8- 17	103.0	8- 18	94.2	8- 19	89.1	8- 20	79.4
8- 21	83.7	8- 22	66.4	8- 23	73.7	8- 24	81.6	8- 25	79.2		
9- 10	92.4	9- 11	79.3	9- 12	85.3	9- 13	96.7	9- 14	90.6	9- 15	77.4
9- 16	88.5	9- 17	90.1	9- 18	89.3	9- 19	93.3	9- 20	97.1	9- 21	85.8
9- 22	87.7	9- 23	89.1	9- 24	81.7	9- 25	89.6				
10- 11	62.1	10- 12	77.2	10- 13	97.8	10- 14	72.8	10- 15	79.7	10- 16	83.9
10- 17	86.0	10- 18	94.5	10- 19	83.4	10- 20	76.6	10- 21	75.5	10- 22	72.0
10- 23	76.1	10- 24	87.7	10- 25	85.7						
11- 12	67.3	11- 13	109.0	11- 14	80.2	11- 15	78.6	11- 16	70.4	11- 17	83.3
11- 18	94.8	11- 19	84.8	11- 20	80.5	11- 21	72.8	11- 22	75.0	11- 23	86.6
11- 24	83.1	11- 25	81.1								
12- 13	119.5	12- 14	75.3	12- 15	99.0	12- 16	84.8	12- 17	95.5	12- 18	79.2
12- 19	68.9	12- 20	64.8	12- 21	81.8	12- 22	75.8	12- 23	73.4	12- 24	79.9
12- 25	82.7										
13- 14	75.4	13- 15	82.3	13- 16	83.9	13- 17	70.5	13- 18	74.4	13- 19	66.1
13- 20	74.4	13- 21	87.6	13- 22	86.1	13- 23	86.7	13- 24	75.8	13- 25	87.7
14- 15	80.2	14- 16	71.0	14- 17	74.6	14- 18	67.8	14- 19	72.4	14- 20	64.2
14- 21	72.2	14- 22	73.3	14- 23	68.9	14- 24	72.9	14- 25	78.4		
15- 16	66.8	15- 17	75.2	15- 18	83.2	15- 19	77.6	15- 20	69.1	15- 21	73.9
15- 22	68.9	15- 23	71.4	15- 24	71.3	15- 25	68.7				
16- 17	82.5	16- 18	73.9	16- 19	81.0	16- 20	70.7	16- 21	82.7	16- 22	93.0
16- 23	69.4	16- 24	69.1	16- 25	75.9						
17- 18	67.1	17- 19	79.6	17- 20	84.2	17- 21	76.2	17- 22	80.6	17- 23	86.7
17- 24	84.9	17- 25	79.4								
18- 19	72.7	18- 20	69.6	18- 21	78.9	18- 22	76.8	18- 23	68.7	18- 24	77.2
18- 25	67.2										
19- 20	66.8	19- 21	68.7	19- 22	80.9	19- 23	86.4	19- 24	85.5	19- 25	82.2
20- 21	67.0	20- 22	77.8	20- 23	66.9	20- 24	72.1	20- 25	74.2		
21- 22	84.4	21- 23	81.3	21- 24	88.2	21- 25	84.0				
22- 23	78.1	22- 24	75.5	22- 25	75.1						
23- 24	82.4	23- 25	78.5								
24- 25	73.6										

SUMMARY : ELFEXT @ 150kHz - FANOUT ALL COMB

	MEAS VALUE	
	dB/L	dB/km
MIN(INDB)	65.1	62.1
MAX(INDB)	122.5	119.5
AVG	85.1	82.2
STD	10.3	10.3
RMS	77.1	74.2
1%MT	67.3	64.4
AVG- S	74.8	71.9

NUMBER OF COMBINATIONS MEASURED = 300

Fig. 4.11 Telediafonía ELFEXT a 150 kHz

Hojas de prueba equipo DCM 15/18

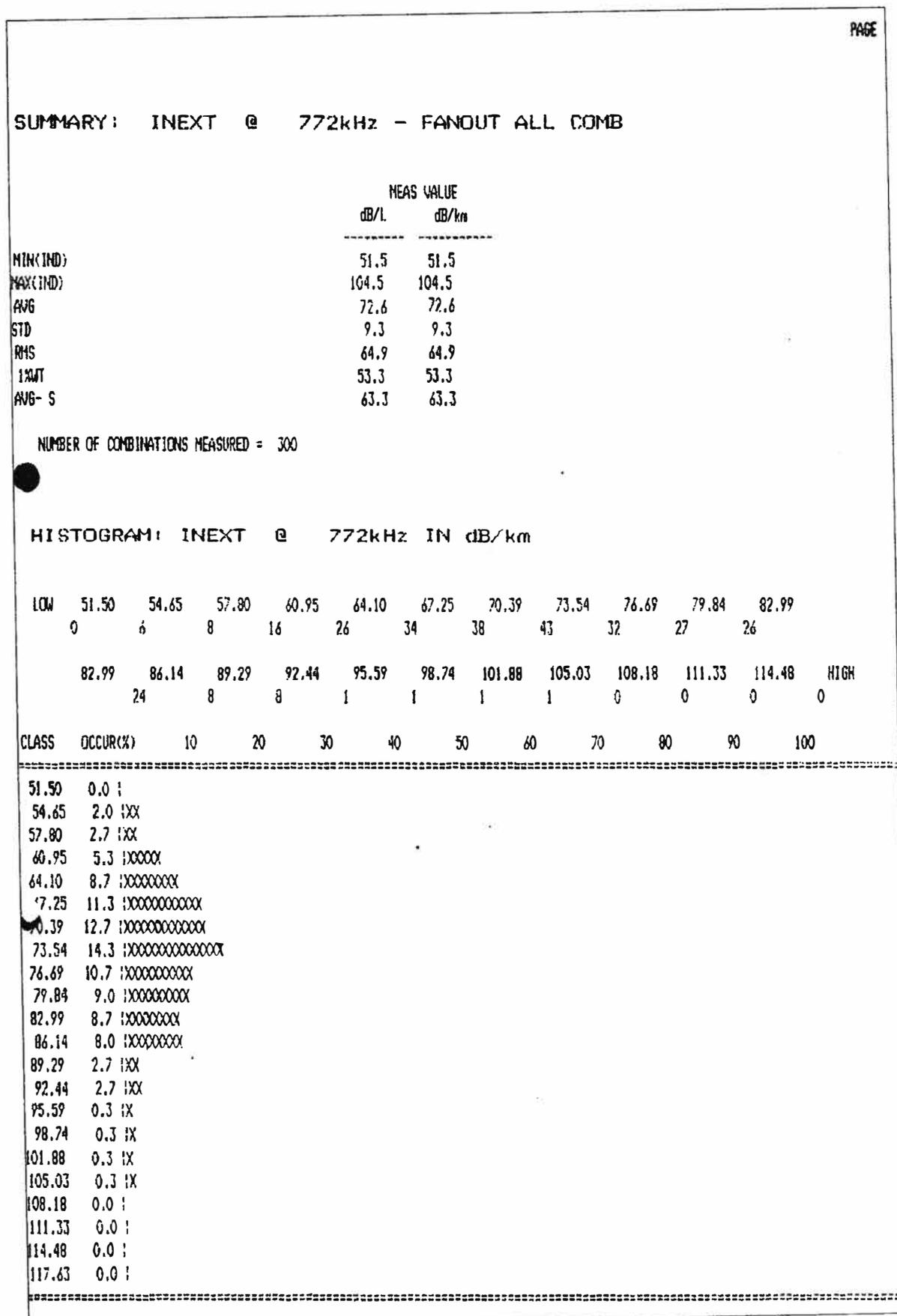


Fig. 4.12 Paradiafonía INEXT a 772 kHz

Hoja de prueba equipo DCM 17/18

PAGE 11

17- 18	71.4	17- 19	73.0	17- 20	72.1	17- 21	74.8	17- 22	81.6	17- 23	73.3
17- 24	75.0	17- 25	74.1								
18- 19	66.5	18- 20	67.2	18- 21	62.5	18- 22	73.0	18- 23	72.9	18- 24	71.1
18- 25	63.6										
19- 20	66.3	19- 21	69.8	19- 22	60.8	19- 23	71.9	19- 24	71.5	19- 25	69.3
20- 21	58.5	20- 22	58.8	20- 23	52.5	20- 24	70.6	20- 25	102.9		
21- 22	62.9	21- 23	69.0	21- 24	69.6	21- 25	74.6				
22- 23	58.7	22- 24	64.2	22- 25	72.7						
23- 24	54.6	23- 25	75.1								
24- 25	57.8										

