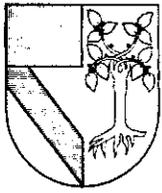


308917

28  
2ej  
i.v.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA  
REDUCIR EL DESPERDICIO DE COBRE EN UNA PLANTA DE  
CABLES TELEFONICOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

MAURICIO VACA GOMEZ

DIRECTOR DE TESIS: JOSE ANTONIO CASTRO D'FRANCHIS

MEXICO D.F.

MAYO 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

272300



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Le doy gracias a Dios que me ha permitido llegar hasta este punto tan importante en mi vida.

A mis padres, que aún en los momentos más difíciles e inciertos nunca me negaron su apoyo incondicional. Les estoy eternamente agradecido.

A mi esposa ILEANA e hijos MAU y LALO que le dan la razón y trascendencia a mi vida.

A mis hermanos: Alfonso y Maru

Francisco y Car

Ceci y David

Rosario y Rodrigo

Luis

Carlos

Euri y Susan

Para que siempre nos mantengamos unidos.

A todos mis maestros y compañeros que estuvieron a mi lado y juntos aprendimos.

Gracias Toño, por todo el apoyo que me diste a lo largo de toda mi carrera.

## **INDICE GENERAL**

**Página**

### **INTRODUCCION**

**1**

## **CAPITULO I : GENERALIDADES**

<b>1.1 La red telefónica de cables de cobre</b>	<b>3</b>
1.1.1 La red telefónica urbana	5
<b>1.2 Principios básicos del circuito de transmisión</b>	<b>8</b>
1.2.1 Resistencia	11
1.2.2 Conductancia	14
1.2.3 Capacitancia mutua	14
1.2.4 Inductancia	14
<b>1.3 Parámetros de transmisión o secundarios</b>	<b>15</b>
1.3.1 Impedancia característica	15
1.3.2 Atenuación de un cable	15
1.3.3 Defasamiento de la señal	16
1.3.4 El desbalance capacitivo y diafonía (cross-talk)	16
<b>1.4 El espectro de frecuencias de transmisión</b>	<b>22</b>
<b>1.5 Características de los conductores</b>	<b>23</b>
<b>1.6 Escala AWG y milimétrica</b>	<b>29</b>

## INDICE GENERAL

Página

### CAPITULO 2: PROCESO DE FABRICACION DE UN CABLE TELEFONICO DE COBRE

2.1 Estirado y aislamiento en tandem de un alambre de cobre	33
2.1.1 Componentes de una línea de estirado-extrusión	
de alta velocidad	34
2.1.1.1 Desenrollador	36
2.1.1.2 Bloque de estirado o caja de estirado	38
2.1.1.3 Dancer	44
2.1.1.4 Recocedor	44
2.1.1.5 Extrusor principal y auxiliar	56
2.1.1.6 Extrusor auxiliar: cable <i>foam-skin</i>	61
2.1.1.7 Herramientales de extrusión	62
2.2 Pareado y cableado	69
2.3 Reunido y cubiertas	71

## INDICE GENERAL

Página

### **CAPITULO 3: EL PROBLEMA DEL DESPERDICIO EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL CABLE TELEFONICO DE COBRE**

3.1 Diagnóstico del desperdicio generado en el proceso	73
3.2 Sistema tradicional de control	76
3.2.1 Estirado-aislamiento tandem	76
3.2.2 Cableado	79
3.2.3 Reunido-cubiertas	81
3.2.4 Reporte mensual de desperdicio	81
3.2.5 Diagnóstico del sistema tradicional de desperdicio	84
3.3 Un sistema de control útil, confiable y oportuno	86
3.3.1 Precisión	86
3.3.2 Veracidad	87
3.3.3 Oportunidad	88
3.3.4 Práctico y sencillo	89

## **INDICE GENERAL**

**Página**

### **CAPITULO 4: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL**

4.1 Modificación del reporte de desperdicio	91
4.2 Estirado y aislamiento tandem	95
4.2.1 Sistema electrónico de identificación de materiales	96
4.2.2 Procedimiento de descarga de información en el módulo de desperdicio	98
4.3 Sobrantes de cableado	105
4.4 Establecimiento de metas	108

### **CAPITULO 5: ACCIONES CORRECTIVAS Y RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL**

5.1 Estirado y aislamiento	110
5.1.1 Control de temperatura en el espumado de foam-skin	111
5.1.1.1 Simulación del sistema de control de temperatura	114
5.1.2 Medición de la temperatura del cobre	117
5.1.3 Instalación de una gráfica de advertencia	119

**INDICE GENERAL**

**Página**

5.2 Sobrantes de cableado

122

5.3 Resultados

123

**CONCLUSIONES**

127

**BIBLIOGRAFIA**

129

## INTRODUCCION

La ingeniería es una disciplina mental de desarrollo de ideas, que tiene por finalidad resolver problemas prácticos. Las herramientas de análisis que permiten al ingeniero depurar y aplicar sus ideas de solución a la problemática son modelos matemáticos, físicos y estadísticos.

Todo trabajo de ingeniería debe partir de un planteamiento claro y sistemático de la problemática a analizar, para que la totalidad de los factores que influyen en el problema puedan ser sometidos a los procedimientos adecuados de discernimiento.

El boceto y lluvia de ideas tienen una importancia preponderante en la actividad ingenieril, ya que muchas soluciones propuestas, que en un principio podrían sonar imposibles o imprácticas, suelen convertirse en las mejores opciones, una vez que han sido sometidas a posteriores análisis de mayor profundidad.

El presente trabajo aborda cada uno de los planteamientos antes mencionados. En el capítulo uno se da una idea general de la materia a tratar que son los cables telefónicos.

Dentro de esta materia existe un proceso de fabricación que se detalla en el capítulo dos. Con estos dos capítulos se fundamentan una serie de acciones correctivas que son el instrumento para lograr un ahorro económico a la empresa. Estas acciones correctivas así como sus resultados se detallan en el capítulo cinco.

La base de este trabajo es el planteamiento de un problema real, que existía en una planta productiva, el cual se aborda en el capítulo tres. Este problema es la falta de control del desperdicio de cobre y por lo tanto la falta de información para sustentar acciones concretas para reducir el desperdicio a lo largo del proceso.

El objetivo del trabajo es la correcta implementación de un sistema de control que tenga como resultado información que guíe acciones para la reducción del desperdicio.

Los resultados positivos esperados de esta implementación se ven reflejados en el capítulo cinco.

## **CAPITULO I. GENERALIDADES**

El presente capítulo tiene como objetivo el identificar las características principales de los cables telefónicos de cobre así como los diferentes tipos de redes de telefonía en que son utilizados; también se establecerán las características eléctricas básicas que determinan la calidad de fabricación y buen funcionamiento con que debe contar cualquier cable telefónico.

### **1.1 La red telefónica de cables de cobre**

La red telefónica brinda el servicio más difundido en la sociedad urbana actual. A pesar de las grandes ventajas de las fibras ópticas y los avances de los sistemas inalámbricos de comunicación, el par torcido de cobre es, hoy en día, entre los usuarios o abonados y la central que presta el servicio, un medio barato y confiable para la red telefónica de distribución.

Para lograr un buen desempeño, los cables telefónicos deben combinar las características eléctricas que permiten que sus pares sean líneas de transmisión adecuadas, con la

protección necesaria para un larga vida útil. En los cables de uso exterior la cubierta de polietileno negro está diseñada para resistir la exposición prolongada a la radiación solar, la humedad y otros agentes ambientales. En la figura 1.1 se puede observar un típico cable telefónico.

**Esquema de un cable doble armado  
relleno para uso directamente enterrado.**

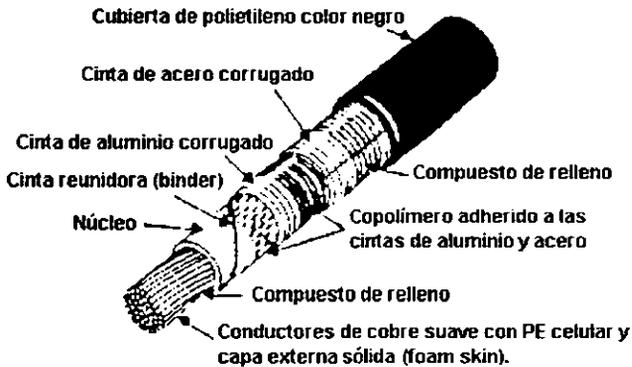


fig 1.1

En una instalación subterránea, con frecuencia los cables están sumergidos en agua. La cinta de aluminio de los cables, adherida a la cubierta de polietileno, es una barrera eficaz contra la humedad, que debe complementarse con un sistema de sobrepresión, evitando la entrada de agua en caso de daño a la cubierta. Si no es factible usar sobrepresión, es recomendable usar cables rellenos. Los cables hasta 300 pares de uso aéreo, cuentan con la opción de un mensajero de acero para facilitar la instalación.

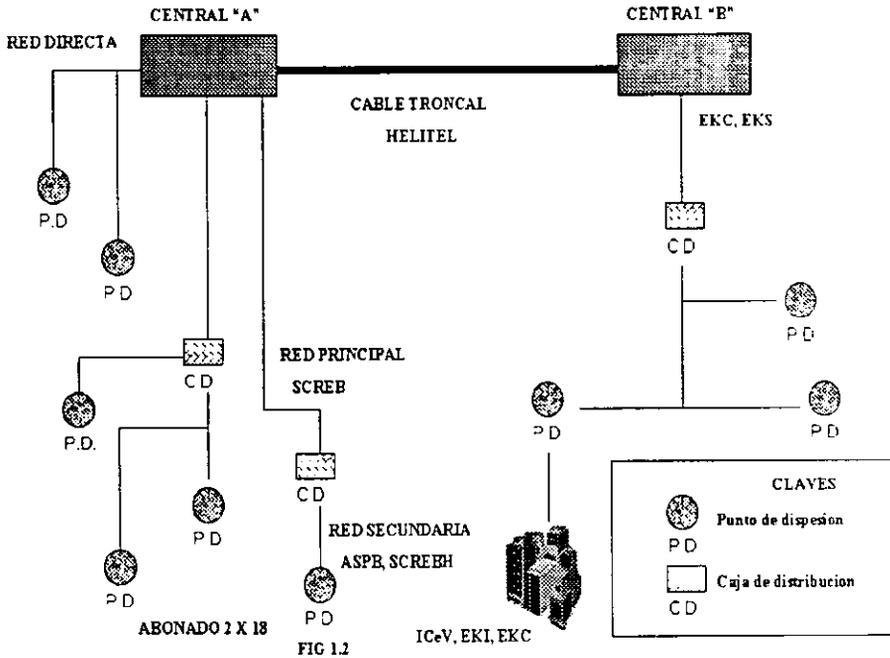
Para obtener las características eléctricas necesarias en distancias muy variadas, se deben cumplir con varios diámetros de conductor donde el aislamiento del mismo es de polietileno o polipropileno. Los cables para uso en interiores tienen casi siempre cubierta y aislamiento de PVC. Este material es menos resistente a la intemperie y eléctricamente no permite distancias tan grandes como el polietileno, pero resulta adecuado para su aplicación en cableados de edificios y casas habitación por la ventaja de no propagación de fuego en caso de incendio. Los cables de este tipo se usan para instalaciones de telefonía, interfonos y redes de datos de baja velocidad.

La conexión de la red externa con el usuario es llamada acometida telefónica. La forma común de realizarla es una forma aérea, con un solo par de conductores de cobre grueso (1.0 mm) para que soporte su propio peso y con aislamiento de PVC para intemperie. Existen variantes en esta aplicación para el caso de conexión subterránea o necesidades especiales, como blindaje eléctrico o grandes distancias de instalación. En este último caso, se usa conductor de acero recubierto de cobre o se agrega un mensajero de acero.

### **1.1.1 La red telefónica urbana**

Las redes telefónicas urbanas se componen de centrales telefónicas y de una serie de instalaciones para llegar hasta el último usuario (abonado) y poder así intercomunicarlo con otros. La central telefónica es el lugar donde se concentran las llamadas y se efectúan las comunicaciones. En la fig. 1.2 se puede observar una red típica urbana.

**RED TELEFONICA**



**a) Red troncal**

Es la red que intercomunica a dos centrales. En esta parte del sistema, los canales de la red no están asignados a un abonado o a un usuario específico, sino que se utiliza cualquier canal libre para transmitir. El número de pares o canales requeridos entre centrales se determina de acuerdo al número de llamadas entre las mismas. Los cables de la red troncal eran generalmente de tipo seco presurizados con aire seco para evitar el ingreso de humedad y pueden ir desde 900 hasta 1200 pares de cobre en calibres 22 AWG

(.64 mm) y calibre 24 AWG (.51). Lo anterior en virtud de que la distancia entre centrales puede ser considerable.

En esta etapa pueden usarse técnicas de multicanalización, es decir, transmitir varias señales por un mismo canal. Para este propósito, los cables MIC (Modulación de Impulsos Codificados) y los cables de fibra óptica son adecuados. Actualmente en México, todos las troncales se instalan en fibra óptica.

#### b) Red principal

En esta sección de la red que interconecta a la central telefónica con las cajas de distribución, las cuales se encargan de enviar la señal entre la central y los puntos de dispersión al abonado.

Esto origina la necesidad de contar con un par de conductores de cable para cada usuario, por lo que el cable utilizado para este propósito es de tipo polilam de hasta 2400 pares en el calibre 26 AWG (0.40 mm) en ductos de 100 mm o hasta 1800 del 26 en ductos de PVC de 75 mm.

#### c) Red secundaria

Es la parte de la red que interconecta a la caja de distribución con los puntos de dispersión, para llegar posteriormente al abonado. Esta sección es predominantemente aérea, es decir va entre postes. El cable utilizado para este fin es del tipo autosoportado ASPB. Cuando esta red tiene algunos puntos subterráneos, los cables adecuados son del

tipo polilam o SCREBH de hasta 300 pares, ya que esta es la capacidad de una caja de distribución.

En áreas suburbanas, con baja densidad de población puede no justificarse la construcción de canalización y haber alguna limitación para usar red aérea. En estos casos se puede usar un cable relleno y armado (SCREBhf) directamente enterrado.

#### d) Red de abonado

Es la sección de la red que lleva la señal de los puntos de dispersión hasta el usuario final, distribuyendo la línea telefónica dentro de la casa habitación o edificio. Esta parte cubre distancias muy cortas, aparte de haber sido diseñada para uso interior básicamente. El uso en interiores exige el cumplimiento de normas de seguridad contra incendios.

El cable que conecta la terminal de red pública con el usuario se llama de acometida; para red aérea se usa normalmente el cable 2 x 18, o un cable blindado en zonas con problemas de interferencia. También existen acometidas del tipo subterránea. Actualmente las compañías de servicio telefónico se encuentra estudiando la posibilidad de cambiar toda la red a una nueva que pueda ofrecer en un futuro la posibilidad de transmisión de audio, video y datos.