SUMMARY: ONEXT @ 772kHz - FANOUT ALL COMB

	MEAS VALUE	
	dB/L	dB/km
MIN(IND)	50.4	50.4
MAX(IND)	114.3	114.3
AVG	75.3	75.3
STD	11.0	11.0
RMS	65.4	65.4
1XMT	53.8	53.8
AVG-S	64.4	64.4

NUMBER OF COMBINATIONS MEASURED = 300

HISTOGRAM: ONEXT @ 772kHz IN dB/km

LOW	50.50	54.20	57.89	61.59	65.29	68.99	72.68	76.38	80.08	83.77	87.47	
	1	3	8	13	35	28	47	33	28	33	24	
	87.47	91.17	94.86	98.56	102.26	105.95	109.65	113.35	117.05	120.74	124.44	HIGH
		22	14	6	3	1	0	0	1	0	0	0
CLASS	OCURR(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
50.50	0.3	1X										
54.20	1.0	1X										
57.89	2.7	1XX										
61.59	4.3	1XXXX										
65.29	11.7	1XXXXXXXXXX										
68.99	9.3	1XXXXXXXXXX										
72.68	15.7	1XXXXXXXXXXXXXX										
76.38	11.0	1XXXXXXXXXXXXXX										
80.08	9.3	1XXXXXXXXXX										
83.77	11.0	1XXXXXXXXXXXXXX										
87.47	8.0	1XXXXXXXXXX										
91.17	7.3	1XXXXXXXXXX										
94.86	4.7	1XXXXX										
98.56	2.0	1XX										
102.26	1.0	1X										
105.95	0.3	1X										
109.65	0.0	!										
113.35	0.0	!										

Fig. 4.13 Paradiafonia ONEXT a 772 kHz

4.3.2 Ensayos dimensionales y eléctricos

Los ensayos dimensionales y eléctricos se realizan manualmente y son los siguientes:

- a) Diámetros del conductor y aislamiento.
- b) Espesor de aislamiento.
- c) Diámetro del núcleo.
- d) Diámetro de la cubierta.
- e) Tensión entre pares.
- f) Tensión entre todos los pares a pantalla.
- g) Resistencia de aislamiento.

Los diámetros de conductor y aislamiento ítems a y b, se miden con un instrumento llamado micrómetro que tiene una precisión de 0.001 mm y los espesores de cubierta y diámetros de núcleo se miden con vernier con una precisión de 1/20 mm.



Fig. 4.14 Micrómetro



Fig. 4.15 Vernier

Los ensayos de rigidez dieléctrica o tensión, se realizan con un equipo de tensión continua con salida hasta 20 kV, y los ensayos de resistencia de aislamiento se realizan a 500 voltios en corriente continua, con un alcance de hasta 1 Tohm (1 000 000 millones de Ohmios).



Fig. 4.16 Equipo de rigidez dieléctrica



Fig. 4.17 Megóhmetro

Los resultados se presentan a continuación:

RESISTENCIA DE AISLACION		ESPESOR DE CUBIERTA (mm)				MEMBRANA SEPARADORA (mm)					
(M Ω -Km)		EXTERIOR (mm)		MENSAJERO (mm)		ALTO (mm)		ANCHO (mm)			
Unidad	Par	A: M Ω	B: M Ω	Pr:	MP:	Pr: 11,2	MP: 0,9	Mín: 2,50	Max: 3,51	Mín: 1,99	Max: 3,10
21/25	10	10,000	9,000	Pta. Sup	Pta. Inf.	Pta. Sup	Pta. Inf.	Pta. Sup	Pta. Inf.	Pta. Sup	Pta. Inf.
	17	9,000	9,000	1.82	1.78						
				1.80	1.84						
				2.00	1.95			Min:		Min:	
				1.94	2.04			Max:		Max:	
				1.90	1.91			TRASLAPE DE PANTALLA			
				1.86	1.87			≥ 6 mm para diámetros > 15 mm			
				Pr: 1.89	Pr: 1.70	Pr:	Pr:	≥ 3 mm para diámetros ≤ 15 mm			
				Min: 1.60	Min: 1.72	Min:	Min:	Pta. Sup.		Pta. Inf.	
				Ø Cub. Ext. (mm)		Ø Pantalla (mm)					
				Pta.: Sup.	Pta.: Inf.	Pta.: Sup.	Pta.: Inf.				
				14.8	14.8	10.5	10.7				
Mínima (M Ω -Km-20°C):				RESISTENCIA ELECTRICA: 136.40				Ω : Km - 20°C			
				133.89							
DIAMETRO DE ALAMBRE AISLADO											

1er.	DIAMETRO (mm)				% E.	1er.	DIAMETRO (mm)				% E.	
	COBRE		AISLAMIENTO				N°	COBRE		AISLAMIENTO		
	A	B	A	B				A	B	A		B
1	0.403	0.403	0.745	0.743	18/19	114	0.402	0.403	0.743	0.742	18/19	
2	0.402	0.402	0.741	0.742		115	0.404	0.402	0.744	0.750		
3	0.401	0.401	0.746	0.744		116	0.400	0.401	0.742	0.748		
4	0.403	0.402	0.740	0.746	20/19	117	0.403	0.403	0.742	0.750	17/18	
5	0.402	0.403	0.745	0.745		118	0.403	0.403	0.745	0.742		
6	0.402	0.403	0.750	0.747		119	0.402	0.402	0.750	0.748		
7	0.404	0.404	0.746	0.745	19/21	220	0.403	0.403	0.748	0.746	20/20	
8	0.402	0.402	0.747	0.745		221	0.402	0.402	0.746	0.744		
9	0.401	0.401	0.746	0.742		222	0.403	0.402	0.744	0.742		
10	0.402	0.402	0.746	0.740	18/18	223	0.402	0.403	0.742	0.747	22/20	
11	0.403	0.403	0.746	0.746		224	0.401	0.402	0.746	0.743		
12	0.403	0.402	0.743	0.745		225	0.404	0.403	0.747	0.746		
13	0.402	0.403	0.742	0.740		226	0.403	0.403	0.748	0.744		

Fig. 4.18 Hoja de pruebas cable telefónico 50 pares.

Tabla 4.1

RESULTADOS vs REQUERIMIENTOS NORMATIVOS

Requerimiento	unidad	RESULTADO	N-106-1090	S-84-608	GT.ER.f5.002
Diámetro nominal conductor	mm	0.403 prom.	0.400	0.404	0.400
Diámetro de aislamiento	mm	0.745 prom.			
Espesor de cubierta	mm	1.90	1.4	1.56	1.4
Diámetro cubierta	mm	14.8			15.5 máx
Traslape de pantalla	mm	8.0			3 mín
Resistencia máxima individual	Ohm/km a 20°C	136.95	144.4	144	144.2
Desbalance de resistencia	%	0.791 2.338	2.0 máx prom 5.0 máx ind	1.5 máx prom 5.0 máx ind.	1.5 máx prom 5.0 máx ind.
Capacidad Mutua promedio	nF/km	50.31	51 +/- 3	52 +/- 2	52 +/- 3
Desbalance par a par	rms pF/km	13.6	45.3	45	45
Desbalance par a tierra	pF/km	674 218	2,625 max ind 574 max prom	2,625 max ind 574 max prom	2,625 max ind 574 max prom
Atenuación a 800 Hz	dB				1,72 max prom 1.8 max ind
Atenuación a 150 KHz	dB	10.93 a 11.31	11.4		
Atenuación a 772 KHz	dB	20.65 a 21.75	22.5 nominal	23.28 max prom	
Atenuación a 1000 KHz	dB				26.88 max prom 28.16 max ind
Diafonía a 150 KHz	dB	74.2 62.1	68 min rms y 58 min ind		
Telediafonía a 772 KHz	db			Power Sum 47 Peor 43	
Telediafonía a 1000 KHz	dB				Power Sum 44.5 Peor 40.4
Paradiafonía a 772 KHz	dB	63.3	Mín 60 (M-σ)	Power Sum 47 Peor 42	
Paradiafonía a 1000 KHz	dB				Power Sum 45.2 Peor 40.1
Rigidez dieléctrica	KV / 3 seg	OK	2.4 entre par y 5 par a pant.	2.4 entre par y 10 par a pant	1.6 entre par y 3.6 par a pant
Resistencia de aislamiento	Mohm-km a 20°C	84,600	15,000	1,600	10,000

Como se puede observar, los resultados cumplen con los requerimientos de las principales normas, por lo que se dio pase al diseño y fabricación de los cables telefónicos. Estos resultados se confirmaron en la fabricación regular de los productos cumpliéndose de esta forma con lo solicitado.