### 1.2 Principios básicos del circuito de transmisión

En los cables convencionales para comunicaciones, se necesita un conductor de ida y otro de retorno para cerrar el circuito eléctrico. Estos conductores generalmente van en

pares con los dos conductores torcidos entre sí; la capacidad de un cable se expresa en números de pares. En algunos países de Europa se usan cuadretes formados por 4 conductores torcidos entre sí; en un cuadrete se tienen pares independientes.

Otro arreglo común para alta frecuencia es el de 2 conductores concéntricos formando un cable coaxial. En la fig. 1.3 se pueden observar los diferentes tipos de arreglos así como la representación gráfica del circuito de transmisión.

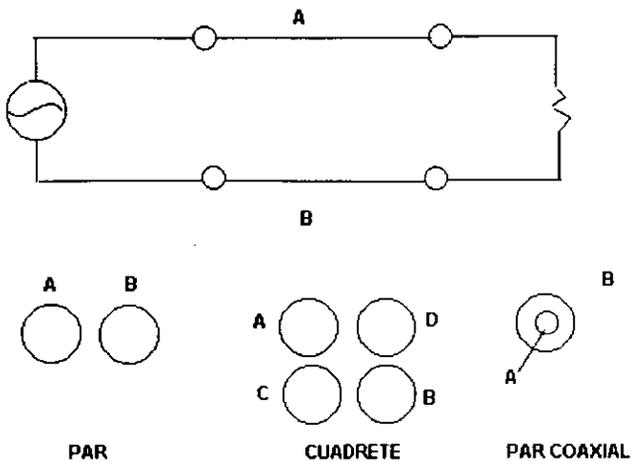
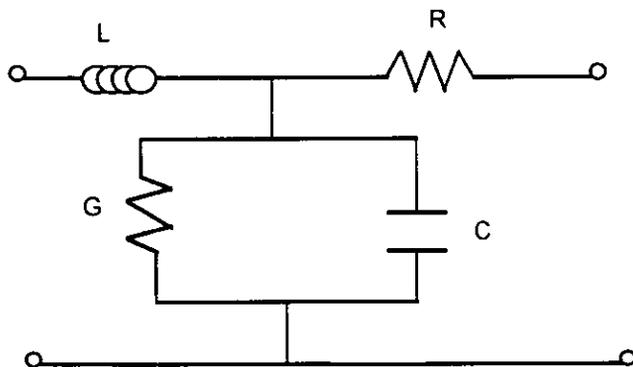


fig 1.3

También este circuito de transmisión puede representarse como un circuito equivalente (fig 1.4) el cual el consta de una fuente de energía, un transmisor, una línea de transmisión y un receptor. Los cuatro elementos del circuito equivalente representan los parámetros eléctricos primarios: resistencia (R), capacitancia mutua(C), conductancia(G) e inductancia(L)



- L = Inductancia del par
- R = Resistencia del conductor
- G = Conductancia
- C = Capacitancia del par

fig 1.4

### 1.2.1 Resistencia ( R )

Es la oposición que presenta el conductor al paso de la corriente. Al vencer la resistencia del conductor se produce calor, lo cual implica una pérdida de energía. Es inversamente proporcional al área de la sección transversal del conductor. Al vencer la corriente la resistencia del conductor se produce calor, lo cual implica una pérdida de energía. La resistencia a corriente directa, también llamada resistencia óhmica, que es la que se especifica en las normas.

#### Resistencia óhmica

La resistencia óhmica es la oposición que presenta al flujo de electrones un conductor eléctrico.

La resistencia a corriente directa de un conductor eléctrico, formado por un alambre de cualquier material está expresado por la siguiente fórmula:

$$R_{cc} = P \cdot (L/A)$$

en donde: L= Longitud del Conductor

A= Area seccional del Conductor

P= Resistividad volumétrica del material del conductor o resistencia específica

El valor de la resistividad por unidad de masa para el cobre que ha normalizado la IACS (International Association Copper Standard) a 20°C y 100% de conductividad es 0.15328 ohm -gramo/m<sup>2</sup>. Para su aplicación práctica, la resistividad se suele dar por volumen.

Los valores más usados en diferentes sistemas de unidades son:

1.7241  $\mu$ ohms - cm

0.67879  $\mu$ ohms - pulgadas

10.371 omhs - cm / pie\*\*

17.241 omhs - mm<sup>2</sup>/Km\*\*

\*\* Estos son los valores más utilizados para el cálculo de la resistencia de conductores eléctricos.

Los valores para el aluminio grado EC con 61% de conductividad a 20°C según IACS, son:

2.828  $\mu$ ohms - cm

1.1128  $\mu$ ohms - pulgadas

17.002 cm / pie\*\*

28.28 omhs - mm<sup>2</sup>/Km\*\*

Cuando se trata de conductores cableados, la resistencia a la corriente se incrementa, ya que la longitud de los hilos poseen una longitud mayor que las capas

inferiores, esto tiene como consecuencia un factor de cableado (kc) que determina el incremento de la resistencia:

$$R = P \cdot (L/A) \cdot K_c \quad \text{en ohms}$$

donde:  $K_c$  = incremento de la resistencia por efecto del cableado.

El factor de cableado depende del número de conductores, de la forma del conductor, de la clase de cableado y del paso de cableado.

Durante la operación de un cable, uno de los cambios más apreciables en sus componentes son los incrementos en resistencia, esto es debido a los cambios de temperatura, por lo tanto la resistencia ( $R_2$ ) a una temperatura cualquiera  $T_z$  en función de ( $R_1$ ) a una temperatura  $T_1$  distinta de 20 grados celcius estará dada por:

$$R_2 = R_1 \cdot \{1 + [\alpha \cdot (T_2 - T_1)]\}$$

Donde  $\alpha$  se denomina Coeficiente de corrección por temperatura a 20°C (68°F) [IACS] y es igual a:  $1/(T - 20^\circ\text{C})$  Donde T es el punto de intersección de la recta con el eje de las ordenadas y que va variando de acuerdo al material.

VALORES DE  $t$

MATERIAL	T
Cobre suave	234.5
Cobre semiduro	241.0
Cobre duro	245.3
Aluminio 6%	228.0
Bronce	313.3

### **1.2.2 Conductancia ( G )**

Representa la imperfección del dieléctrico para impedir el flujo de corriente. La conductancia a la corriente directa es el inverso de la resistencia del aislamiento. La conductancia a corriente alterna representa las pérdidas por corriente de fuga del capacitor.

### **1.2.3 Capacitancia mutua (C)**

Es la capacidad del aislamiento que separa a 2 conductores de almacenar energía en forma de campo eléctrico, cuando existe una diferencia de potencial entre dichos conductores.

Se expresa como la relación entre la carga eléctrica almacenada en el dieléctrico y la diferencia de tensión entre conductores.

### **1.2.4 Inductancia (L)**

La inductancia es una medida de qué tan intenso es el campo magnético creado por una cierta corriente en el conductor. La inductancia mutua indica qué efecto inductivo tiene entre sí los conductores de un par, y es función de la distancia que separa a dichos conductores.

### **1.3 Parámetros de transmisión o secundarios**

Representan el efecto que sufre la señal al viajar en el cable. También se les llama parámetros secundarios. Son consecuencia de interacción entre parámetros básicos del par.

#### **1.3.1 Impedancia característica (Z):**

En definición general es la oposición al paso de la corriente alterna. Consta de una parte real (o activa) que limita la magnitud de la corriente y una parte reactiva que determina el defasamiento de la misma, se expresa en Ohms. En un cable la relación entre la resistencia (parte activa) y la capacitancia e inductancia (parte reactiva) forman la impedancia característica que es independiente de la longitud pero varía con la frecuencia de la señal. A este parámetro se refieren las normas de cable, es importante especificarla porque la conexión del cable a equipos o componentes de impedancia distinta produce reflexión de señal.

#### **1.3.2 Atenuación de un cable ( $\alpha$ )**

Es la pérdida de energía que sufre una señal eléctrica conforme es transmitida a lo largo de un cable. La atenuación depende primordialmente de la frecuencia de transmisión, del material de los conductores, de la constante dieléctrica de los aislamientos y de las

dimensiones del cable, incluyendo la longitud. La atenuación se define como la relación logarítmica de la potencia inicial con la potencia final en una línea de transmisión.

### 1.3.3 Defasamiento de la señal ( $\beta$ ):

Es el retraso en fase que sufre la señal recibida con respecto a la señal original. Se debe a la capacitancia e inductancia del cable, varía con la frecuencia de la señal y su valor se determina por la constante de fase ( $\beta$ ).

### 1.3.4 El desbalance capacitivo y Diafonía (cross-talk)

#### Desbalance capacitivo

Como ya se mencionó antes la *capacitancia* es la propiedad que permite el almacenamiento de electricidad entre dos conductores aislados entre sí cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, es decir, es la propiedad de los conductores aislados de almacenar energía en forma de campos electrostáticos, así como la *capacitancia coaxial* es la capacidad de un conductor aislado o alma de almacenar energía eléctrica en sí mismo.

En polietileno sólido, la capacitancia coaxial va en función del diámetro sobre aislamiento debido a que la constante dieléctrica del plástico siempre es la misma; en el "foam skin", la capacitancia coaxial va en función de la cantidad de aire contenida dentro del alma (en las burbujas del polietileno espumoso), debido a que la constante dieléctrica del aire es diferente a la constante dieléctrica del polietileno.

Por lo tanto como su nombre lo indica, un desbalance, es una desigualdad o desequilibrio de capacitancias. Es la diferencia entre los valores de capacitancia de dos ramas de un circuito idealmente simétrico. Por ejemplo: en un cable blindado de conductores gemelos hay generalmente alguna desigualdad en los valores de capacitancia entre cada uno de los conductores y el blindaje; si el cable fuera perfectamente simétrico y uniforme en toda su longitud, habría igualdad absoluta entre dichos valores. En la fig. 1.5 podemos ver esto de un modo gráfico.

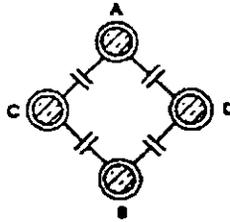
Una de las pruebas que se realizan más comúnmente es la prueba para determinar el valor de "desbalance capacitivo de par a tierra " de cada uno de los conductores, esta prueba se realiza conectando un par del cable a tierra y comparando el valor de desbalance capacitivo contra los demás pares del cable.

El desbalance capacitivo de par a tierra es la prueba eléctrica de más importancia en un cable debido a que es muy común y requiere de un monitoreo detallado. La falla de algunos de los pares en esta prueba tiene gran repercusión en el uso del cable como se describe a continuación.

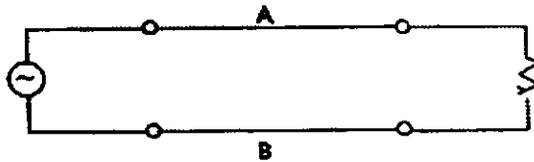
### **Diafonía o cross talk**

Entre dos circuitos telefónicos paralelos, a causa de la mutua inducción y de los desbalances capacitivos que existen entre los distintos conductores, se establecen acoplamientos electromagnéticos y electrostáticos que dan lugar a una transferencia recíproca de energía. Este paso de energía de un circuito (que induce o disturba) a otro (que es el disturbado) se llama "Diafonía" y puede llegar a ocasionar que una conversación

**DESBALANCE**



$$\text{DESBALANCE } \Delta C = C_{AC} + C_{CB} - C_{BD} - C_{DA}$$



$$\text{DESBALANCE } \Delta R = \frac{R_A - R_B}{R_A + R_B}$$

fig. 1.5

que se está transmitiendo sobre un par se oiga sobre otro par cercano. Este fenómeno aumenta con la frecuencia de la señal. Para el diseño del cable se toma en cuenta que el defecto de diafonía depende de la geometría del pareado y del cableado además de los desbalances. En la fig. 1.6 podemos observar esto de un modo gráfico.

Para aminorar los defectos, los desbalances deben mantenerse al minimo posible y los pasos de pareado deben ser cortos, parejos a lo largo del cable y distintos entre si en pares cercanos. Una técnica para disminuir el acoplamiento promedio entre los pares de un cable consiste en no dar posiciones fijas a los pares a lo largo de todo el cable, sino mezclar sus posiciones relativas en forma aleatoria, para esto se utilizan los posicionadores random en cableado.

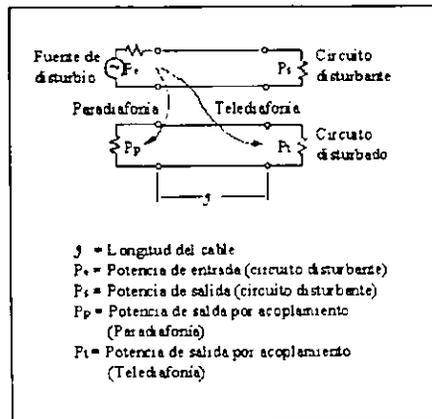


Fig 1.6

Los desbalances de capacitancia en un cable aumentan cuando existe cualquiera de las siguientes condiciones:

- Diferencias entre los diámetros de almas
- Diferencias en los espesores de aislamiento

- c) Torcido no uniforme de los pares
- d) Longitudes de paso similares de los pares
- e) Proximidad y paralelismo en los pares
- f) Diferencias en la capacitancia coaxial de las almas
- g) Mala impregnación en cables rellenos

Algunas definiciones en Diafonía son las siguientes:

**Fuente de disturbio:**

Puede ser un aparato telefónico, un repetidor de voz, etc.

**Par disturbante.**

Es el que está conectado a una fuente de disturbio.

**Par disturbado.**

Es aquel que recibe energía inducida por un par disturbante.

**Para-diafonía.**

Es la potencia inducida por el par disturbante y recibida en la terminal cercana por el par disturbado.

**Tele-diafonía.**

Es la potencia inducida por el par disturbante y recibida en la terminal lejana por el par disturbado.

Como se menciona anteriormente, uno de los factores necesarios para aminorar el efecto de la diafonía es reducir al mínimo los desbalances capacitivos, en especial el de par a tierra, por esta razón, se ha trabajado en mejorar el proceso en las diversas causas que interfieren en dichos desbalances.

Estudiosos del tema a lo largo del tiempo han encontrado que las principales causas que originan un desbalance de capacitancia son: mal centrado de los conductores, diámetro del conductor, diámetro del aislamiento y capacitancia coaxial. Se ha encontrado que las variables mencionadas son muy importantes añadiendo además: la baja adherencia del plástico en el conductor y los grumos, no obstante, el centrado en el conductor no presenta grandes problemas siempre y cuando no sea excesiva la excentricidad y la capacitancia coaxial, el diámetro del aislamiento y el diámetro de cobre estén dentro de valores nominales.

En especial se ha encontrado que la capacitancia coaxial es la más importante para garantizar la calidad del producto debido a que si se controla se mantiene un equilibrio electrostático en el alma; tomando en cuenta esto, nos enfocaremos principalmente al análisis del control de la capacitancia coaxial en el producto.

La diafonía aumenta con la frecuencia de la señal y depende de la geometría del pareado, del cableado, de los desbalances capacitivos y de la mutua inducción que existen entre los conductores. Para aminorar los efectos, los desbalances deben mantenerse al mínimo posible y los pasos de pareado deben de ser cortos, parejos a lo largo del cable y

distintos entre sí en pares cercanos. La estimación de la diafonía se hace por métodos estadísticos.

Para medir la diafonía se inyecta una señal de prueba en par y se mide la inducción en los pares vecinos. Si la lectura se hace en el extremo opuesto a donde se inyecta la señal se le llama telediafonía, así se hace en cables telefónicos. Si la lectura se hace en el mismo punto donde se inyecta la señal se le llama para-diafonía, así se hace en enlaces digitales.

#### **1.4 Espectro de frecuencias**

Entre los sistemas de comunicación tenemos algunos que son principalmente a base de cables tales como telefonía o datos y otros que se transmiten principalmente por aire y en los que el cable conecta sólo al transmisor o receptor con la antena, estos son radio AM y FM, televisión VHF y UHF, banda civil, radar, onda corta y microondas. Todos ellos de uso cotidiano. Al ir aumentando la frecuencia se pasa de los cables en pares a los coaxiales y después a las guías de onda.

En la figura 1.7 se muestra el espectro electromagnético que muestra en forma aproximada la sección del mismo que ocupan distintas señales y en la parte inferior los cables que se usan para transmitirlos.

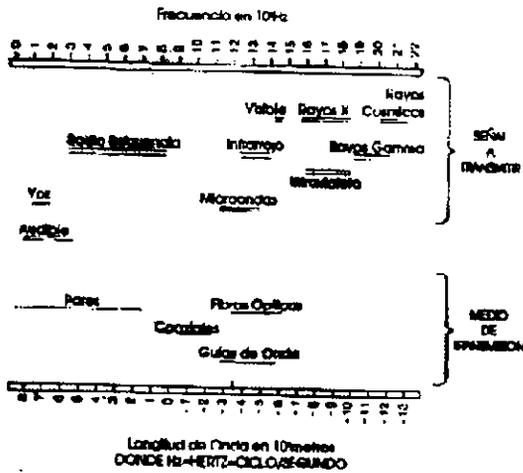


Fig. 1.7

Una sección del espectro de especial interés es la región óptica. En esta banda no se acostumbra diferenciar las señales por su frecuencia sino por la longitud de onda. Va desde la región de ultravioleta hasta el infrarrojo lejano. En este rango de frecuencias es donde se transmiten las señales por fibra óptica.

### 1.5 Características de los conductores

El cobre es el metal más común en los conductores para comunicación, el conductor sólido de cobre natural es la primera opción si la aplicación lo permite; se usa una cuerda cuando se necesita flexibilidad y cobre estañado cuando se va a usar soldadura o se quiere dar una protección contra la oxidación.

Otros conductores que se utilizan normalmente son:

- Aluminio en mallas de cables coaxiales en combinación con cintas aluminizadas, su conductividad eléctrica es aproximadamente el 60% de la del cobre suave.

- Acero recubierto de cobre en cables coaxiales o acometidas telefónicas, da una mayor resistencia a la tensión, su conductividad eléctrica es entre 20 y 40% de la del cobre suave, dependiendo de la proporción entre el área de acero y la de cobre.

El rápido crecimiento y los avances tecnológicos han creado una creciente demanda de conductores de alto desempeño y gran confiabilidad (high performance an reliability).

Para cumplir estos requerimientos la industria cablera ha desarrollado una gran variedad de conductores especiales que pueden satisfacer los requisitos más increíbles y nunca pensados; para que estos conductores cumplan con sus funciones deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- Conductividad eléctrica.

- 2.- Control de diámetro: es muy importante obtener un diámetro consistente que permita a su vez un espesor y un diámetro de aislamiento constante. Como producto terminado se requiere de control de adherencia entre el conductor y el aislamiento para que permita conectarlo.

- 3.- Control de peso.

4.-Vida flexible (flexlife): para aplicaciones que requieran gran resistencia a la flexión (ameses, mantenimiento e instalación) y/o sometidos a vibración.

5.- Esfuerzo mecánico: elongación, alargamiento.

6.- Conectorización (calidad en las terminaciones), los cables deberán terminarse soldados o con terminales.

7.-Estabilidad (física y mecánica): que las propiedades se mantengan durante la vida del conductor.

### **1.5.1 Materiales base para conductores**

Para aplicación de conductor eléctrico tenemos cuatro clases utilizadas actualmente.

Estos son en orden de importancia:

- Cobre
- Aleaciones de cobre
- Aluminio

#### **Cobre**

Existen tres tipos de cobre, "electrolitic tough pitch" (ETP) libre de oxígeno (OF) y "silver bearing". El cobre ETP, su nombre viene del proceso de refinación, es por mucho el más utilizado debido a su gran producción y su precio más bajo. Pero debido al significativo contenido de oxígeno, el cobre ETP es muy susceptible a la pérdida de la ductibilidad cuando se expone a atmósferas que contengan hidrógeno a temperaturas elevadas. Esta condición conocida como "Hydrogen embrittlement" ocurre cuando el hidrógeno se combina

con el oxígeno en el cobre. En esas aplicaciones especiales se utiliza cobre libre de oxígeno, como su nombre lo indica. No existe un cantidad significativa de oxígeno presente en el cobre y puede resistir una *embrittlement* en una atmósfera de hidrógeno a temperaturas superiores a los 400° C. Debido a la gran pureza del cobre ETP su conductividad es de aproximadamente 105% de conductividad (IACS).

El cobre "silver bearing" es prácticamente un cobre ETP o OF, porque contiene más de 30 onzas/ton. de plata . La adición de plata incrementa la temperatura de recocido del cobre, pero tiene muy poco efecto en las propiedades mecánicas o físicas.

En aplicaciones de conductores flexibles, los conductores a base de cobre generalmente tienen excelentes propiedades eléctricas exclusivas, superiores al 100% de conductividad IACS.

Debido a su sencilla fabricación, el control de diámetro y peso es sencillo. El esfuerzo de tensión es en promedio 38.000 ps. (262 N/mm<sup>2</sup>) o con 10 ó 12% de elongación.

#### Aleación a base de cobre

Para poder suministrar materiales con mejores propiedades mecánicas, se fabrican aleaciones en las que simplemente se agregan uno o más materiales al cobre, esto afecta la conductividad como veremos.

#### **-Cobre - Cadmio**

Cuando se trata térmicamente bien el cobre-cadmio tiene 90% de conductividad (IACS); tiene un promedio de esfuerzo mecánico de 60.000 psi (420 N/mm<sup>2</sup>) con 10% de elongación

#### **-Cobre - Cromo**

Tiene una conductividad de 85% (IACS) con un esfuerzo de tensión de 60.000 psi (420 N/mm<sup>2</sup>) con 10% de elongación. Su fabricación es muy complicada debido principalmente a su naturaleza abrasiva. Ocasionalmente no es bueno si tienen muchas variaciones en sus propiedades.

#### **-Cobre - Cadmio - Cromo (Aleación 135)**

Esta aleación es la más utilizada, principalmente para cables para avión, su uso se debe principalmente a su alta conductividad de esfuerzo mecánico y es fácil encontrarla en el mercado. La conductividad es de 90% (IACS) y su esfuerzo típico de 90.000 psi (480 N/mm<sup>2</sup>) con 70% de elongación.

#### **Aluminio**

El aluminio y las aleaciones de aluminio se utilizan ocasionalmente, es relativamente económico y su peso es menor. Tiene el problema de la terminación ya sea mecánica o soldada. Su conductividad es de 61% (IACS) con 15.000 psi (103 N/mm<sup>2</sup>) con 15% de elongación.

### **Recubrimientos metálicos**

En general el cobre es considerado como un conductor eléctrico, sin embargo tiene problemas en cuanto a la soldabilidad, resistencia de contacto, así como resistencia a elevadas temperaturas. Para compensar estas deficiencias los conductores se recubren con otros metales como plata, estaño, níquel, oro, así como aleaciones como níquel / estaño, níquel / plata.

### **Características de aislamientos y cubiertas**

En general los cables de comunicaciones para uso exterior su aislamiento es de poliolefinas: polietileno o polipropileno por sus propiedades eléctricas. Para cumplir con normas de seguridad en interiores se usa PVC o plásticos fluorados, se puede llegar a usar poliolefinas en interiores si se adicionan con retardantes de flama o se tiene una cubierta de PVC suficientemente gruesa. En comunicaciones no se usan hules u otros materiales termofijos.

A continuación se mencionan algunas propiedades de los plásticos antes mencionados:

#### **a) PVC**

Cloruro de polivinilo: existen algunas formulaciones que pueden tener un desempeño deseable desde temperaturas de  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta  $105^{\circ}\text{C}$ . Los compuestos estándar trabajan en un rango de  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta  $60^{\circ}\text{C}$ . Pueden diseñarse otras muchas formulaciones de PVC dependiendo de la aplicación final. Por esta razón, el compuesto puede cambiar notablemente en flexibilidad y propiedades eléctricas, así

como en costo. Los valores típicos de constante dieléctrica pueden variar desde 3.5 hasta 6.5, la resistencia de aislamiento varía con la temperatura ambiente.

b) Polietileno (sólido y celular)

Es un compuesto muy bueno para aislamiento en lo que se refiere a propiedades eléctricas. Posee una constante dieléctrica baja muy estable a altas frecuencias; así como una alta resistencia de aislamiento. En términos de flexibilidad, el polietileno puede ser clasificado como duro o muy duro, dependiendo del peso molecular y la densidad. El polietileno de baja densidad es el más flexible

## 1.6 Escala AWG y milimétrica

El sistema AWG fue inventado en Estados Unidos por J.R. Brown en 1875. Es también conocido como calibres Brown & Sharp, sus siglas significan: American Wire Gauge que es el sistema americano de calibres.

Este sistema es usado principalmente en Estados Unidos y Latinoamérica y sirve para asignar los diámetros a los conductores de cobre y sus aleaciones.

Los calibres o tamaños de alambre representan aproximadamente los pasos sucesivos en el proceso de estirado de alambre. Los números son retrogresivos, es decir un número grande denota un alambre delgado y viceversa. Todos estos calibres están

basados sobre una fórmula matemática, y para definirlos se le dio al calibre 4/0 AWG el diámetro de 0.460" y al calibre 36 AWG el diámetro de 0.005".

Los calibres intermedios están basados en una progresión geométrica la cual se define en 39 reducciones iguales de área entre el calibre 4/0 y el 36 y su relación entre calibre y calibre es la siguiente:

$$\sqrt[39]{\frac{0.460}{0.005}} = \sqrt[39]{92} = 1.12293$$

$$\sqrt[39]{\frac{0.005}{0.460}} = \sqrt[39]{1.09E-2} = .890527$$

Diámetro del siguiente número de calibre menor =  $D \times 1.122932$

Diámetro del siguiente número de calibre menor =  $D \times 0.890526$

De esta progresión geométrica se concluye que cada calibre representa un 20.5% de reducción de área y un 12.2 de reducción de diámetro.

Otros sistemas de calibres han sido usados por muchos años, pero su uso ha sido muy limitado en Estados Unidos. Sin embargo el sistema métrico o milimétrico de alambres está ampliamente aceptado en muchos países europeos especialmente en Alemania,

Francia, Italia e Inglaterra. En este sistema los tamaños de los calibres son especificados directamente por el diámetro en milímetros.

La base de este sistema es la asignación de números progresivos a los calibres progresivos llamando 0.1 mm al diámetro No. 1, 0.2 mm al diámetro No.2, etc.

La aceptación definitiva del sistema métrico presenta un problema en el intercambio de partes entre los Estados Unidos y los países de Europa, debido a que solamente un número mínimo (uno o dos calibres) de AWG coinciden directamente con los diámetros listados en el sistema métrico.

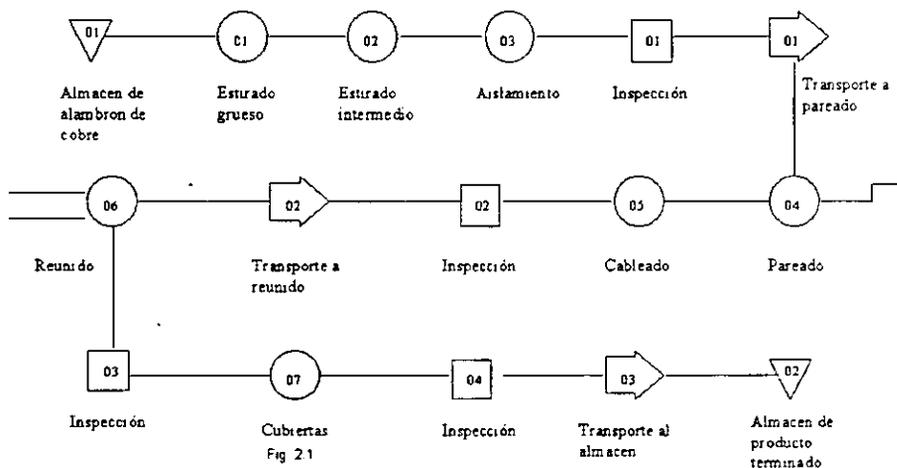
## CAPITULO 2: PROCESO DE FABRICACION DE UN CABLE TELEFONICO DE COBRE

El proceso de fabricación de un cable telefónico se compone básicamente de tres grandes procesos:

- a).- Estirado - Aislamiento
- b).- Cableado - Reunido
- c).- Cubiertas

En el siguiente capítulo se desarrollarán cada uno de estos pasos para la fabricación de un cable y se denotarán las particularidades de cada uno según sea la familia de cables que se vaya a fabricar. Cabe mencionar que se tratará con mayor precisión el proceso de estirado-aislamiento por ser en éste donde se genera la mayor parte del desperdicio. En el siguiente diagrama se puede observar todo el proceso de fabricación de un cable telefónico.

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA FABRICACION DE UN CABLE TELEFONICO



### 2.1. Estirado y asilamiento en tandem de un alambre de cobre

Este doble proceso es el primer paso para la elaboración de un "alma" que es la unidad básica en la construcción de un cable telefónico ya que un par de almas forman entre sí el circuito básico de transmisión: un emisor y un receptor. Es tan importante esta unidad que la producción en una planta de cables telefónicos se mide en millones de metros alma.

Las demandas actuales en la fabricación de cables telefónicos ha traído como consecuencia desarrollos de sistemas integrados de extrusión de alambres telefónicos con dispositivos automáticos de medición y control. En la actualidad estas instalaciones son capaces de operar con velocidades de producción de hasta 2000 - 2500 metros por minuto, mientras que hace 5 ó 10 años las velocidades comunes eran de 1000 a 1200 m/min. Las velocidades mayores a 2500 m/min. causan dificultades con la tensión del alambre, la extrusión, el enfriado y el embobinado.