A partir de esa fecha INDECO S.A. se convirtió en el principal proveedor de cables de Telefónica S.A.

Los cables telefónicos siguen evolucionando, estamos pasando de la era del cobre a la fibra óptica, esta ya está llegando a los hogares, pero todavía la demanda por cables de cobre va a continuar por un tiempo mas, además vemos que la capacidad sigue incrementándose en los cables para xDSL y para LAN y ahora tenemos cables LAN categoría 6E para 1 GHz y cables xDSL hasta 40 MHz.

Todos estos cables siguen las leyes de los cables multipares mencionados en este trabajo por lo que el diseño de los mismos se haría aplicando las características de cada tipo de cable a los fundamentos mostrados en este trabajo.

Dependiendo de las condiciones del mercado, INDECO S.A. podría iniciar la fabricación de cables para abonados xDSL y LAN, a partir de la experiencia que se describe en este trabajo.

CONCLUSIONES

- 1) Se ha demostrado la validez de las fórmulas empleadas, que están basadas en la teoría de circuitos y líneas de transmisión; lo que indicaría que también se pueden emplear para cables similares como los xDSL para suscriptores (Internet, etc.), LAN y otros.
- 2) Se verificó las ventajas de los cables foam skin rellenos en la protección al ingreso de humedad, frente a los cables de papel y los de polietileno sólido con núcleo de aire, factor crítico en los cables de papel e importante en los cables de aislamiento sólido; mostrada en los ensayos de estanqueidad y/o penetración de agua.
- 3) Se demuestra que la precisión de las dimensiones es factor fundamental para conseguir las características buscadas, y esto se consigue con el uso de tecnologías modernas en los equipos y maquinas de producción.

ANEXO A

ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN CMS-2PCX

Especificaciones de medición equipo CMS-2PCX

Measurement Specifications				
Parameter	Range	Units	Accuracy of Reading*	Comments
Conductor Resistance	0.01 to 99.99	Ohms	+0.1%+0.02%R	Kelvin Connection, 4-Wire DC Measurement, corrected to 20°C/68°F
	100.0 to 999.9	Ohms	±0.1%+0.02%R	
	1000.0 to 9999	Ohms	+0.1%+0.02%R	
Resistance Unbalance	0 to 99.99	Ohms	+0.2%+0.05%R	Kelvin Connection, 4-Wire DC Measurement, corrected to 20°C/68°F
	0 to 10.0	%	+0.2%+0.05%R	
Mutual Capacitance	0.400 to 40.000	nF	+0.05%+0.01%R	Constant current five-term ramp measurement 800 Hz/1 KHz bridge. 1.5 KHZ & 3 KHZ available
	40.00 to 4000.00	nF	+0.10%+0.01%R	
	0.400 to 400.00	nF	+0.50%+0.05%R	
Capacitance Unbalance				
to Ground to Shield	1 to 5000	pF	+1.0%+0.1%R	Bridge measurement at 800 or 1000 Hz
	1 to 5000	pF	+1.0%+0.1%R	
	1 to 5000	pF	+1.0%+0.1%R	
Pair-to-Pair	1 to 5000	pF	+1.0%+0.1%R	Bridge measurement at 800 or 1000 Hz
	1 to 5000	pF	+1.0%+0.1%R	
Mutual Conductance	0.0 to 100	µmhos	+1.0%+1.0%R	Measurement frequency 800 to 1000 Hz
Attenuation¹				
10 KHz to 99 KHz	2.5 to 19.9	dB	+0.6 dB	Measurement corrected to 20°C/68°F
	20 to 80	dB	±0.9 dB	
1 KHz and 100 KHz to 6.5 MHz	0.1 to 19.9	dB	+0.3 dB	Measurement corrected to 20°C/68°F
	20 to 80	dB	±0.7 dB	
	80 to 120	dB	±1.5 dB	
Measurement Frequency up to 16 MHz				
Crosstalk¹				
800 Hz, 1 KHz	-65 to -109	dB	+1 dB	Utilizes capacitance unbalance pair-to-pair methodology and correlation formula to normalize measurement for characteristic impedance for cable pair at 800 Hz/1 KHz
	-100 to -130	dB	±2 dB	
10 KHz to 29 KHz	-40 to -110 ²	dB	±1.25 dB	
30 KHz to 99 KHz	-40 to -110 ²	dB	±1.0 dB	
100 KHz to 3.5 MHz	-40 to -135 ³	dB	+0.75 dB	{from -40 to -80 dB}
			±0.90 dB	{from -80 to -100 dB}
			±1.85 dB	{from -100 to -135 dB}
3.6 MHz to 6.5 MHz	-40 to -130	dB	+0.75 dB	{from -40 to -80 dB}
			±0.90 dB	{from -80 to -100 dB}
			±1.85 dB	{from -100 to -130 dB}
Measurement Frequency up to 16 MHz				
Characteristic Impedance (Optional)				
800 Hz, 1 KHz	200 to 2000	Ohms	+2%R	Calculated from LF parameters
100 KHz to 6.5 MHz	85 to 135	Ohms	+5%R	Direct Measurement
	75 to 155	Ohms	±10%R	
Measurement Frequency from 10 KHz. Optional Measurement Frequency to 10 MHz.				
¹ Balanced System Termination Impedance 110 Ohms Standard				* R=Range
² Stated Accuracy Based on Cable Attenuation > 2.5 dB at Testing Frequency				All accuracies specified at the connection clips
³ System Noise Floor Down To -150 dB				

ANEXO B

REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS DE NORMAS ICEA Y TELEFONICA

Principales características eléctricas de la norma GT.ER.f5.002

Especificación Unificada de Requisitos GT.ER.f5.002 Ed 5ª Pág 99

ANEXO N°13D

(hoja 1/3)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS CABLES CON AISLAMIENTO DUAL

CARACTERÍSTICA	Unidad	CALIBRES [mm]			
		0,404	0,511	0,643	0,912
<u>Resistencia de los conductores:</u>					
Máxima individual	Ω/km	144,2	89,5	56,6	28,5
<u>Desequilibrio de resistencia:</u>					
Promedio (máximo)	%	1,5	1,5	1,5	1,5
Máximo individual	%	5	5	5	5
<u>Resistencia de aislamiento:</u>	$M\Omega.\text{km}$	10.000	10.000	10.000	10.000
<u>Rigidez dieléctrica en c.c.:</u>					
Entre conductores	Vcc-seg	1600-3	2000-3	2400-3	3500-3
Entre conductores y pantalla	Vcc-seg	3000-3	3000-3	6000-3	6000-3
<u>Rigidez dieléctrica de la cubierta:</u>					
En seco	kVef(c.a)		12		
	kV(c.c.)		16,8		
En agua	kV(c.c.)		5		

ANEXO N°13D
(hoja 2/3)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS CABLES CON AISLAMIENTO DUAL

CARACTERÍSTICA	Unidad	CALIBRES [mm]			
		0,404	0,511	0,643	0,912
<u>Capacidad mutua:</u>					
Promedio	nF/km	52±3	52±3	52±3	52±3
Máxima individual	nF/km	58	58	58	58
<u>Desequilibrio de capacidad par a par</u>					
Número de pares ≤ 12					
Máximo individual	pF/km	145	145	145	145
Número de pares > 12					
Valor medio cuadrático (máximo)	pF/km	45	45	45	45
<u>Desequilibrio de capacidad par a tierra:</u>					
Número de pares ≤ 12					
Máx. individual	pF/km	2625	2625	2625	2625
Número de pares > 12					
Máx. individual	pF/km	2625	2625	2625	2625
Promedio (máximo)	pF/km	574	574	574	574
<u>Diferencia de capacidad:</u>					
Número de pares > 75					
Diferencia	%	2	2	2	2

Principales características eléctricas de la norma ICEA S-68-608

ICEA S-84-608-2002

Conductor Size (AWG)	Maximum Resistance Unbalance %	
	Average	Individual
16	1.5	5.0
19	1.5	5.0
22	1.5	5.0
24	1.5	5.0
26	1.5	5.0
28	2.5	6.0

- 8.3 **MUTUAL CAPACITANCE:** When tested in accordance with ASTM D 4566 at or corrected to $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$), the average mutual capacitance of all the pairs of any length of cable and the individual mutual capacitance of any pair shall meet the following requirements at 1 kHz with all other conductors, screen, and shield(s) grounded.