Para obtener un producto de alta calidad todos los parámetros que influyen en el funcionamiento final del alambre deberán mantenerse bajo estrechos límites y esto sólo será posible cuando todas las condiciones tanto de la materia prima como del equipo de proceso se satisfacen.

En la fabricación de estas almas el proceso de estirado fino y aislamiento está en tandem, es decir en la misma máquina de estirado se acopla un extrusor que aísla el cable ya estirado, de esta manera no puede desligarse un proceso de otro ya que corren en la misma línea y a la misma velocidad.

#### **2.1.1.- Componentes de una línea de tandem esitrado-extrusión de alta velocidad**

Las líneas tandem de estirado-extruído consisten en varios componentes con cierta flexibilidad los cuales permiten manejar una variedad de especificaciones de alambres y materiales. Los componentes son los siguientes se pueden ver en la fig. 2.2.

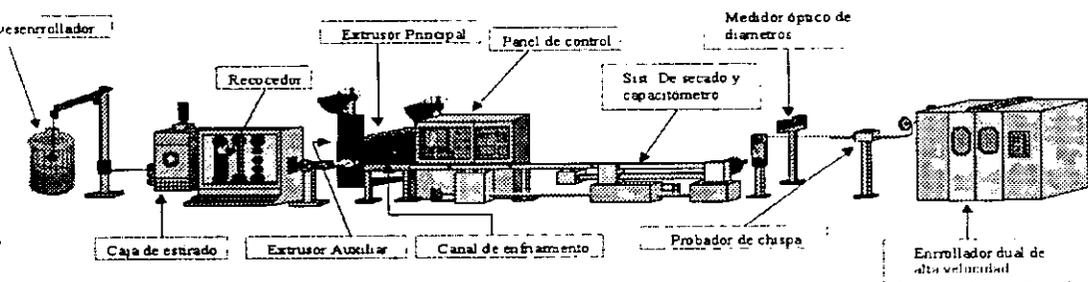


Fig. 2.2

- a) Desenrollador
- b) Máquina de estirado o bloque de estirado
- c) Transmisión
- d) Dancer
- e) Recolector
- f) Extrusor principal y auxiliar con sus dispositivos para pigmento c/u
- g) Canal de enfriamiento por rociado con sistema de agua de circuito cerrado y una sección móvil

- h) Sistema de enfriado multi-paso con enfriamiento por rociado y cabeza para medición de capacitancia
- l) Medidor óptico de diámetro
- j) Probador de chispa
- k) Enrollador dual automático de alta velocidad

a continuación describiremos los componentes más importantes de la línea.

#### **2.1.1.1.- Desenrollador:**

El desenrollador es el sistema que alimenta la máquina de estirado y se clasifica de acuerdo al tipo de material y calibre que se utilizará, sin embargo para el proceso de estirado de un cable telefónico sólo se utiliza el desenrollador para tonga de alambre o alambón. Este desenrollador funciona de la siguiente manera: en el caso de estirado grueso de alambre o alambón (así es como se recibe el material en la planta) se usa el cono de entrada que consiste en una campana tubular. La tonga se sitúa debajo del desenrollador y el alambre asciende en posición vertical hasta llegar a un rodillo donde el alambón gira dirigiéndose a los rodillos de alimentación del bloque de estirado (fig. 2.2).

Este tipo de desenrollador tiene montado un alambre de acero en la parte inferior de la campana formando un rectángulo perpendicular al eje de la misma, siendo su finalidad el parar el funcionamiento de la línea debido a la formación de una "coca", que es un doblez del alambre que de no detener la máquina puede provocar un reventón en el cobre y parar todo el proceso de estirado.

Una vez que ha terminado el proceso de estirado grueso el alambre ha pasado de 5/16" (7.93 mm) a calibre 9 (2.91 mm) y el material es depositado en una "tonga" que es la que se enseña en la fig. 2.2; es una estructura tubular en forma de tambor abierto por uno de sus extremos con un centro sujeto únicamente en su parte inferior. El alambroón se encuentra enrollado y flejado para que no se enrede el material. Estas tongas son llevadas de la máquina de estirado grueso a la de estirado fino mediante un montacargas.

Para dar una continuidad al proceso el material de una tonga se solda al de otra y así cuando se termina una inmediatamente se gira el desenrollador hacia la nueva y así no se tiene que detener la operación.

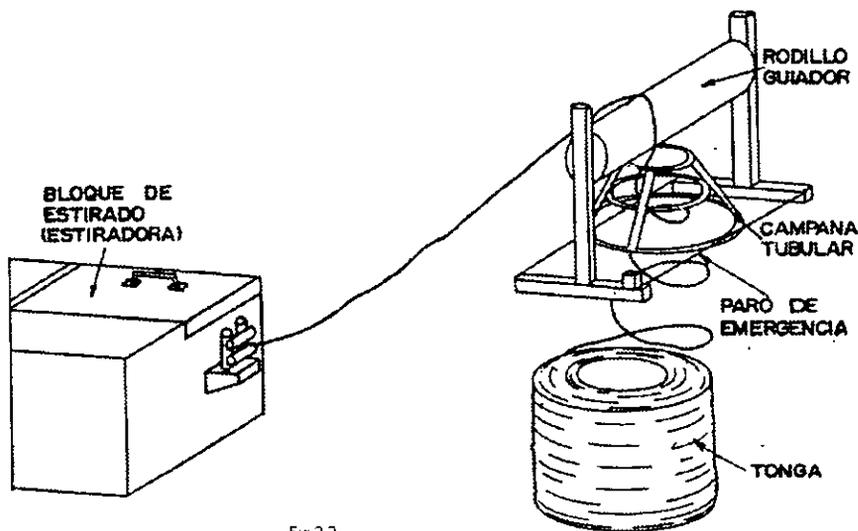


Fig.2.2

### 2.1.1.2.- Bloque de estirado o caja de estirado

El proceso de estirado o trefilado es en el cual un metal en forma de alambón es reducido en su área transversal al ser pasado por un dado de diámetro menor al del material original por medio de una fuerza de tracción.

Las máquinas estiradoras usualmente se dividen en cuatro categorías arbitrarias de acuerdo al tamaño del alambre estirado:

- a).- Estirado grueso: alambón de 3/8" o 5/16" a 14 AWG 150-500 hp
- b).- Estirado intermedio: de 15 (1.449) a 30 AWG (0.255 mm) 72-200 hp
- c).- Estirado fino: de 30 (0.255) a 45 AWG (0.045mm) 20-100 hp
- d).- Estirado ultrafino: 46 AWG (0.0398 mm) y menores 20 hp ó menos

Para la construcción de cualquier cable telefónico sólo se llega hasta el estirado intermedio, es decir el calibre más pequeño que podríamos encontrar sería un 30 AWG, sin embargo los más comunes para un cable telefónico son el 24 y el 26 AWG.

El bloque de estirado consiste fundamentalmente en una caja que contiene los dados montados en portadados, los "capstans" o poleas de tracción y el lubricante o solución de estirado.

Existe otra clasificación de máquinas de estirado según el lubricante que usan, éstas son las llamadas máquinas secas ya que a diferencia de las dos anteriores que son lubricadas con emulsión de agua y aceite éstas son lubricadas por un polvo seco de jabón, no son cerradas y no tienen tanques externos de lubricante como las otras.

Los principales componentes de una caja de estirado son:

a) Transmisión:

Como ya se mencionó esta es la característica que diferencia el diseño de la máquina y existen básicamente dos tipos:

- **Cónicas:** tienen múltiples *capstans* en un solo eje de transmisión. La circunferencia disminuye sucesivamente en cada *capstan* de un eje. Una construcción típica consiste en cuatro ejes con 3 a 5 anillos de diferente diámetro. Esto hace que el costo y el espacio requerido por estas máquinas sea bajo. Sus desventajas son un mayor mantenimiento a los *capstan*, el alambrado relativamente complicado y que el deslizamiento está determinado por el diámetro del anillo, que puede variar con el desgaste.

Una variante de este tipo de máquina consiste en engranes planetarios de igual diámetro sobre un mismo eje. La transmisión llega al anillo exterior, y la velocidad se va reduciendo sucesivamente a través de los engranes en cada polea hacia atrás para absorber la elongación del alambre.

- **Tandém:** tiene *capstans* movidos individualmente para cada dado, por lo general arreglados en línea horizontal. Tienen la ventaja de ser más fáciles de alambrear, especialmente en caso de estirado grueso. El control de tensión y el enfriamiento es mejor y el deslizamiento es determinado por la transmisión. Su mayor desventaja es el alto costo del tren de engranes y ocupan un mayor espacio.

b) Sistema de Soluble:

Consiste en un aceite especial en emulsión con agua aproximadamente entre el 4% y el 15% dependiendo de la aplicación. Mientras más fino es el alambre estirándose, más ligera deberá ser la solución y viceversa. Las funciones de esta solución son:

- Lubricar la región de contacto dado-alambre
- Enfriar el dado
- Detergencia, limpiar residuos de suciedad en el alambre
- Arrastrar los finos de cobre generados en el dado para que posteriormente sean filtrados.

Además, debe ser resistente a las bacterias, estable con la temperatura (en el rango de trabajo) y no generar espuma.

c) Poleas de estirado:

Las poleas de estirado en cualquier máquina de trefilado tienen la finalidad de dar tracción al material cuando acaba de pasar por un dado. La clasificación que se les da de acuerdo al material utilizado en su construcción es:

- Poleas de anillo de cerámica
- Poleas de acero
- Poleas de anillo de acero

La diferencia entre los tres tipos de poleas como su nombre lo indica es que tanto los anillos de cerámica como los de acero se cuenta con un núcleo con tapas en sus dos lados. La tapa externa se puede remover por medio de tornillos dejando el anillo libre por uno de sus lados para su extracción.

La cerámica posee mayor resistencia a la fricción, sin embargo cuando falla no queda otra más que cambiarlos ya que si se rectifican puede cambiar la relación de tracción que es la diferencia de velocidad entre la polea y el alambre y provocar roturas en el sistema.

d).- Datos de estirado:

Estos son la principal herramienta para el estirado de alambre de cobre y aluminio.

Los materiales más comunes en la fabricación de éstos son:

- Diamante natural: son fabricados a partir de piedras de diamante natural, por lo que su dureza y durabilidad son muy altas, siempre y cuando se corten en la orientación correcta, pues de no hacerlo bien se ovalarán rápidamente. Por su estructura cristalina regular y compacta producen el mejor acabado superficial posible hasta la fecha y tienen un

bajo coeficiente de fricción. Sus principales desventajas son lo difícil de trabajarlos por su alta resistencia a la abrasión y fragilidad.

Diamante sintético monocristalino: este es un desarrollo tecnológico reciente que permite hacer crecer un pequeño diamante natural llamado "semilla", éste se somete a condiciones extremadamente elevadas y precisas de presión y temperatura para fabricar un diamante artificial de mayor tamaño a uno natural.

Diamante sintético policristalino: se fabrica a partir de pequeños granos de diamante natural que mediante un complicado proceso se hacen crecer y unirse entre sí con moléculas de cobalto. Según el tamaño de las piedras y del proceso se obtienen diferentes tamaños de grano. (cuadro 2.1)

TIPO DE GRANO	ESPEJOR PROM.	APLICACION
Ultrafino	0.003 mm	alambres muy finos de magneto
fino	0.010 mm	alambres finos e intermedios
intermedio	0.020 mm	alambres intermedios
grueso	0.050 mm	alambrón

cuadro 2.1 tipos de grano en los dados de estirado

- Carburo de Tungsteno Cementado: comenzó a utilizarse en el estirado de alambre desde 1922, debido a su mayor dureza y durabilidad comparado con los dados de acero utilizados en ese entonces. Sus desventajas son un acabado superficial áspero y una corta vida útil.

La geometría de un dado de estirado es la siguiente:

El dado en su forma interna se asemeja a un embudo y consta de cuatro partes:

**-Cono de entrada:**

Esta zona facilita la alimentación adecuada de alambre y lubricante hacia el cono de estirado. Para minimizar la abrasión del alambre a la entrada en caso de vibración y desalineación del dado, se requiere una campana muy pronunciada que se cierre rápidamente. Por otro lado, una campana larga y suave debe favorecer la formación de presión de lubricante y promover la lubricación hidrodinámica. Estos factores son incompatibles y se deberá tener un punto medio conveniente en la dimensión del mismo.

**-Cono de estirado:**

Es la siguiente zona dentro del dado, aquí se inicia la deformación del alambre y por lo tanto la parte que soporta el mayor esfuerzo de trabajo; también se le denomina ángulo de trabajo y esta es la parte más crítica del diseño del dado.

**-Chumacera:**

La función básica de la chumacera es mantener el diámetro del dado a pesar del posible desgaste y/o permitir su repulido sin necesidad de cambiarlo de calibre. En dados convencionales la chumacera puede variar desde 0 hasta tanto como un 200% del diámetro. La objeción principal contra una chumacera muy larga es que supuestamente incrementa la fricción y por tanto el esfuerzo de estirado que pueda asociarse con mayores longitudes de chumacera.

-Cono de Salida:

Por lo general se dan especificaciones muy rígidas del ángulo de salida de dado, sin embargo éstas varían ampliamente entre fabricantes y usuarios de dados. En realidad el limitado o nulo contacto del alambre con la chumacera hace dudar que tenga alguna importancia. Se recomienda un acabado redondeado para minimizar el raspar el alambre a su salida del dado.

#### **2.1.3.3.- Dancer**

El dancer es un dispositivo usado como interfase entre la máquina estiradora y el enrollador, controla la velocidad de este último dependiendo de la entrega de la estiradora. Su mecanismo consiste en una serie de poleas fijas y otras móviles que se desplazan en guías verticalmente y dependiendo en la posición en que se encuentren se acciona un roestato o potenciómetro regulando así la velocidad de toda la línea.

#### **2.1.3.4.- Recocedor**

Durante el proceso de trefilado de alambres de cobre, existe otra parte fundamental la cual consiste en un tratamiento térmico; sin el sería prácticamente imposible desarrollar la calidad necesaria en el alambre para las diversas aplicaciones requeridas como las propiedades mecánicas y eléctricas especiales logradas únicamente a través de templees determinados; estas propiedades son posibles diseñando programas específicos de estirado que incluyan uno o varios recocidos que permitan proporcionarle al material las características finales deseadas.

Por esta razón es conveniente anotar algunos conceptos generales relacionados con los efectos que produce el trabajado en frío sobre los metales y algunos más acerca del recocido en si.

Un material se considera trabajado en frío cuando su estructura granular se encuentra distorsionada al final de una deformación plástica, es cuando una vez estirado el conductor, el metal no regresa a su configuración original, sino por lo contrario, permanece deformado. Algunas de las consecuencias de este trabajo en frío en el material son: alta resistencia a la tensión , resistencia eléctrica, incremento de dureza, y resistencia a la corrosión.