MUTUAL CAPACITANCE nF/mile (nF/km)		
No. of Pairs	Average of All Pairs	Maximum Any Pair
12 or less	83 ± 7 (52 ± 4)	94 (58)
13 or More	83 ± 4 (52 ± 2)	92 (57)

- 8.3.1 **Final Product 100% Testing:** For cables larger than 100 pairs, if the average mutual capacitance for the first 100 pairs tested from randomly selected groups is between 80 and 85 nF/mile (50 and 53 nF/km), the remainder of the pairs need not be tested.
- 8.4 **CAPACITANCE DIFFERENCE:** When tested in accordance with ASTM D 4566 at or corrected to $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$), the percent difference in average mutual capacitance for the innermost and outermost pairs shall not exceed 2%, for completed cables having 75 pairs or more. The sample size shall not be less than 5 outer pairs and 5 inner pairs. This test is a method of determining if the core is adequately filled throughout the cable cross section.
- 8.5 **PAIR-TO-PAIR CAPACITANCE UNBALANCE:** When measured in accordance with ASTM D 4566, the pair-to-pair capacitance unbalance between any two pairs of a cable at 1 kHz shall not exceed 80 pF/kft (145 pF/km) at or corrected to $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$). For cables of more than 12 pairs, the maximum rms pair-to-pair unbalance of all pairs shall not exceed 25 pF/kft (45 pF/km).
- 8.6 **PAIR-TO-GROUND CAPACITANCE UNBALANCE:** When tested in accordance with ASTM D 4566 at 1 kHz, the pair-to-ground capacitance unbalance of the completed cable at or corrected to $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$) shall not exceed the following requirements:

ICEA S-84-608-2002

CAPACITANCE UNBALANCE-TO-GROUND pF/kft.(pF/km)			
AWG	No. of Pairs	Cable Average	Individual Pair
16 to 26	12 or Less	—	800(2625)
16 to 26	13 or More	175(574)	800(2625)
28	All Sizes	225(738)	800(2625)

- 8.7 **ATTENUATION:** When tested in accordance with ASTM D 4566, the average attenuation of all pairs of a completed cable having more than 12 pairs shall not exceed the values in the following table. Requirements shall be met at 772 kHz only, unless otherwise specified by the user. For cables of 12 pairs or less, the average attenuation shall not exceed a value increased by 10% over the requirements in the table.

AVERAGE ATTENUATION AT 20°C (68°F) dB/kft (305 m)												
Frequency (MHz)	Solid (AWG)						Foam or Foam-Skin (AWG)					
	16	19	22	24	26	28	16	19	22	24	26	28
	0.772	2.1	2.8	4.0	5.0	6.5	8.6	2.6	3.2	4.5	5.6	7.1
1.600	3.0	4.0	5.8	7.2	9.4	12.4	3.7	4.6	6.5	8.1	10.2	13.0
3.150	4.2	5.7	8.1	10.1	13.1	17.4	5.3	6.5	9.1	11.3	14.3	18.2
6.300	6.0	8.0	11.4	14.3	18.6	24.6	7.4	9.1	12.9	16.0	20.3	25.7

- 8.8 **UNIT CROSSTALK:** The power sum crosstalk of a pair, when measured between pairs within each unit of completed cable and determined in accordance with the qualification procedure covered in Paragraph 8.8.1, shall be equal to or greater than the following requirements for Equal Level Far End and Near End Crosstalk.

EQUAL LEVEL FAR END CROSSTALK (ELFEXT) REQUIREMENTS Power Sum in dB/kft (dB/305 m)										
Frequency (MHz)	Mean Power Sum (AWG)					Worst Pair Power Sum (AWG)				
	16 & 19	22	24	26	28	16 & 19	22	24	26	28
	0.772	51	49	49	47	45	45	43	43	43
1.600	44	43	42	41	40	39	37	37	37	37
3.150	39	37	37	35	33	33	31	31	31	31
6.300	33	31	31	29	27	27	25	25	25	25

ICEA S-84-608-2002

NEAR END CROSSTALK (NEXT) REQUIREMENTS										
Power Sum in dB/kft (dB/305 m)										
Frequency (MHz)	Mean Power Sum (AWG)					Worst Pair Power Sum (AWG)				
	16 & 19	22	24	26	28	16 & 19	22	24	26	28
	0.772	47	47	47	47	47	42	42	42	42
1.600	43	43	43	43	43	38	38	38	38	38
3.150	38	38	38	38	38	33	33	33	33	33
6.300	34	34	34	34	34	29	29	29	29	29

8.8.1 Crosstalk Qualification Test: Selection of pairs for qualification testing shall exclude any T-carrier service pairs provided in a screened cable. Pair-to-pair crosstalk shall be measured at four frequencies (0.772, 1.600, 3.150, and 6.300 MHz) between all pair combinations within a 50-pair unit having a specific twist length design. Crosstalk measurements on one unit may be assumed to apply to the entire cable so long as all units have the same twist length design.

One cable of at least 1000 feet (305 m) should be selected at random from each of five different manufacturing batches. If the maximum cable reel length is less than 1000 feet (305 m), it may be used as long as it is over 500 feet (152 m). The values of power sum crosstalk calculated for the length of cable measured shall be corrected to the reference length of 1000 feet (305 m) using the following equations:

$$\text{NEXT in dB at 1 kft (dB at 305 m)} = \text{next} + 10 \cdot \log \left[\frac{1 - 10^{-\frac{\alpha L}{5}}}{1 - 10^{-\frac{\alpha L}{10}}} \right]$$

$$\text{ELFEXT in dB at 1 kft (dB at 305 m)} = \text{elfext} + 10 \log L$$

Where:

- α = Average attenuation in dB/kft (dB/305 m) at the measurement frequency
- L = Cable length in kilofeet
- next = Measured value of NEXT in dB
- elfext = Measured value of ELFEXT in dB

Each of these cables shall be measured for far-end (FEXT) and near-end (NEXT) crosstalk using all pair and frequency combinations within groups of 50 consecutive pairs. Power sum calculations for each pair at each frequency shall then be made. It is recommended that a set of power sums for the individual pairs of cable be plotted on probability paper to check the normality of the distribution of power sums.

The 50 pairs measured shall be members of the same 50-pair multi-unit where these exist in a design. If no 50-pair multi-units are present, adjacent units shall be chosen to make up a 50-pair group. In this case, the 50-pair group must