Tomando en cuenta lo anterior y recordando que el estirado es un proceso de deformación plástica en frío, se deduce que un alambre que acaba de terminar este proceso debe ser sometido a un tratamiento térmico de regeneración estructural que le permita recuperar sus propiedades originales y de esta forma poder seguir siendo estirado o transformado el cable. A este proceso se le conoce como recocido.

El proceso de recocido se divide en tres etapas:

**a).- Recuperación:**

Se presenta a baja temperatura y durante ésta, el material libera esfuerzos internos incrementando así su conductividad eléctrica, en esta etapa es muy difícil observar aparentes cambios.

**b).- Recristalización:**

Conforme se eleva la temperatura comienzan a aparecer nuevos granos sin deformaciones parecidos a los originales, ya se puede observar el cambio físico del conductor.

**c).- Crecimiento de grano:**

Los granos pequeños que aparecieron durante la etapa de recristalización, aumentan de tamaño fusionándose con los granos deformados provocando una disminución de energía interna en éstos. Estos tres pasos pueden verse en la fig. 2.4.

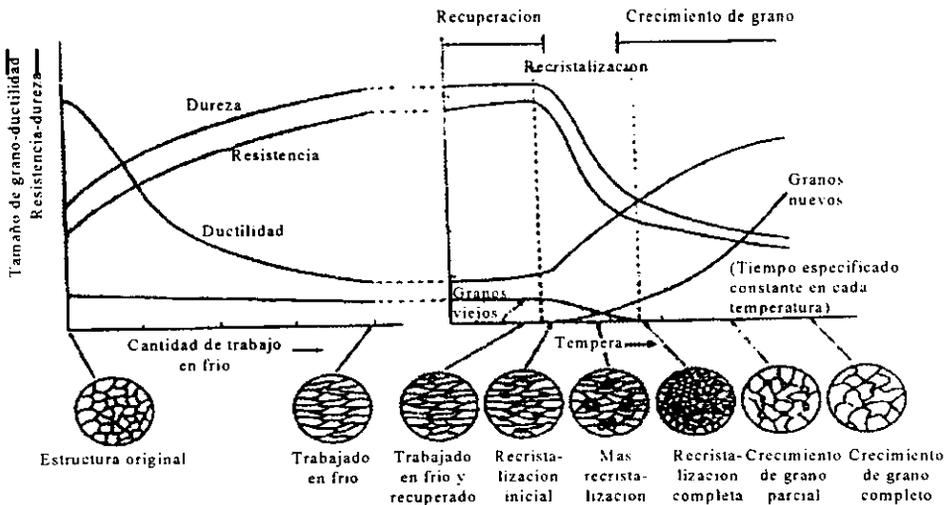


Fig.2.4

Es importante mencionar que durante el tratamiento de recocido existen factores que influyen sobre las características finales del conductor, estas son algunas impurezas o aleaciones de otros metales. En el cobre se han encontrado que pequeñas impurezas de antimonio y plata generan considerables problemas en el recocido observándose esto en la elongación final. Esta es otra razón importante para trabajar con la calidad de cobre recomendada por el proveedor; en caso de los calibres intermedios el cobre de calidad estándar puede no presentar grandes problemas en su recocido.

Por otro lado, el tiempo y la temperatura son factores directos para proporcionar las características del material; en términos generales, a mayor temperatura el tiempo de recocido se reduce y viceversa.

Existen dos métodos o sistemas básicos para llevar a cabo el recocido de alambres de cobre:

- a) Recocido estático o en horno
- b) Recocido dinámico o en línea.

#### **1.- Recocido Estático:**

Es el método más antiguo para recocer alambres y consiste en colocar las tongas o bobinas de alambre estiradas unas sobre otras en la plataforma de un pequeño carro llamado de recocido, el cual una vez cargado se cubre con una tapadera de forma cilíndrica (de acero al Cr - Ni) que lo cierra herméticamente por medio de una junta especial de goma

refrigerada por agua que impide la penetración de aire exterior, inhibiendo así la posible oxidación que se puede suscitar por el contacto con el oxígeno en el cobre recocido.

Posteriormente se conecta una bomba que produce un vacío asegurando con ésta la aspiración de aire y vapores formados debido a la volatilización de los residuos de lubricante de estirado. Finalmente el cable se introduce en el horno donde permanece el tiempo establecido a la temperatura determinada para que el material quede completamente recocido; por último se retira el carro y se deja enfriar para evitar oxidaciones.

Es evidente que el recocido estático no es atractivo para plantas que requieren trabajar a altas velocidades de producción, ya que implica gran pérdida de tiempo de operación y manejo de materiales; éstas junto con otras desventajas, limitan el campo de aplicación de este método.

## **2.- Recocido Dinámico.**

El recocido dinámico o en línea es un proceso ampliamente aceptado en la fabricación comercial de alambres recocidos para la manufactura de cables.

Existen tres métodos principales de recocido en línea:

- a) Recocido por resistencia eléctrica
- b) Recocido por inducción
- c) Recocido por descarga incandescente

Nota: este último no es muy conocido ni muy usado en la industria de cables.

a) Recocido por resistencia eléctrica.

El método más común de recocido dinámico, es el conocido como "recocedor continuo por resistencia eléctrica". En este método el voltaje es aplicado entre 2 poleas de contacto unidas por el conductor de cobre: esto hace que a través del alambre circule una gran cantidad de corriente a un bajo voltaje, generando una gran cantidad de calor por efecto electroresistivo que finalmente aumenta la temperatura del hilo y lo recose. Esto puede verse en la fig. 2.5

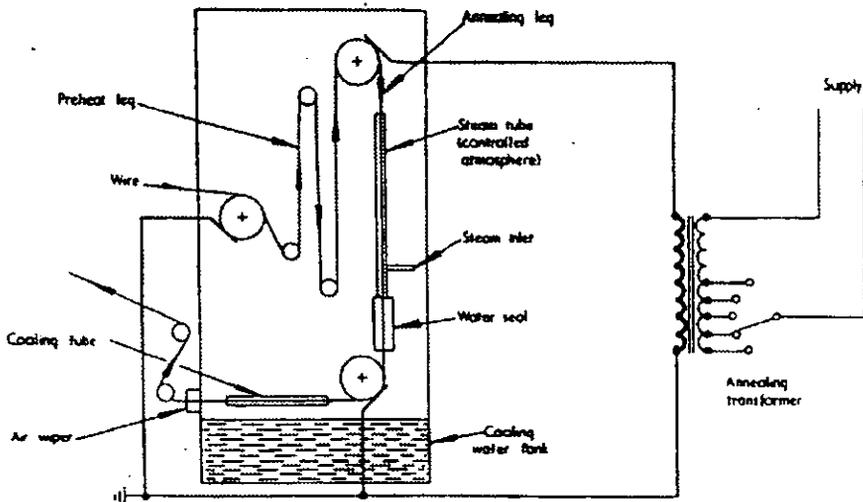


Fig. 2.5

### **b) Recocido por inducción.**

En este método, el alambre a ser recocido pasa a través del primario de un transformador formando un circuito eléctricamente continuo que se cierra en una polea de contacto que sirve simultáneamente de entrada y salida del alambre; de esta manera, el mismo alambre hace las veces de secundario del transformador con la particularidad de que sólo está constituido por una única espira, después se induce en el alambre una corriente alta pero a bajo voltaje para producir el recocido en el alambre.

Este tipo de recocedores es bueno para aplicaciones donde se requieren bajas velocidades y temperaturas reducidas, además de ofrecer la ventaja de eliminar los cepillos anulares de contacto disminuyendo las pérdidas por fricción muy comunes en los recocedores de tipo electroerisivo, sin embargo tiene la desventaja de requerir un transformador excepcionalmente grande para aplicaciones en equipos de alta velocidad de estirado.

### **c) Recocido por descarga incandescente.**

Este método consiste en lo siguiente: cuando un alto voltaje es aplicado entre 2 electrodos de una atmósfera enrarecida, los gases presentes se ionizan. Los iones cargados positivamente se desplazan hacia el cátodo y son acelerados conforme atraviesan el campo eléctrico. Debido al bombardeo de los iones sobre el cátodo se produce una segunda emisión de electrones que a su vez generan una "descarga incandescente".

Si se hace que el cátodo tenga una forma circular y se diseña el ánodo de tal forma que sirva de escudo al cátodo (exceptuando la superficie interna), la emulsión de electrones puede enfocarse hacia el centro del tubo, lo que permite que al hacer pasar el alambre a través de la descarga dentro de la cámara de vacío, se consiga que los electrodos dirijan su energía cinética a éste, calentándolo instantáneamente hasta la temperatura deseada.

Las principales ventajas de este método son: la eliminación de los problemas de mantenimiento de las poleas de contacto que lo suprimen y la desaparición del chisporroteo por uso de éstas.

Existen 5 factores o criterios básicos a considerar en el diseño de equipos de recocido:

- El voltaje aplicado al alambre en movimiento debe ser tal que la corriente que circule a través de él sea suficiente para recocerlo sin provocar la aplicación de arcos en los puntos de aplicación de éste.
- El aumento de temperatura del alambre debe efectuarse sin provocar ningún tipo de oxidación superficial.
- El alambre debe quedar frío y seco después de haber sido recocido.
- El recalentamiento del alambre para su posterior extrusión debe ser tal que facilite la formación de una buena unión entre éste y el plástico fundido que se va a aplicar.

- Es preciso evitar que la corriente de recocido se filtre hacia otros elementos mecánicos o piezas rotativas del equipo, pudiendo provocar fallas en éste o accidentes graves.

El agua juega un papel muy importante en el recocido, ya que tiene varias tareas; enfría el conductor para después poder controlar su temperatura adecuadamente; controla el recocido del alambre evitando que se queme y se reviente antes de ser recocido; también proporciona un color uniforme al conductor. En este tipo de recocedores, la recámara del recocedor tiene desfogues de agua que facilitan la recirculación de ésta evitando así que se caliente y no cumpla sus funciones adecuadamente.

A la salida del tubo de enfriamiento, el conductor pasa a través de un soplador de aire, el cual se encarga de limpiar la película de agua del conductor y lo seca. Algunos recocedores tienen un dado de estirado de diámetro mayor que evita el paso del agua antes del soplador.

El secado es una operación simple pero de gran importancia, ya que si el alambre no se encuentra completamente seco al momento de entrar a la cabeza extrusora, se generan burbujas en el aislamiento y se tienen problemas de calidad en grumos y mala adherencia del plástico.

Posteriormente, el alambre pasa por una serie de poleas las cuales sirven para terminar de secar y enfriar el conductor; es importante mencionar que en esta zona se encuentran unos guidores de cerámica los cuales evitan la vibración del conductor.

La operación final de calentamiento se conoce como "precalentado"; el principio de este proceso es el mismo que el de recocido, a diferencia que se utiliza una corriente y un voltaje menor en donde el conductor se calienta aproximadamente a unos 110 °C.

Este recalentamiento casi no tiene efecto sobre el alambre de cobre pero afecta profundamente las propiedades del plástico al momento de la extrusión, entre ellas encontramos:

- Incremento en la adherencia del plástico al conductor de cobre.
- Reducción del choque térmico que se produce cuando el plástico fundido es extruido sobre el cobre frío.
- La eliminación de pobre adherencia y huecos debido a los esfuerzos generados durante la rápida solidificación del plástico caliente sobre un conductor frío.
- Supresión del encogimiento del plástico sobre el alambre al enfriarse.
- Aumento de la elongación plástica.
- Disminución de las fracturas termoplásticas durante las pruebas de doblado en frío.
- Acción de secado final que ayuda a disminuir las burbujas atrapadas entre el aislamiento.

Entre las dos poleas del recocedor se encuentra una polea de tensión, la cual en algunos equipos tiene control únicamente mecánico y en algunos mecánico y electrónico; en estas máquinas se usa como retroalimentación del recocedor al tablero de la máquina estiradora.

Esto se logra debido a que el alambre suave recocado está sujeto a esfuerzos de estirado en la línea y a fluctuaciones dentro del sistema del control de la máquina, que afectan directamente la velocidad del flujo de masa del alambre dentro del recocedor. Si por ejemplo hubiera un decremento brusco en la velocidad de salida del alambre del recocedor o se produjera un excesivo estirado en el alambre, el *dancer* caería y la cadena unida a éste accionaría un potenciómetro que sirve para ajustar los controles de la máquina en forma tal que se igualen las condiciones internas y externas de ésta y se evite un reventón del alambre.

Por otro lado también se tienen otros controles en el recocedor, como el control de velocidad; este control funciona como un tacogenerador el cual lleva el control y referencia de la velocidad del alambre y la velocidad de aplicación de voltaje de recocado, es decir, envía la señal de control, que hace que la aplicación de voltaje varíe de acuerdo al incremento o disminución de la velocidad del alambre, evitando que el alambre se queme o que el *dancer* se caiga y ocasione un reventón en el cobre. Este control se lleva a través de un PLC el cual toma la referencia de velocidad directo del tacómetro de velocidad de línea.

Cabe mencionar que normalmente la aplicación del voltaje es retrasada o defasada con respecto a la velocidad del alambre. Esto es, que no se aplica voltaje hasta que una

cierta velocidad es alcanzada y que en este punto la aplicación no es total sino gradual; este comportamiento se puede ver en la fig. 2.6. En el caso del precalentador el voltaje empieza a aplicar hasta que la velocidad del alambre alcanza cerca de 100 m/min y en el recocedor hasta llegar a los 300 m/min.

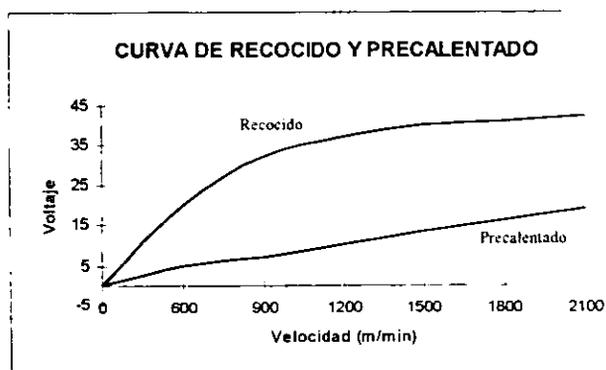


Fig 2.6

Los voltajes usados tanto en el recocido como en el precalentado dependen del calibre del alambre a tratar, de la velocidad de la línea, de la conductividad del alambre con que está hecho y de los resultados de calidad que se desean.

### 2.1.1.5.-Extrusores principal y auxiliar

La extrusión de polímeros es muy importante para la manufactura de cables telefónicos, constantemente se desarrollan nuevos sistemas de extrusión, plásticos y herramientas para mejorar la calidad y productividad de los transformadores de estos productos.

Para producir alambres con aislamiento de pared delgada de alta calidad a velocidades altas, se deben emplear tornillos de extrusión especiales que puedan producir una superficie lisa.