ANEXO C

**ESPECIFICACION DE CABLE PECSAT-R 2,400 PARES Y RESULTADOS DE
ENSAYOS DE CABLES DE 1,200 Y 2,400 PARES**

Especificación del cable PECSAT-R 2400 P/ 0.4 mm pag. 1/3

PRODUCTO:	CABLE RELLENO 2400 P 0.4 (F/5) mm.	ESPECIFICACION	964E2400
FORMA:	2 + 8 + 14 SUPERUNID. 101 P 24 P.R.	FECHA DE EDIC.:	1993 08 17
NORMA:	NTC 2061 ICONTEC COLOMBIA	ANULA A EDICI. CLIENTE	
No. OPERACION	CENTRO OP.: OPTIMO - ALTERNATIVO	DIAMETRO mm	PESO Kg/Km
1. TREFILACION 110102			
TREFILAR ALAMBRO DE 8 mm HASTA LAS MEDIDAS INDICADAS		NOM	2.588
		MIN	2.562
		MAX	2.614
2. TREFILAC. Y AISLAMIENTO 115581-115582			
2.1 TREFILACION		NOM	0.404
TREFILAR HASTA OBTENER LAS MEDIDAS INDICADAS SEGUN ASTM B3. DESPUES DE AISLAR.		MIN	0.400
		MAX	0.408
2.2 AISLAMIENTO DUAL		NOM	0.750
DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD. QUE CUMPLA CON: NTC 2061		MIN	0.740
		MAX	0.760
2.2.1 CAPA CELULAR (FOAM)			573.14
(COMP UC DGDA-3485. DENSIDAD = 0.943 g/cm ³ (*)			
EXPANSION 35% (DENS. EXPA. = 0.61 g/cm ³)			
ESPESOR. 0.115 mm			
COLORES.: NATURAL			
2.2.2 C. AP.SOLIDA (SKIN)			585.99
(COMP UC DGDK-3364. DENSIDAD = 0.945 g/cm ³ (*)			
ESPESOR. 0.058 mm			
CAPAC. COAXIAL HILO TOTAL(pF m) = 170 = 5 pF m			
COLORES SEGUN LO INDICADO			
BLANCO (*)	504 AZUL	480	
ROJO (*)	504 NARANJA	480	
NEGRO	480 VERDE	480	
AMARILLO	480 MARRON	480	
VIOLETA	480 GRIS	480	
	2448	2400	
(*) P.R. PARES DE RESERVA = BLANCO-ROJO :			24
3. PAREADO FORMACION DE UNIDADES 115345-115346			
3.1 FORMAR PARES DEL N° 1 AL N° 25		NOM	1.50
SEGUN CARTA DE PASOS		MIN	1.48
(*) PASO PAR DE RESERVA = PASO PAR N° 26 CARTA PASOS		MAX	1.52
UNIDAD 25 PARES. FORMACION: 3F- 9P- 13F			
3.2 LAS UNIDADES (UND) DE 25 PARES. SERAN IDENTIFICADAS CON AT. ADURAS BENDER 1125 SEGUN LOS COLORES			
	24 UNIDADES (UND) BLANCO - AZUL	NOM	6.50
	24 UNIDADES (UND) BLANCO - NARANJA	MIN	6.40
	24 UNIDADES (UND) BLANCO - VERDE	MAX	6.60
	24 UNIDADES (UND) BLANCO - MARRON		
P. ASSEMBLEADO.	760 mm Z. PASO HILO.	80	mm Z
4. CABLEADO FORMACION DE SUPERUNIDADES 115345-115346			
4.1 FORMAR SUPERUNIDADES (SPU) DE CABLEANDO UNIDADES (UND) DE LA SIGUIENTE MANERA		NOM	13.06
SPU (101P) = BL AZ - BL NA - BL VE - BL MA - P.R. (*)		MIN	12.86
(*) P.R. DEBE COLOCARSE EN LA PARTE PERIFERICA		MAX	13.27
PASO CABLEADO 1050 mm Z			
4.2 IDENTIFICACION DE LAS SUPERUNIDADES (SPU) CON DOS (2) ATADURA BENDER 1125 SEGUN LOS SIGUIENTES COLORES.			9.82
	PASO HILO 36 mm Z		
SPU 1 =	COLOR BLANCO - AZUL	SPU 13 =	NEGRO - VERDE
SPU 2 =	BLANCO - NARANJA	SPU 14 =	NEGRO - MARRON
SPU 3 =	BLANCO - VERDE	SPU 15 =	NEGRO - GRIS

Especificación del cable PECSAT-R 2400 P/ 0.4 mm pag. 2/3

PRODUCTO:	CABLE RELLENO 2400 P 0.4 (F 5) mm.	ESPECIFICACION	964E2400	
FORMA:	2 + 8 - 14 SUPERUNID. 101 P 24 P.R.	FECHA DE EDIC - ANULA A EDICI- CLIENTE	1998 05 17	
NORMA	NTC 2061 CONTEC COLOMBIA			
No. OPERACION	CENTRO OP.:	OPTIMO - ALTERNATIVO	DIAMETRO mm	PE50 Kg/Km
SPU 4 =	BLANCO - MARRON	SPU 16 = AMARILLO - AZUL		
SPU 5 =	BLANCO - GRIS	SPU 17 = AMARILLO - NARANJA		
SPU 6 =	ROJO - AZUL	SPU 18 = AMARILLO - VERDE		
SPU 7 =	ROJO - NARANJA	SPU 19 = AMARILLO - MARRON		
SPU 8 =	ROJO - VERDE	SPU 20 = AMARILLO - GRIS		
SPU 9 =	ROJO - MARRON	SPU 21 = VIOLETA - AZUL		
SPU 10 =	ROJO - GRIS	SPU 22 = VIOLETA - NARANJA		
SPU 11 =	NEGRO - AZUL	SPU 23 = VIOLETA - VERDE		
SPU 12 =	NEGRO - NARANJA	SPU 24 = VIOLETA - MARRON		
5. CABLEADO FINAL		115143		
CABLEAR LAS:	24 SUPERUNIDADES DE	101 PARES	NOM	64.00
FORMACION:	2 - 8 - 14 SUPERUNID. 101 P		MIN	63.82
CENTRO DE 2 SPU:	DE LA SPU 1 A LA SPU 2		MAX	64.99
CAPA DE 8 SPU	DE LA SPU 3 A LA SPU 10	EN FORMA CORRELATIVA		
CAPA DE 14 SPU	DE LA SPU 11 A LA SPU 24	EN FORMA CORRELATIVA		
COLOCANDO SOBRE EL NUCLEO UNA ATADURA BENDER 1125 SEGUN:				0.77
PASO CABLEADO	1900 mm S.	PASO HILO: 36 mm Z		
6. RELLENO, ENCINTADO, PANTALLA, CUBIERTA		115201-115184		
6.1 RELLENAR TODOS LOS INTERSTICIOS DEL NUCLEO CON COMPUESTO DEL TIPO CAUCHO TERMOPLASTICO. ALTAMENTE EXTENDIDO QUE CUMPLA CON NTC 2061			NOM	64.12
(COMPUESTO WITCOGEL II 1%. DENSIDAD = 0.85 g/cm ³ (*)			MIN	63.14
			MAX	65.11
6.2 COLOCAR LONGITUDINALMENTE UNA CINTA DE MATERIAL DIELECTRICO NO HIGROSCOPICO (CINTA DE PÓLESTER 0.125 mm ESPESOR. TRASLAPE NOMINAL = 10 mm ANCHO 213 mm = (8333))			NOM	64.50
			MIN	63.52
			MAX	65.49
6.3 COLOCAR HELICOIDALMENTE DOS HILOS DE NYLON 840 IE. COLOR NATURAL PASO: 54 mm				1.09
6.4 COLOCAR COMPUESTO RELLENO SOBRE LA CINTA COMPUESTO JELLY. QUE CUMPLA CON NTC 2061 (COMPUESTO WITCOGEL II 1%. DENSIDAD = 0.85 g/cm ³ (*)			NOM	64.65
			MIN	63.65
			MAX	65.62
6.5 COLOCAR SOBRE EL NUCLEO UN CORDEL DE RASGADO. PA No 21				0.57
6.6 COLOCAR LONGITUDINALMENTE UNA CINTA CORRUGADA DE ALUMINIO CON REVESTIMIENTO DE POLIETILENO EN AMBAS CARAS. DEBE SER SELLADA EN TODA SU LONGITUD ESPESOR DEL ALUMINIO 0.200 = 0.02 mm ESPESOR MINIMO DEL POLIETILENO: 0.060 mm = 0.01 PROFUNDIDAD MAXIMA DE CORRUGACION 0.8 mm PROFUNDIDAD MINIMA DE CORRUGACION 0.4 mm TRASLAPE MINIMO = 6 mm ANCHO 219 mm = (8333)			NOM	66.39
			MIN	65.41
			MAX	67.38
6.7 CHAQUETA DE POLIETILENO O COPOLIMERO DE BAJA DENSIDAD Y ALTO PESO MOLECULAR QUE CUMPLA CON NTC 2061 ADHERIDA A LA PANTALLA (COMP U/C DFDG-6059. DENSIDAD = 0.93 g/cm ³ (*) COLOR: NEGRO ESPESOR MAXIMO PROMEDIO 2.90 mm ESPESOR NOMINAL 2.52 mm ESPESOR MINIMO PROMEDIO 2.40 mm ESPESOR MINIMO EN UN PUNTO 1.76 mm			NOM	71.43
			MIN	70.21
			MAX	73.18
TOTAL =				8542.0
7. PRUEBAS				