La zona de alimentación y el tornillo se deben diseñar de tal forma que se produzca una fluidez del compuesto absolutamente regular sin pulsaciones.

El motor y reductor deben ser capaces de hacer girar el tornillo a una velocidad constantes sin variaciones cíclicas o choques. Se recomiendan controles DC por tiristor, dada la facilidad con la que se pueden sincronizar con el resto de la línea de extrusión, especialmente el *capstan* de arrastre.

El nivel del compuesto en la tolva de alimentación se debe mantener lo más constante posible para así mantener una presión uniforme de alimentación del compuesto en la sección de alimentación del extrusor. Variaciones en esta presión pueden causar cambios

en las descargas del extrusor que resultarán en cambios de diámetro del alambre y capacitancia del conductor. En la fig. 2.7 se puede observar el extrusor principal.

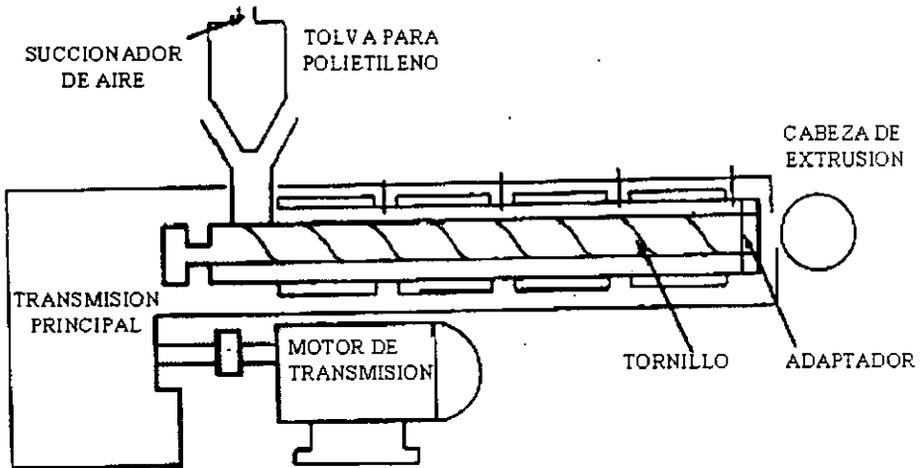


fig 2.7

Los controladores de temperatura del cilindro se deben diseñar cuidadosamente para proporcionar una temperatura constante. Las cuatro zonas de calentamiento del cilindro están equipadas con controladores de regulación de temperatura que proporcionalmente controlan tanto el calentamiento, como el enfriado de cada zona. Este control de calentado - enfriado con funciones de salida de calentado y enfriado se detallan a continuación:

a) El controlador cuenta con dos canales de salida, una para calentado y el otro para enfriado. Dependiendo de la oscilación de temperatura negativa o positiva detectada por el termocople, el sistema de calentado o enfriado se gira de 0 a 100%, dependiendo de la relación PID (proporcional, integral y diferencial) requerido.

b) Los puntos de ajuste para el calentado y enfriado se pueden ajustar de tal forma independiente dentro de un amplio margen. Por lo tanto, el enfriado y calentado siempre puede ajustarse a las condiciones debidas de operación.

La salida de calentado de este controlador está conectada a los calentadores del cilindro y la salida de enfriamiento al motor del ventilador. Se cuenta con amperímetros para medir las corrientes que van a los elementos de calentamiento y a los ventiladores de enfriado. Se cuenta también con perillas de ajuste en los instrumentos para ajustar los rangos requeridos.

Este sistema de calentado-enfriado es capaz de proporcionar una estabilidad de temperatura extraordinaria para la extrusión de alambres telefónicos.

El extrusor, el tornillo y la cabeza comprenden el corazón de una moderna línea de aislamiento de alta velocidad. En la actualidad ya no resultan provechosas las cabezas ajustables cuando se producen alambres con aislamientos de paredes delgadas a altas velocidades. Por lo tanto, a continuación se detallan los requerimientos para cabezas centrales fijas:

- El alambre se debe centrar en forma adecuada
- La superficie del plástico extruido debe ser liso
- Se debe minimizar la resistencia al avance en el pasar del alambre a través de la cabeza

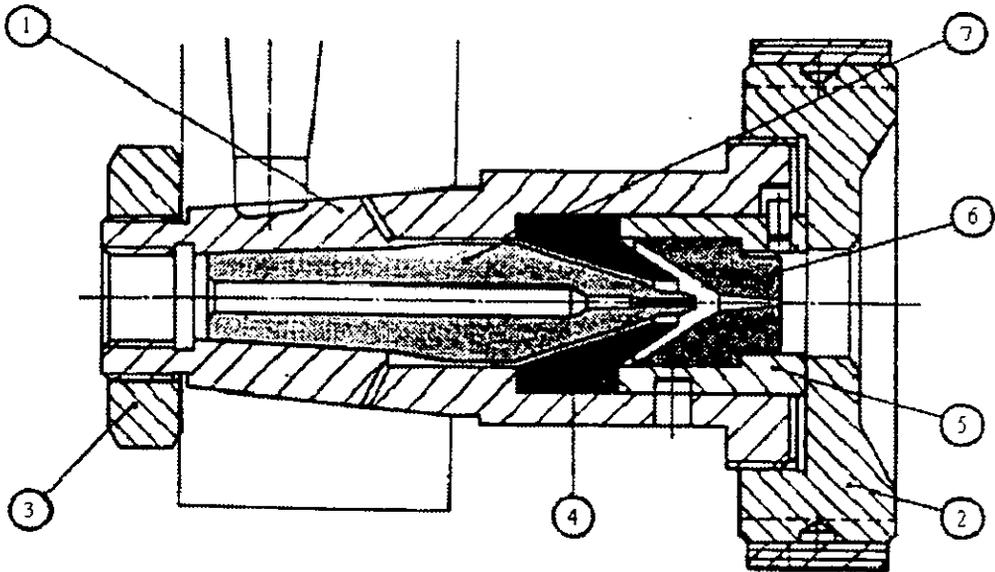
- Los herramientas (dado y cartucho) deben ser capaces de ser cambiados rápida y fácilmente
- La vida útil de la herramienta deberá ser larga

Los requerimientos arriba mencionados se pueden cubrir cuando los diferentes componentes están diseñados para funcionar juntos en forma integral. Entre más homogeneizado esté el compuesto antes de llegar a la cabeza más pequeño será el dado de extrusión. Es obvio que el ángulo del dado también juega un papel importante en su funcionamiento.

Como la presión de la cabeza aumenta con la disminución en la sección transversal de extrusión, entonces la descarga del extrusor también debe disminuir, por lo que el mal diseño de un dado puede hacer que la capacidad del extrusor no sea la suficiente.

Otro factor importante es la fricción entre el plástico y el dado; se puede reducir en gran parte cuando se utilizan dados cortos y esto a su vez reduce la posibilidad de un sobrecalentamiento de la superficie local que puede causar el deterioro del compuesto y depositarse en la superficie del dado. En la figura 2.8 podemos observar el diagrama de un corte de herramienta de la cabeza de extrusión.

Los compuestos como el PVC y otros materiales que contienen concentrados de color son particularmente sensibles a este proceso de sobrecalentamiento en la superficie que también causa una superficie de alambre áspera y puede impedir que el alambre se encuentre bien centrado dentro del aislamiento.



1. CARTUCHO PARA FOAM SKIN
2. TUERCA FRONTAL
3. TUERCA TRASERA
4. ANILLO DISTRIBUIDOR
5. MEZCLADOR O PORTA DADO
6. DADO DE EXTRUIDO
7. GUIA PARA FOAM SKIN

fig 2 8

La cabeza de extrusión debe estar diseñada para un cambio rápido de herramienta de extrusión. La cabeza consiste en un cuerpo principal y un cartucho de herramientas removible. Las herramientas de extrusión se pre-ensamblan en este cartucho, que posteriormente se puede sustituir fácilmente por uno nuevo en pocos minutos ya que sólo

es necesario aflojar algunos tornillos en la cabeza. En vista de que todas las partes de este sistema se pueden intercambiar fácilmente se debe tener mucho cuidado con su fabricación manteniéndose extremadamente rígidas durante su manufactura.

La guía tiene un inserto de diamante que le proporciona una vida extremadamente larga a esta herramienta. El dado de extrusión debe ser de carburo de tungsteno y el interior del dado debe estar altamente pulido. Para la extrusión del PVC y el polietileno espuma, este tipo de dado ha probado ser un elemento esencial. Un dado normal de acero se puede destruir después de usarse sólo unos cuantos días por el polietileno espuma. La vida del dado de carburo de tungsteno es prácticamente sin límite.

La superficie del distribuidor o núcleo también está compuesto por un material resistente a la abrasión que proporciona una larga vida de servicio a tan crítica pieza. El diámetro del dado de extrusión equivale aproximadamente al diámetro sobre el aislamiento, excepto para aislamientos de espuma. Con este sistema es posible reducir alambres telefónicos a altas velocidades con una centricidad mayor a 0.9 y la concentricidad se define como la relación entre el grosor de la pared más alta y más baja en cualquier sección transversal del alambre.

#### **2.1.1.6 Extrusor Auxiliar: el cable *Foam-Skin***

La tecnología de la manufactura de cables telefónicos ha sido vertiginosa en estas últimas dos décadas; en sus comienzos los cables se aislaban con papel y eran cubiertos con plomo. Hoy en día se aíslan con materiales poco creíbles: con aire, esto, aunque

parezca increíble se hace mediante una doble extrusión simultánea de dos diferentes materiales: el principal es un polietileno con un compuesto químico que al ser extruido genera burbujas de aire las cuales son contenidas con un segundo polietileno sólido. A esta composición se le denomina *foam skin*. (Fig 2.9).

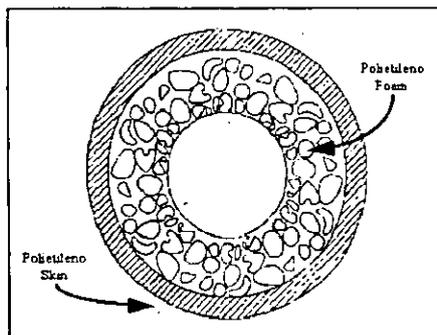


Fig. 2.9

#### 2.1.1.7 Herramientales de extrusión.

Los herramientales de extrusión utilizados para la fabricación de un cable tipo sólido y *foam skin* se describirán en siguiente apartado.

## Herramental para polietileno sólido

En la figura 2.10 se muestra el cartucho de extrusión para un alma con polietileno sólido.

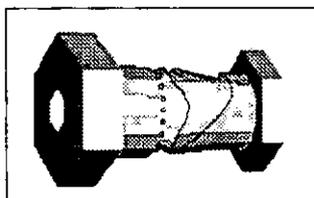


Fig. 2.10

El cartucho de extrusión es el encargado de distribuir el polietileno a través de todo el herramental; en el interior de éste se alojan los diferentes herramentales. Prácticamente es el que contiene toda la tecnología de la extrusión y de él depende gran parte de las características del producto. Su tuerca trasera fija el herramental a la cabeza de extrusión y su tuerca delantera detiene al dado aguantando toda la presión del plástico.

El cartucho está fabricado de aceros con tratamientos especiales para evitar deformaciones en altas temperaturas. No importa el calibre que se va a fabricar, el cartucho siempre es el mismo.

En la figura 2.11 podemos ver la guía para un cable sólido.

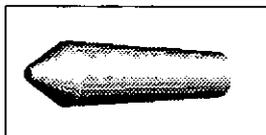


Fig 2.11

Su función es la de guiar al cobre por el centro del dado de extruido para lograr que el polietileno se adhiera alrededor y así garantizar un buen centrado del cobre en el alma. El cuerpo de las guías está fabricado de acero y su geometría embona perfectamente en el cartucho de extrusión; en el interior tienen un inserto de diamante natural o policristalino con acabado espejo, el cual sirve de guía al conductor.

El diámetro de salida de la guía corresponde al calibre que se va a fabricar, por ejemplo: si se tiene que extruir sobre un calibre 26 AWG, el diámetro de la guía deberá ser de 0.443 mm.

En la fig. 2.12 podemos ver el dado de extrusión.

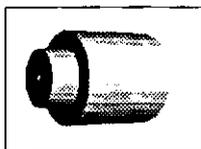


Fig 2.12

El dado de extruido proporciona el acabado final al producto en diámetros y apariencia, está fabricado en carburo de tungsteno con acabado interior espejo ya que sus ángulos proporcionan la aceleración correcta al plástico durante la extrusión.

El diámetro de salida del dado debe ser igual o un poco más grande que el diámetro especificado para el alma (0.05 mm); si el dado es más grande, se tendrá mucha rebaba de plástico y el alma puede tener deformaciones; si es más chico, será difícil alcanzar el diámetro y la presión de la extrusora se elevará; ejemplo: si se va a fabricar un alma de 0.730 mm , el dado debe ser de 0.75 mm.

En este tipo de extrusión se puede dar distancia al dado de la guía abriendo la tuerca frontal del cartucho de extrusión y con esto liberar presión; es muy útil para corregir un mal centrado.

#### Herramental para *foam-skin*

En la fig. 2.13 podemos ver el cartucho para *foam-skin*

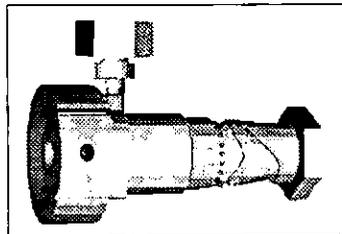


fig. 2.13

Su función y el material de fabricación es el mismo que el cartucho para polietileno sólido, pero a diferencia de éste, es más grande ya que cuenta con una entrada adicional para un extrusor auxiliar. Sus medidas son las mismas para cualquier diámetro de producto y calibre.

En la fig. 2.14 podemos ver la guía para *foam-skin*

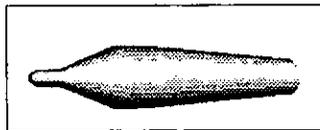


Fig. 2.14

La única diferencia con la guía para sólido se encuentra en su geometría, ya que es más larga y con una punta, esto es porque tiene que guiar al conductor a través de dos capas de polietileno (*foam* y *skin*) hasta el dado para asegurar el centrado uniforme.

En la fig. 2.16 podemos ver el anillo distribuidor para *foam-skin*

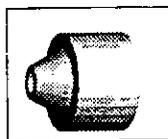


Fig. 2.16

Es una pieza de carburo de tungsteno (preferentemente) que se encuentra entre la guía y el dado. La función principal de éste es separar las dos capas de polietileno, por la parte interior y sobre la guía al *foam* y por la parte superior el *skin*. Es muy importante en el centrado del *skin*, ya que es el primer punto de unión entre éste y el *foam*.

En la fig. 2.17 podemos ver el dado de extruido para *foam skin*



Fig. 2.17

Es el mismo dado utilizado para polietileno sólido; se coloca dentro del mezclador. En este tipo de extrusión, no es posible dar distancia de la guía ya que todo el herramental tiene que ir en una misma posición. El criterio de su selección es el mismo que en el polietileno sólido.

En la fig. 2.18 podemos ver el portadado- distribuidor

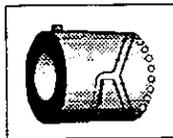


Fig. 2.18

Fabricado de carburo de tungsteno, se encarga de la distribución de el *skin* alrededor del alma, sus venas y orificios aseguran que esta distribución sea uniforme y no existan problemas con el centrado del *skin*, en el interior de ésta se coloca el dado de extruido y la parte trasera embona en el anillo distribuidor. Tiene un perno que entra en una ranura en el cartucho que guía la posición de éste a la entrada del extrusor auxiliar. Su medida es estándar y no depende del calibre o el diámetro que se va a fabricar.

Estas dos capas se aplican simultáneamente con una cabeza dual de extrusión y ésta es similar a la de una sola extrusión. Tanto la herramienta de extrusión como el núcleo de la cabeza son semejantes e intercambiables para el arreglo de una y dos capas.

La primera capa de plástico se aplica de la misma manera que se emplea el arreglo de cabeza de una sola capa. El dado de extrusión para la primera capa se acomoda dentro de la cavidad del segundo dado. La concetricidad de la segunda capa queda asegurada de esta forma. El material para la segunda capa se alimenta por medio del segundo dado y se aplica sobre la primera capa casi instantáneamente.

Los siguientes materiales se pueden aplicar juntos:

- Nylon sobre PVC
- Polietileno sobre PVC
- Nylon sobre polietileno
- Nylon sobre polipropileno
- Polietileno sobre polietileno espuma

En el campo de la comunicación la última de las combinaciones mencionadas arriba resulta de interés y actualmente en promedio el 80% de la producción de los cables telefónicos se fabrican con este tipo de aislamiento.

Las ventajas encontradas en el sistema de aislamiento *foam-skin*, son las siguientes:

- Mejor resistencia al petróleo en base a los compuestos de relleno del cable
- Se puede aplicar el polietileno espuma sin color y éste se puede agregar solamente a la capa externa de polietileno sólido. Esto impide contacto entre el conductor de cobre y el compuesto de color que podrían tener efectos nocivos sobre el polietileno espuma.
- Una reducción de diámetros de alambre en forma global debido a una mejor resistencia al aceite.

## **2.2 Pareado y Cableado.**

En un cable de transmisión de datos, los conductores aislados se reúnen en un proceso que aplica simultáneamente a un torcido conjunto. Los conductores pueden entrar a este proceso individualmente o en forma de pares, los cuales se forman previamente torciendo dos o tres conductores aislados entre sí.

El usar los conductores en pares representa un proceso más en la manufactura del cable, pero en algunos casos se justifica porque facilita la identificación y ayuda en cierta medida contra interferencias, ya que los conductores en un par tienen entre sí menores desbalances con respecto a otros conductores.

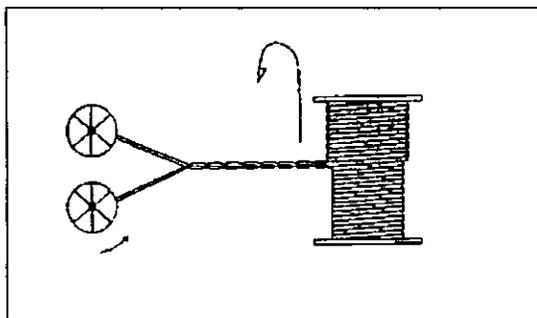


Fig. 2.19 Pareado

Por lo anterior, se aprecia que el paso de pareado si puede tener efectos en las características eléctricas, en tanto que el paso de cableado tiene su efecto principal en la conformación del cable haciéndolo más compacto y redondo con un paso corto. El cableado también tiene un cierto efecto en el paso de los pares, haciéndolos más cortos cuando los dos torcidos se hacen en el mismo sentido y más largos cuando los sentidos son opuestos.

En la fig. 2.19 podemos ver un esquema de cómo se van pareando dos alma para así formar un par. En los trenes de cableado se pueden hacer formaciones desde un solo par hasta 50 ó 100 pares. Con esta unidad se forma un grupo y al reunirse los grupos se forma un núcleo y finalmente a éste se le colocan las cintas y cubierta de polietileno negro para formar un cable telefónico.

En esta etapa a los grupos se les aplican hilos de diversos colores que darán la identificación de los cables al momento de la instalación.

### 2.3 Reunido-Cubiertas

Este es el final del proceso de la elaboración de un cable telefónico. El proceso ya no es tan complejo como en estirado y aislamiento. Mediante un enrollador se jalan los grupos y se forma un núcleo que puede ir desde 150 pares hasta 3600 pares.

La cubierta se aplica mediante un extrusor y desenrolladores de cinta de acero o aluminio. La cubierta final viene a darle al cable algo más que una simple protección mecánica que le permita operar adecuadamente. El comportamiento del cable ante el fuego, la flexibilidad y la apariencia son características definidas principalmente por este elemento, además de ser portadora de la información relativa a los registros y certificaciones que garantizan lo anterior.

La forma y el lugar donde el cable será instalado determinan, en gran parte, el material que debe ser utilizado para la cubierta. Otro punto importante que también está vinculado con la cubierta, es la rigidez del cable. El grado de dureza del material de cubierta es determinante para que el cable disminuya o aumente su rigidez, en combinación con el nivel de tubulado de la cubierta durante el proceso de extruido, lo apretado y cerrado de la malla así como la configuración misma del cable.

Para cables telefónicos, el material más común usado en la cubierta final es el polietileno de baja densidad, que por sus propiedades cumple con las pruebas mecánicas necesarias.

### CAPITULO 3: EL PROBLEMA DEL DESPERDICIO EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL CABLE TELEFONICO COBRE

La reducción del desperdicio que se genera en cualquier proceso siempre debe considerarse como una meta alcanzable. Cualquier plan de reducción de desperdicio se conforma de elementos tangibles e intangibles.

Dentro de los elementos tangibles podemos mencionar los sistemas de control que llevan el registro exacto del desperdicio físico que se está desechando, los tipos de índices que se utilicen para su medición, etc. y los intangibles radican principalmente en el grado de compromiso de la gente que operativamente tiene algo que ver con el proceso y las ideas aportadas para solucionar cualquier problema que esté generando desperdicio.

Estos últimos elementos intangibles son los que determinan la calidad y cantidad de las acciones correctivas que tienen como fin último la reducción del desperdicio.

En el capítulo anterior se expuso el proceso de fabricación de un cable telefónico de cobre en forma general; en el mismo se han expuesto los fundamentos para poder entender el origen del desperdicio el cual debe entenderse como un problema serio que afecta directamente la productividad y utilidad de la planta. Aunado a esto el sistema de control convencional que se llevaba antes de implementar el nuevo sistema representaba el principal obstáculo para poder iniciar una disminución paulatina del desperdicio.

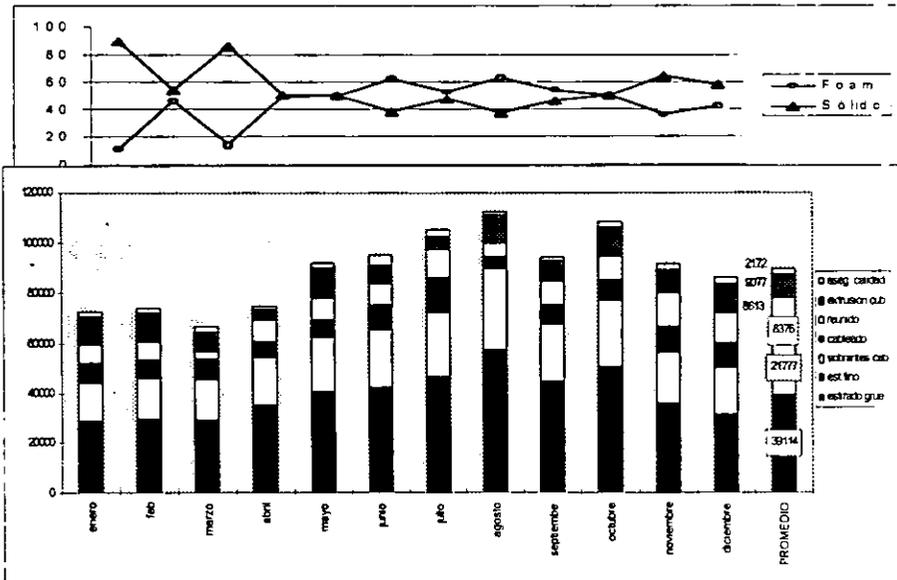
En capítulo presente se demostrará la necesidad que existía en la planta de un sistema confiable de control del desperdicio; también en contraparte de las deficiencias del sistema tradicional se mencionarán las características con que deberá contar el sistema nuevo de control.

### **3.1 Diagnóstico del desperdicio generado durante el proceso**

El estudio del diagnóstico del desperdicio se empezará con el mes de enero de 1997 hasta diciembre del mismo año. Se debe aclarar que la implementación del sistema nuevo se llevó a cabo durante los meses de noviembre y diciembre de ese mismo año y los resultados derivados del mismo se vieron reflejados hasta mediados del año siguiente, por lo que el comportamiento del mismo después de la implementación se analizará en el capítulo 5.

En la gráfica 3.1 podemos ver cómo se ha comportado el desperdicio en la planta de cables telefónicos durante el año de 1997. Lo importante a recalcar en esta gráfica es que el desperdicio global de la planta es directamente proporcional al nivel de producción

de *foam skin*, esta mezcla de producción entre sólido y *foam skin* puede verse en la gráfica superior. Cuando aumenta el porcentaje de *foam skin* el nivel global de desperdicio aumenta. Además el área que contiene mayor porcentaje de desperdicio es la de estirado y aislamiento.

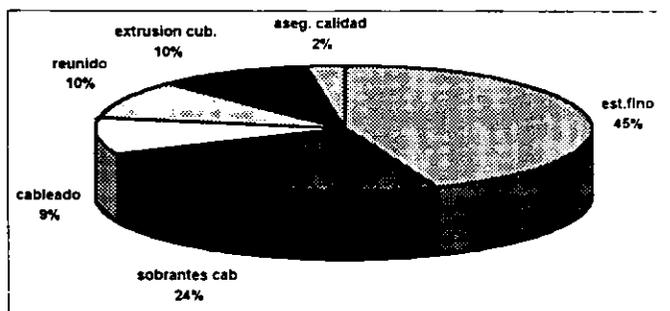


Gráfica 3 | KGS DE COBRE DESNUDO

Ahora que hemos visto el comportamiento del desperdicio en forma global veremos cómo se ha comportado su distribución por áreas. En la gráfica 3.2 podemos ver la distribución del desperdicio por áreas. También junto a esta gráfica tenemos el cuadro 3.1 donde se encuentran las cantidades y promedios tirados de cobre desnudo durante el mismo periodo.

El área más crítica resulta estirado y aislamiento con el 44% del total y sobrantes de cableado con el 25% del total. Es aquí donde se estableció como primera fase del proyecto el sistema de control para poder contar con información con la finalidad de comenzar con una disminución paulatina del desperdicio.

DISTRIBUCION DEL DESPERDICIO POR AREAS 1997 TELEFONICO COBRE



Gráfica 3.2

AREA	PROMEDIO	ACUMULADO	%
Estirado grueso	378	4,535	0.42%
est. fino	39,114	469,365	43.70%
sobrantes cab	21,777	261,323	24.33%
cableado	8,376	100,509	9.36%
reunido	8,613	103,350	9.62%
extrusion cub.	9,077	108,928	10.14%
aseg. calidad	2,172	26,062	2.43%
	89,506	1,074,072	100%

Todo en kgs. de cobre desnudo

Cuadro 3.1

Una vez establecidas las prioridades de la problemática analizaremos cuál era el control tradicional que se tenía, qué información arrojaba y cuáles eran las acciones correctivas que se estaban llevando a cabo.

### **3.2 Sistema tradicional de control**

En el siguiente apartado se describirá cuál era la forma tradicional de control del desperdicio por área. Posteriormente estableceremos cuáles son sus ventajas y desventajas y en base a estas últimas se establecerán las características con las que deberá contar el nuevo sistema de control.

#### **3.2.1 Estirado-aislamiento tandem**

Esta es el área más crítica de la planta. Estamos hablando de un área que produce mensualmente en promedio 580 millones de metros alma lo que corresponde a unas 750 toneladas de cobre desnudo y que actualmente se están desechando en promedio 65 toneladas más o menos un 8% del total de cobre que entra a proceso.

Con el sistema tradicional de control, las causas de este desperdicio no se tienen registradas o no se conocen con exactitud. Además de no contar con un plan diario de acción correctiva que tenga como finalidad última la disminución del desperdicio.

El proceso de generación y registro que lleva el desperdicio en esta área tan importante es el siguiente:

a).- El operador que opera dos líneas de estirado genera el desperdicio durante el proceso.

b).- Conforme van saliendo las bobinas con material defectuoso se van acumulando a un lado del desenrollador dual.

c).- Si la bobina tiene más de la mitad de material el auxiliar lleva la bobina al desenrollador del desperdicio.

- En el desenrollador del desperdicio se hacen pacas, se pesan y se mandan al patio de embarques.

d).- Si la bobina no es más de la mitad, el mismo operador pica el material y lo lleva a una canastilla de acero, hasta que se haga una paca, se amarra y se manda al patio de embarques.

e).- Cada vez que se hace una paca el supervisor llena un vale de desperdicio, el cuál puede verse en la figura 3.1; este vale es la única evidencia del desecho. El controlador de producción se encarga de contabilizarlos para llenar el reporte mensual del desperdicio.

The diagram shows two side-by-side forms titled "Boletín de Desperdicio". The left form is numbered "1204" and the right form is numbered "1458". Both forms have a header section with the title "Boletín de Desperdicio" and a sub-header "AISLAMIENTO" (left) and "CABLEADO" (right). Below the header are several horizontal lines for data entry. At the bottom of each form, there are fields for "Firma y ficha del supervisor de producción".

Labels on the left side of the diagram point to the following fields:

- Num. De folio**: Points to the number "1204" on the left form and "1458" on the right form.
- Area**: Points to the sub-header "AISLAMIENTO" on the left form and "CABLEADO" on the right form.
- Impresión de la báscula**: Points to the data entry lines in the middle of both forms.
- Firma y ficha del supervisor de producción**: Points to the signature and identification fields at the bottom of both forms.

fig. 3.1

Estos vales se llenan en cada área y son la única evidencia contable del desperdicio, sin embargo la información que arrojan es casi nula, sólo el área y el peso total (incluye el peso del aislamiento).

Adicional a este control los supervisores llevan un control mensual de desperdicio del área de aislamiento y sobrantes de cableado. Tal reporte puede verse en la fig. 3.2, es llevado a mano y no tiene ningún tipo de retroalimentación para ningún área técnica o de producción.