Especificación del cable PECSAT-R 2400 P/ 0.4 mm pag. 3/3

PRODUCTO:	CABLE RELLENO 2400 P 0.4 (F/S) mm.	ESPECIFICACION :	964E2400
	FORM: 2+8-14 SUPERUNID. 101 P 24 P.R.	FECHA DE EDIC.:	1993 08 17
NORMA :	NTC 2061 ICONTEC COLOMBIA	ANULA A EDIC.:	
		CLIENTE :	
No. OPERACION	CENTRO OP.: OPTIMO- ALTERNATIVO	DIAMETRO mm	PESO Kg Km
SEGUN:	NTC 2061		
8. MARCACION			
INSCRIBIR EN BAJO RELIEVE Y CON TINTA AMARILLA O BLANCA			
SOBRE LA CHAQUETA Y A UNA DISTANCIA NO MAYOR QUE UN METRO			
- CENTELSA			
- CABLE RELLENO 2400 P 0.4 (F/S)			
- AÑO DE FABRICACION			
- METRAJE SECUENCIAL SEGUIDA DE LA LETRA "m"			
NOTA (*) LOS COMPUESTOS MENCIONADOS SATISFACEN LOS REQUISITOS			
PERO PUEDEN UTILIZARSE OTROS SIMILARES			

Resultados de ensayos de un cable de 1,200 pares

PAGE 1
REPORT FORMAT COPYRIGHT
© 1987, 1988 GCM INDUSTRIES, INC.

* I N D E C O S.A. UNIDAD DE CABLES TELEFONICOS *

RE.10.0.23

CABLETYPE : 1200-.4 -P/C/F/F CLIENTE: TELEFONICA DEL PERU
 PRODUCTO: PECSAT-R 1200/0.4mm ESPECIFICACION: TA17W00034-05 DATE: 24/11/83 13:31
 REEL/DRUM NO: 24ECA30543 FACTORY ORDER: N173F3-12B TESTER: JRA
 LENGTH/METER: 721.0 NUMERO DE PRUEBA GC: 48113622-01
 TEMPERATURE/DEG C: 31.0 UNIDADES PROBADAS: U-1 AT-BL/AZ
 PAIRS TESTED: 25 UNITS: 1 DISC FILE: DA0589
 CONSTRUCTION: 25 REPORT: SUMUNIT FIXTURE STARTING PAIR NO: 26
 SPEC1301: TELEFONICA CABLES FOAM SKIN BELLENOS

SUMMARY: DC COND RES AND RES UNBALANCE TO 20 DEG C - UNIT # 1

	SPEC VALUE		MEAS VALUE		COND RES UNBAL PERCENT	MEETS SPEC?
	COND RES OHM/KM	RES UNBAL PERCENT	OHM/L	OHM/KM		
IND MIN			103.05	137.07	0.005	
IND MAX	150.50	5.00	108.15	141.13	1.747	OK
AVG		1.50	104.88	139.45	0.513	OK
STD DEV			0.55	0.73	0.372	

NUMBER OF CONDUCTORS = 50

SUMMARY: MUTUAL CAPACITANCE - UNIT # 1

	SPEC VALUE nF/KM	MEAS VALUE		MEETS SPEC?
		nF/L	nF/KM	
IND MIN		37.90	52.57	
IND MAX		39.32	54.53	
AVG	49.00 - 55.00	38.51	53.41	OK
STD DEV		0.38	0.50	
% RMS DV		0.9296 %	0.9294 %	

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

CONTINUIDAD: Cond. Juntura OK Pantalla OK

TENSION (F. 50) Cond. Juntura OK Pantalla OK

PENETRACION (F. 50) Cond. Juntura OK Pantalla OK

SUMMARY: PAIR TO GROUND CAPACITANCE UNBALANCE - UNIT # 1

	SPEC VALUE	MEAS VALUE		MEETS SPEC?
	dB/KM	dB/L	dB/KM	
IND MIN		11.	15.	
END MAX	2625.	1030.	1429.	OK
AVG	574.	424.	508.8	OUT
STD DEV		190.	402.	
RMS		511.	708.	

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

SUMMARY: CU PAIR-PAIR @ 1000 Hz - UNIT # 1 ALT-ADJ

	SPEC VALUE	MEAS VALUE		MEETS SPEC?
	dB/KM	dB/L	dB/KM	
MIN IND		0.0	0.0	
MAX IND		57.7	88.0	
AVG		13.4	15.8	
STD		12.9	15.1	
RMS	45.0	18.6	21.9	OK

NUMBER OF COMBINATIONS MEASURED = 72

NUMBER OF COMBINATIONS NOT PRINTED = 31

SKIP LIMIT (PFI) = 10

SUMMARY: ATTENUATION @ 1kHz - UNIT # 1

	SPEC VALUE	31 DEG C	20 DEG C	20 DEG C	MEETS SPEC?
	dB@20C/KM	dB/L	dB/L	dB@20C/KM	
MIN IND		1.37	1.32	1.83	
MAX IND	1.98	1.40	1.35	1.87	OK
AVG	1.89	1.38	1.33	1.84	OK
STD		0.01	0.01	0.01	

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

SUMMARY: ATTENUATION @ 150kHz - UNIT # 1

	SPEC VALUE dB@20C/km	31 DEG C dB/L	20 DEG C dB/L	20 DEG C dB@20C/km	MEETS SPEC?
MIN IND		8.59	8.43	11.70	
MAX IND	12.54	8.88	8.72	12.09	OK
AVG	11.97	8.71	8.55	11.88	OK
STD		0.09	0.08	0.12	

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

SUMMARY: ATTENUATION @ 1000kHz - UNIT # 1

	SPEC VALUE dB@20C/km	31 DEG C dB/L	20 DEG C dB/L	20 DEG C dB@20C/km	MEETS SPEC?
MIN IND		18.77	18.43	25.56	
MAX IND	29.87	19.57	19.21	26.64	OK
AVG	28.46	19.10	18.75	26.00	OK
STD		0.21	0.21	0.29	

NUMBER OF PAIRS MEASURED = 25

SUMMARY: ELFEXT @ 1000kHz - UNIT # 1 ALT-ADJ

	SPEC VALUE dB/km	MEAS VALUE		MEETS SPEC?
		dB/L	dB/km	
MIN IND	35.0	44.8	43.4	OK
MAX IND		50.9	49.5	
AVG	58.0	58.0	56.6	OUT
STD		8.4	8.4	
RMS		53.0	51.0	
1SWT		44.8	43.4	
AVG- 5		49.6	48.2	

NUMBER OF COMBINATIONS MEASURED = 17

INDECO

RE.04.O.20

PARAMETROS ELECTRICOS-DIMENSIONALES CABLES TELEFONICOS

CONTROL DE CALIDAD

INSPECTOR

VILLACRES

Producto: CB-ELALD-JF 1200Px0.4 mm (12PR) (02)	Norma: L DE TELECOMU	No de Prueba: 4-88409
Cliente: NARVAEZ Y NOBOA COM E IN	Pedido: 1640	Entrega: 11.11.2009
Observaciones: 0	Nº Especificación: PA172002013	CODIGO: 100009*0
O.P.: 1017727.00	Longitud (m): 251	Temp °C: 20
		Fecha: 09-10-19

RESISTENCIA DE AISLACION				ESPESOR DE CUBIERTA (mm)				MEMBRANA SEPARADORA (mm)					
(Min: 10 000	MΩ·Km a 20°C)	EXTERIOR (mm)		MENSAJERO (mm)		ALTO (mm)		ANCHO (mm)					
Unidad	Par	A: MΩ	B: MΩ	Fr	MP: 1.20	Fr	MP: 0.60	Min: 0.00	Max: 0.00	Min: 0.60	Max: 0.00		
16	4	78 000	82 000		Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	
	8	80 000	86 000		1.60	1.70							
	10	82 000	80 000		1.70	1.70							
	22	96 000	78 000		1.90	1.80			1 Pro.		1 Pro.		
	25	76 000	84 000		2.00	2.00			1 Pro.		1 Pro.		
					2.20	2.00							
TRASLAPE DE PANTALLA: 6 mm													
				Oval	1	Oval	0	Oval					
				Fr.	1.88	Fr.	1.84	Fr.					
				1 Pro.	1.60	1 Pro.	1.70	1 Pro.	1 Pro.	Fr. Sup.	8.60	Fr. Inf.	9.50
				Max	0 Ctb Ext (mm)	50.2	O Pantalla (mm)	O Cinta (mm)	44.75	FIGURA 8			
				Pta. Sup.		Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	(mm)	Alto	Ancho
					53.3	53.6			46.1	46.3	P.I		
Minimo:	19 076 (MΩ·Km a 20°C)	Resistencia Electrica max:				(Ω·Km a 20°C)				P.S			

DIAMETROS DEL ALAMBRE AISLADO

Par No	DIAMETRO (mm)					15 % Elong.	Par No	DIAMETRO (mm)					15 % Elong.
	COBRE		AISLAMIENTO					COBRE		AISLAMIENTO			
	0.396	0.404	0.720	0.740	Excent			0.396	0.404	0.720	0.740	Excent	
1	0.405	0.402	0.722	0.737	-0.015	14	0.400	0.401	0.723	0.732	-0.009		
2	0.401	0.402	0.721	0.726	-0.005	15	0.401	0.402	0.722	0.726	-0.004		
3	0.401	0.400	0.723	0.735	-0.012	16	0.401	0.401	0.726	0.728	-0.002		
4	0.401	0.402	0.731	0.725	0.006	17	0.400	0.401	0.722	0.721	0.001		
5	0.401	0.400	0.726	0.722	0.004	18	0.400	0.401	0.725	0.732	-0.009		
6	0.400	0.401	0.722	0.733	-0.011	19	0.401	0.402	0.732	0.724	0.008		
7	0.401	0.402	0.736	0.730	0.006	20	0.402	0.400	0.725	0.722	0.003		
8	0.400	0.401	0.723	0.726	-0.003	19 20	21	0.401	0.402	0.723	0.730	-0.007	
9	0.401	0.402	0.726	0.728	-0.002	22	0.401	0.402	0.722	0.736	-0.014	20 18	
10	0.400	0.401	0.721	0.725	-0.002	18 19	23	0.401	0.402	0.725	0.722	0.003	
11	0.401	0.402	0.726	0.725	0.003	24	0.400	0.401	0.721	0.734	-0.013		
12	0.401	0.401	0.722	0.728	-0.006	25	0.401	0.402	0.723	0.725	-0.002	19 20	
13	0.402	0.401	0.724	0.727	-0.003	26							

MATRICULA Nº	CARRETE	Nº PRUEBA	LONG.	PNC DESTINO	DCM	P. BRUTO	TARA	P. NETO	INSPECTOR
TC17 B95200	4	4-88409	251 mts	OK	3081	1419	258	1161	VILLACRES
TC17 B952025	5	4-88488	259 mts	OK		1378	262	1116	VILLACRES
TC17 B95199	6	4-88465	257 mts	OK		1351	263	1088	VILLACRES
TC15 B95203	7	4-88466	142 mts	OK		853	248	605	VILLACRES

Resultados de ensayos de un cable de 2,400 pares

PAGINA 1
TEST REPORT COPYRIGHT
©1993.1994 DEW INDUSTRIES, INC.

* I N D E C O S.A. UNIDAD DE CABLES TELEFONICOS * BE.10.0.2:

TIPO: 2400-4 -P/C/T/E CLIENTE: TELEFONICA DEL PERU
 PRODUCTO: PECSAT-R 2109Pa-4km ESPECIFICACION: PA17209202N-01 FECHA: 26/ 8/2009 14:05
 BOBINA NO: CK24B92558 ORDEN DE FAB: 1012528 OPERADOR: JEGC
 LONG.(METS): 503.0 NUMERO DE PRUEBA: 4-76531 (01) RASTROUR ID.: A/B 01/01
 TEMPERATURA(GRAD C): 26.0 UNIDADES PROBADAS: UVI-01
 PARES ENSAY.: 25 GRUPOS: ? ARCHIVO R: DA3041
 CONSTRUCCION: 25 REPORTE: PMSM,RESU(GRUPO) EMPEZANDO EN EL PAR NO.: 76
 SPEC(30): GRUPO TELEFONICA CABLES NUCLEO RELENO AISLAMIENTO DUAL

RESUMEN: DE RES. COND. Y DESB. RES. A 20 GRAD C - GRUPO Pr 1

	VALOR NORMAL		VALOR MEDIDO		RES COND DESB %	CUMPLE NORMA?
	RES COND ohm/km	DESB RES %	ohm/L	ohm/km		
MIN IND			71.15	138.19	.03	
MAX IND	114.20	5.00	74.27	143.86	2.22	OK
PROM		1.50	72.09	140.82	.63	OK
DESV STD			.55	1.25	.61	

NUMERO DE CONDUCTORES = 50

RESUMEN: CAPACIDAD MUTUA - GRUPO Pr 1

	VALOR NORMAL	VALOR MEDIDO		CUMPLE NORMA?
	nF/km	nF/L	nF/km	
MIN IND		26.04	51.78	
MAX IND	58.00	26.77	52.22	OK
PROM	49.03 - 55.00	26.28	52.25	OK
DESV STD		.18	.37	
NRMS DEV		.7034 %	.7019 %	

NUMERO DE PARES MEDIDOS = 25

CONTINUIDAD : Conductores OK Pantalla OK
 TENSION ELECT.: Conductores OK Pantalla OK
 PENETRACION : OK

RESUMEN: DESB. CAPAC DE PAR A TIERRA - GRUPO Pt 1

	VALOR NORMA	VALOR MEDIDO		CUMPLE NORMA?
	pF/km	pF/L	pF/km	
MIN IND		14.	29.	
MAX IND	2635.	526.	1047.	OK
PROM	574.	151.	309.	OK
DESV STD		114.	226.	
RMS		188.	373.	

NUMERO DE PARES MEDIDOS = 25

RESUMEN: DC PAR A PAR @ 1000 Hz - GRUPO Pt 1 ALT-ADT

	VALOR NORMA	VALOR MEDIDO		CUMPLE NORMA?
	pF/km	pF/L	pF/km	
MIN IND		.0	.0	
MAX IND		51.0	71.9	
PROM		10.6	14.9	
DESV STD		9.8	13.9	
RMS	45.0	14.4	20.4	OK

NUMERO DE COMBINACIONES MEDIDAS = 74

NUMERO DE COMBINACIONES NO IMPRESAS = 11

LIMITE MINIMO (pF) = 10

RESUMEN: ATENUACION @ 800Hz - GRUPO Pt 1

	VALOR NORMA	26.0 GRAD C	20 GRAD C	20 GRAD C	CUMPLE NORMA?
	dBW/20C/km	dB/L	dB/L	dBW/20C/km	
MIN IND		.84	.83	1.65	
MAX IND	1.89	.86	.85	1.69	OK
PROM	1.72	.85	.84	1.67	OK
DESV STD		.00	.00	.01	

NUMERO DE PARES MEDIDOS = 25

RESUMEN: ATENUACION @ 1000kHz - GRUPO Pt 1

	VALOR NORMA dB@20C/km	26.0 GRAD C dB/L	20 GRAD C dB/L	20 GRAD C dB@20C/km	CUMPLE NORMA?
MIN IND		12.89	12.76	25.37	
MAX IND	28.16	13.27	13.14	26.12	OK
PRGM	26.85	13.08	12.95	25.74	OK
DESV STD		.89	.89	.18	

NUMERO DE PARES MEDIDOS = 25

POWERSUMS: RESUMEN DE (EF) @ 1000kHz - GRUPOS Pt 1

	VALOR NORMA dB/ 305m	VALOR MEDIDO dB/L dB/ 305m		CUMPLE NORMA?
AVERAGE POWERSUM	44.50	45.54	47.71	OK
GRAND POWERSUM		34.21	35.38	
WORST POWERSUM	40.40	42.72	44.89	OK

POWERSUMS: RESUMEN DE (ON) @ 1000kHz - GRUPOS Pt 1

	VALOR NORMA dB/ 305m	VALOR MEDIDO dB/L dB/ 305m		CUMPLE NORMA?
AVERAGE POWERSUM	45.20	48.64	48.64	OK
GRAND POWERSUM		37.16	37.16	
WORST POWERSUM	40.10	44.41	44.41	OK

* MEDIDA FUERA DE TOLERANCIA

** CONTROL DE PLANTA - NO CAUSANTE DE RECHAZO

TIEMPO TOTAL DE MEDICION: 0 HRS 5 MINS 6 SEGS

FIN DEL REPORTE

INDECO

RE.10.O.20

PARAMETROS ELECTRICOS-DIMENSIONALES CABLES TELEFONICOS
CONTROL DE CALIDADINSPECTOR **CABALLERO**

Producto: CB/PECSAT-R 2400Px0.4 mm (24PP) (12PR) (Norma	GT.ER.f5.002	No de Prueba:	4-76531
Cliente TELEFONICA DEL PERU - REY	Pedido	3000	Entrega	06.07.2009
Observaciones			CODIGO	10000908
O.P. 1012528	Nº Especificación:	Longitud (m):	Temp °C:	Fecha:
	PA17200202X	504	26	09-08-26
			R.E. R.A.	

RESISTENCIA DE AISLACION				ESPESOR DE CUBIERTA (mm)				MEMBRANA SEPARADORA (mm)				
Min	10 000	MΩ-Km a 20°C		EXTERIOR (mm)		MENSAJERO (mm)		ALTO (mm)		ANCHO (mm)		
Unidad	Par	A: MΩ	B: MΩ	Pr.	MP:	Pr.	MP:	Min:	Máx:	Min:	Máx:	
1	2	72 000	94 000	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	
	4	64 000	100 000	2.80	2.40							
	6	70 000	86 000	2.60	2.80							
	8	58 000	98 000	3.00	2.60			1 Pto:		1 Pto:		
	12	72 000	84 000	3.20	2.80			Prom:		Prom:		
TRASLAPES DE PANTALLA: 6 mm												
				Oval	1	Oval	0	Oval	Oval			
				Pr.	2.90	Pr.	2.65	Pr.	Pr.			
				1 Pto:	2.60	1 Pto:	2.40	1 Pto:	1 Pto:	Pta. Sup.:	10.00	
				Max	O Cub.Ext (mm)	82	O Pantalla (mm)	O Cinta (mm)			FIGURA 8	
				Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	Pta. Sup.	Pta. Inf.	(mm)	Alto	
				73.5	74.2						Ancho	
										P.I		
										P.S		
Minimo:	41 490	(MΩ-Km a 20°C)		Resistencia Eléctrica max:				144.2	(Ω-Km a 20°C)			

DIAMETROS DEL ALAMBRE AISLADO

Par No	DIAMETRO (mm)					12 % Elong.	Par No	DIAMETRO (mm)					12 % Elong.
	COBRE		AISLAMIENTO					COBRE		AISLAMIENTO			
	A	B	A	B	Excent			A	B	A	B	Excent	
1							14						
2	0.400	0.397	0.725	0.723	0.002	20	20	15					
3							16						
4	0.398	0.396	0.722	0.723	-0.003	18	16	17					
5							18						
6	0.400	0.401	0.728	0.726	0.002	18	20	19					
7							20						
8	0.402	0.398	0.726	0.722	0.004	22	18	21					
9							22						
10							23						
11							24						
12	0.396	0.400	0.722	0.726	-0.004	16	18	25					
13							26						

ANEXO D

LÍNEAS EN SERVICIO 1,993-2,008 y GLOSARIO

LÍNEAS EN SERVICIO Y DENSIDAD EN LA TELEFONÍA FIJA Y MÓVIL:
1993 - 2008 */

AÑO	FIJA		MÓVIL	
	LÍNEAS EN SERVICIO (1)	DENSIDAD TELEFÓNICA (2)	LÍNEAS EN SERVICIO (3)	DENSIDAD TELEFÓNICA (2)
1993	664 989	2.9	36 000	0.2
1994	759 191	3.2	52 000	0.2
1995	1 088 176	4.5	75 397	0.3
1996	1 332 356	5.5	201 895	0.8
1997	1 537 341	6.2	435 706	1.8
1998	1 553 874	6.1	736 294	2.9
1999	1 609 884	6.3	1 045 710	4.1
2000	1 617 582	6.2	1 339 667	5.1
2001	1 570 956	5.9	1 793 284	6.8
2002	1 656 624	6.1	2 306 943	8.6
2003	1 839 165	6.7	2 930 343	10.7
2004	2 049 822	7.4	4 092 558	14.8
2005	2 250 922	8.3	5 583 356	20.5
2006	2 400 604	8.7	8 772 154	31.7
2007	2 673 352	9.6	15 417 247	55.6
2008 */	2 811 956	9.8	19 572 603	68.4

*/: La información es acumulada al tercer trimestre del año 2008.

(1) Sólo incluye líneas en servicio de abonado.

(2) Líneas en servicio por cada 100 habitantes, considerando las proyecciones de población del INEI.

(3) Incluye telefonía móvil celular, servicio de comunicaciones personales (PCS) y troncalizado digital.

FUENTE: Dirección General de Regulación y Asuntos Internacionales de Comunicaciones - MTC

ELABORACION: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto - Oficina de Estadística - MTC

Glosario de términos:

ANSI: American National Standard Institute.

Crosstalk: diafonía.

Diafonía: interferencia de una señal no deseada.

DSL: “digital subscrip line”; línea digital para abonados de servicios de banda ancha (internet).

Elfext: “equal level far end crosstalk”; diafonía de extremo lejano o telediafonía.

Estanquidad: cerrado, incomunicado; cualidad de la combinación pantalla y cubierta de los cables telefónicos de mantener cerrado y hermético el núcleo del cable.

Extrusión: proceso en el que se aplica una capa de plástico por lo general cilíndrica.

Foam: “espuma”; se emplea para designar al aislamiento con intersticios de aire.

Group twinner: “pareador en grupo”; equipo que para y cablea los pares simultáneamente.

ICEA: Insulated Cable Engineers Association (USA)

Inext: “in near end crosstalk”; diafonía de extremo cercano medido en el extremo interno.

ITINTEC: Instituto Nacional de Normas Técnicas (PERÚ)

Jelly: “gelatina”; compuesto a base de petrolato que se usa para rellenar los cables.

LAN: “local areal network”; red de área local.

Onext: “out near end crosstalk”; diafonía de extremo cercano medido en el extremo externo.

Pape: denominación de cables telefónicos multipares redondos aislados con polietileno sólido y cubiertos con una pantalla de aluminio y chaqueta de polietileno.

Pap-8: similar al pape, pero con portante de acero formando dos círculos en forma de 8.

Paso (pareado, cableado): distancia longitudinal que recorre un elemento para dar una vuelta o revolución.

Pecsat-r: cable telefónico multipar con aislamiento de polietileno expandido o celular y capa de polietileno sólido (foam skin); núcleo relleno pantalla de aluminio y cubierta de polietileno.

REA: Rural Electrification Administration (USA)

Skin: “piel”; se utiliza para designar la capa sólida en aislamientos foam-skin.

Trefilación: proceso en el cual se reduce el diámetro y la sección de un metal por estiramiento.

Vernier o pie de rey: instrumento de medición con una precisión de $1/20$ de mm.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Leo M. Chatter: A guide to electrical specification requirements for multipair telephone cables; 1980.
- 2) S. Windeler: "Design of polyethylene insulated multipair telephone cables"; Bell Telephone Laboratories; 1959.
- 3) Dr James S. Tyler: "The Universal cable design for the outside plant"; 1980.
- 4) Mr. Harish Taneja, Mr. Gyanendra Singh Baghel, Mr. D. ravindranath, Mr. R.C. Saxena, Mr. D. P. Murthy: "Impact of low dielectric jelly on twisted pair copper cable".
- 5) REA PE-89: "Specification for filled telephone cables with expanded insulation".
- 6) CPT S.A. N-106-1090: "Cable con aislamiento de polietileno celular, sólido y núcleo relleno para instalaciones subterráneas en ductos".
- 7) Telefónica S.A. GT.ER.f5.002: "Cables con núcleo relleno".
- 8) ANSI/ICEA S-84-608: "Standard for telecommunications cable filled, polyolefin insulated, copper conductor".
- 9) ITINTEC 370.204: "Cables telefónicos urbanos con aislamiento de polioetileno o copolímero, cubierta de polietileno para instalación aérea o en ducto".
- 10) ITINTEC 370.049: "Cable telefónico multipar con aislamiento de polietileno sólido y núcleo relleno".
- 11) Paul Z. Vanderlaan: "Optimization of high performance Unshielded twisted pair media", 1994 IWCS Proceedings.
- 12) Leonardo Silverio, Helio José Durigan, Antonio Carlos Silva: "High performance xDSL Hybrid Cable"