ESTA TAREA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.2.2 Cableado

Esta es la segunda área crítica donde se genera el desperdicio con el 25 % del total

CONTROL DE DESPERDICIO DE ESTIRADO AISLAMIENTO MES : ABRIL 1971

CABLE CON AISLAMIENTO POLIETILENO

FECHA	NUM. TIKET	KGS. BRUTOS	SOL. AISLAM	ACUM..	F/SKIN AISLAM	ACUM..	TOTAL	PRODUC	ACUM..	%
01	804	3504	---	---	---	---	---	27024	27024	
02	---	---	---	---	2959	2959	2959	24122	55346	5.35
03	801	1157	491	491	2452	5016	5016	29295	85241	10.54
04	---	---	---	---	---	---	---	24172	109213	4.00
05	---	---	---	---	---	---	---	3507	112720	3.54
06	809	6506	805	1296	9627	9627	10934	32236	131420	6.14
07	811	4393	608	1904	1255	1255	1255	32236	163656	7.55
08	813	364	---	1994	1994	1994	1994	31664	195320	6.00
09	814	1348	---	1804	1125	1125	1125	34089	229409	6.21
10	---	---	---	1994	---	14826	16820	---	270549	
11	---	---	---	1994	---	14826	16820	---	270549	
12	---	---	---	1994	---	14826	16820	28453	299000	5.02
13	817	1578	---	1994	1877	16143	18137	28862	327862	5.53
14	---	---	---	1994	---	16143	18137	26225	354087	
15	821	1612	---	1994	2970	24636	26630	27228	381285	2.73
16	823	1896	503	2501	2970	25187	27676	17347	403532	6.86
17	825	3374	550	3051	2282	27462	30518	24310	427842	7.15
18	828	3866	607	3658	2625	30072	33750	25440	453382	7.44
19	---	---	---	3658	---	30072	33750	20682	474034	7.11
20	830	4192	500	4158	2970	33076	37240	25767	498002	7.97
21	833	2670	457	4615	1271	34753	39467	23135	521137	7.57
22	834	2324	---	4615	1971	34794	41407	20244	540281	7.53
23	836	4952	---	4615	4115	40227	45544	29547	569828	7.46
24	---	---	---	---	---	45544	48544	29192	601920	7.49
25	839	2964	---	4615	2429	43404	48019	24467	626387	7.57
26	---	---	---	---	---	48019	48019	2721	653598	7.36
27	842	1569	---	4615	1510	44219	45729	26092	680545	7.17
28	844	2222	---	4615	1254	46566	51123	29195	712740	7.14
29	845	1480	563	5178	678	47246	52724	24442	737182	7.07
30	849	1010	---	5178	842	46089	52267	29334	766516	6.87

020492 # 803 = 222 KGS  
 030492 # 808 = 194 ✓  
 060498 # 810 = 330 ✓  
 080498 # 814 = 206 ✓  
 130498 # 817 = 464 ✓  
 150498 # 822 = 216 ✓  
 170498 # 826 = 186 ✓  
 180498 # 829 = 210 ✓  
 200498 # 834 = 252 ✓  
 220498 # 835 = 212 ✓  
 270492 # 843 = 125 KGS  
 290492 # 847 = 172 KGS

Fig 3.2

mensual. El desperdicio se genera principalmente por sobrantes de almas al finalizar la carga. El mecanismo de generación y control es el siguiente:

a).- Al momento de terminar de cablear una carga de aislamiento se bajan las 200 bobinas si se trata de 100 pares, ó 100 bobinas si se trata de 50 pares.

b).- Los ayudantes empiezan a picar el material que quedó en las bobinas, una vez que se terminaron de picar todos los sobrantes se recoge el material y se lleva a una jaula de acero que queda justo atrás de las cableadoras.

c).- Al llenarse las jaulas se amarra, se hace un vale como el de la fig. 3.1 y se lleva al patio de embarques. Posteriormente el supervisor llena un formato igual que el de la figura 3.2 sólo que este es para sobrantes de cableado exclusivamente.

El desperdicio en esta área se genera por varias razones, siendo las principales:

- Mala calibración en los productímetros o cuenta metros de las máquinas de estirado.

- Mala programación de las longitudes de aislamiento.

- Maltrato de material durante su acarreo a las cableadoras y sus posicionamiento en las mismas.

### 3.2.3 Reunido y Cubiertas

Cada una de estas áreas genera el 8% mensual del total del desperdicio y la generación de éste es casi en su totalidad inherente a su naturaleza de producción, es decir, siempre que se arranca un producto nuevo, en la línea se tiene que hacer un ajuste y un arranque con sus respectivas muestras de pruebas para verificar que la corrida va a salir bien.

El mecanismo de la generación y registro es el siguiente:

- a).- Los operadores tanto de reunido como de cubiertas tienen una canastilla de acero en la cual van depositando estos arranques y pruebas hasta que se llenan, se hace un vale como el de la fig. 3.1 y se llevan al patio de embarques.
- b).-El programador de producción pasa a recoger los vales para posteriormente hacer un reporte de desperdicio mensual.

### 3.2.4 El reporte mensual del desperdicio

El reporte mensual del desperdicio se muestra en la fig. 3.4; este reporte es hecho por el programador de la producción una vez que se junten todos los vales generados en cada área durante cada mes. El procedimiento para su elaboración es el siguiente:

- a).- Se separan por áreas y se separa por sólido o *foam skin*.

CONDUTEL, S.A. DE C.V.  
 DEPARTAMENTO DE CONTROL DE PRODUCCION  
 REPORTE MENSUAL DE DESPERDICIO PLANTA CABLE TELEFONICO

ACUM. JULIO 1997

MATERIAL	Pg DESP.	Pg PROD.	SUMA	% MENSUAL	META 1997	DESV. 1996	REAL 1995
COBRE GRUESO	1785,00	5676440,00	5678225,00	0,03	0,03	0,00	0,04
A : Cu AISLAMIENTO PROFAX	196271,00	4149598,00	4345869,00	4,52	2,50	2,02	3,45
L : SUB TOTAL	196271	4149598,00	4345869,00	4,52			
C : Cu AISLAMIENTO PROFAX	38475,00	3431247,00	3469722,00	1,11	0,60	0,51	0,82
A : SUB TOTAL	38475	3431247,00	3469722,00	1,11			
R : Cu AISLAMIENTO PROFAX	31763,00	3513168,00	3544931,00	0,90	0,500	0,40	0,65
U : SUB TOTAL	31763	3513168,00	3544931,00	0,90			
N : Cu AISLAMIENTO PROFAX	37528,00	3553333,00	3590861,00	1,05	0,35	0,70	0,54
U : SUB TOTAL	37528	3553333,00	3590861,00	1,05			
ASSEGURAMIENTO DE CALIDAD	14603	3553333,00	3590861,00	0,41	0,15	0,26	0,25
TOTAL Cu DESMUDO	320425	4149598,00	4470023	7,17	3,76	3,41	5,31
TECNOLOGIA *	128645						
DEVOLUCIONES *	0						
TOTAL Cu ENTREGADO EMBARQUES	449078						
DESPERDICIO POLIETILENO 13x4	94667						
DESPERDICIO MAT. ESTACIONADO	0						
CORRE DESPERDICIO GLOBAL	320425						
DESPERDICIO OTRAS M. FRIMAS	2398						
INDICE PIRELLI DE DESPERDICIO	297464	6874117,00	7173591	4,15	2,0	1,35	3,94
* NO SE CONSIDERAN PARA INDICES PIRELLI							
TOTAL DE DESPERD							543737
TOTAL DE DESPERDICIO ENTREGADO A EMBARQUES:							
TOTAL DE DESPERDIDOS CONSIDERADOS PARA INDICE PIRELLI DE DESP.GLOBAL						GLOBAL	322873
							2190,00
							3471215,00
							6493161,00
						6,825	3,255

PIN 44

b).- Se determina un factor de aislamiento, cintas, etc., para así obtener el total de cobre desnudo por área que se está desechando.

c).- Se quita un porcentaje del total del desperdicio para atribuírselo a tecnología. Esto aunque parezca simple ocasiona grandes problemas ya que cada vez la cuota variaba sin ningún tipo de control mas que el de mantener el nivel de desperdicio estable. Esto se puede ver más claramente en el siguiente ejemplo:

Ejemplo de como se estimaba la cuota de tecnología cada mes:

**COBRE PRODUCIDO Vs COBRE DESECHADO**

Producción	Desperdicio	%
759,324	89,506	10.57%

**TOTAL DE MATERIAL ENTREGADO Vs DESPERDICIO  
TOT.MAT.ENTREGADO**

SIN TECNOLOGIA:			
	Mat. Entregado	Desperdicio	%
FOAM	591,241	41,240	6.52%
SOLIDO	705,299	23,865	3.27%
	1,296,540	65,105	4.76%

CON TECNOLOGIA:			
	Mat. Entregado	Desperdicio	%
FOAM	591,241	56,791	8.62%
SOLIDO	705,299	33,715	4.56%
	1,296,540	89,506	6.54%

**Cuotas de tecnología establecidas para Noviembre y Diciembre 1997**

Del total de desperdicio en estirado fino y sobrantes de Alma

	TECNOLOGIA	PRODUCCION
FOAM	45%	55%
SOLIDO	36%	66%
SOBRANTES	30%	70%

PROMEDIO MENSUAL: 23,498 Kgs.

d).- El índice del desperdicio se calcula por medio de la fórmula 3.1, el desperdicio foam skin y sólido se mide por separado, por lo que el índice para el sólido es la misma fórmula sólo cambiando las cifras por las que hayan resultado en el mes para sólido.

$$\% \text{ Desperdicio foam skin} = \frac{A}{A + B}$$

Donde:

A = Desperdicio Cobre desnudo foam

B = Total de material foam entregado a embarques

Fórmula 3 1

e).- Se pasa el dato exclusivamente a la dirección del desperdicio *foam skin* y el desperdicio sólido.

### 3.2.5 Diagnóstico del sistema tradicional de control

En el siguiente inciso, se expondrán las deficiencias y limitaciones que presenta el sistema tradicional de control de desperdicio y de estas mismas en el próximo inciso se expondrán las características con las que deberá contar el sistema propuesto de control.

Después de haber analizado las ventajas y deventajas del sistema tradicional se llegó a las siguientes conclusiones:

Ventajas.

- Es un sistema práctico y fácil de entender tanto para operadores como supervisores de producción.

Desventajas:

- El sistema convencional en cada una de sus áreas no arroja información necesaria para poder determinar las causas que generan el desperdicio. Esto se acentúa más en el área de estirado donde el origen del desperdicio puede ser muy variado y sólo se sabe en forma global el desperdicio del área.

- Debido a la escasa información que arroja el sistema, no soporta un programa de mejora continua que tenga como finalidad la de reducir el desperdicio.

- No estimula la participación de los operadores para que ellos sean el principal factor de mejora. El simple hecho de saber cuánto tira cada uno de ellos los pondría en evidencia y tratarían de mejorar con respecto a sus compañeros.

- Los datos son de fácil manipulación en cuanto a la parte que se destina para tecnología y no entra en la cifra oficial. El desperdicio debe ser monitoreado en forma real mes a mes y el hacer esta manipulación no refleja el verdadero nivel de desperdicio en la planta.

Ahora que han quedado expuestas las deficiencias del sistema de control tradicional se procederá a exponer la gestión del sistema nuevo de control. Comenzaremos con mencionar lo que deberá cumplir partiendo de las carencias del anterior.

### **3.3.-Un sistema de control útil, confiable y oportuno**

Establecer el control en la emisión del desperdicio dentro de cualquier área de la planta de cable telefónico es la única base que podrá soportar las decisiones correctivas necesarias que tengan como finalidad última la disminución del desperdicio y todo esto se traducirá como una mejora considerable en la productividad de la planta. El sistema, para que funcione deberá ser:

- Preciso
- Veraz
- Oportuno
- Práctico

#### **3.3.1 Precisión**

La necesidad de esta característica en el sistema es de suma importancia ya que arrojará datos relevantes como:

- Tipo de material que se está desechando
- Persona y máquina que generó el desperdicio
- Causa que propició el desperdicio
- Cantidad generada por cada evento

La recopilación de estos datos es la única manera de tener la información necesaria para tomar una acción correctiva particular hacia un proceso, una máquina o un operador, una vez que se haya detectado su causa, así se podrán resolver problemas específicos

con metas medibles y alcanzables que en forma diaria se seguirá su evolución en base a reportes y estudios estadísticos. La factibilidad y tiempo de éxito de las metas impuestas será directamente proporcional al grado de precisión del sistema.

El sistema de control tradicional de desperdicio no cuenta con esta característica ya que la mayor precisión que éste alcanza es una división por áreas que sólo indica el peso desechado en forma mensual avalado por vales de desperdicio. Por lo tanto tomar una acción correctiva en base a estos datos corre el riesgo de ser una pérdida de tiempo y recursos al estar atacando un macro-problema que está dividido en una serie de problemáticas específicas que a diario suceden y que tanto su frecuencia como su impacto al nivel de desperdicio no están registrados.

### **3.3.2.- Veracidad**

El tener esta característica el sistema encierra mucho trabajo y puede que sea la parte más difícil de la implementación del control debido que la gente es la que está generando el desperdicio y sólo la gente, o mejor dicho, los operadores, son los responsables del reporte y registro de este desperdicio generado en sus máquinas por diversas causas como por ejemplo:

- Miedo a ser reprendidos por sus altos índices de desperdicio
- Tener muy arraigada la mala costumbre de no reportar para nada el desperdicio
- Falta de comprensión que de ellos depende en gran parte que la planta tenga buenas utilidades
- Etc.

se corre el riesgo de que el operador no cumpla con su responsabilidad de llevar a cabo el registro de los datos o que sean falsos. Por esta razón y para que el sistema cumpla este requisito será necesario cumplir con dos condiciones:

- Un sistema que ofrezca un candado, de forma natural y que no permita falsa información.
  
- Un plan de capacitación que tenga como finalidad el involucramiento total de los operadores en el nuevo sistema hasta lograr que forme parte integral de su auto-inspección que cada uno lleva, que vean su propio beneficio directo y que comprendan que ellos son un elemento clave para poder disminuir el desperdicio.

### **3.3.3.- Oportunidad**

La información que arroje el sistema deberá ser oportuna, es decir, deberá ser registrada justo en el momento en que el desperdicio se esté generando y así el procesamiento de los datos sea lo más pronto posible. El saber cómo se está comportando la planta será el mejor indicador para la toma de decisiones correctivas que tengan un impacto concorde a la realidad de una máquina u operador. No nos podemos esperar un mes completo para en ese momento decidir qué se va hacer. El flujo de información deberá ser en forma diaria.

El sistema actual no cuenta con esta característica ya que los vales de desperdicio se van guardando durante todo un mes; al fin de mes se separan por áreas, se contabilizan y se genera un reporte que indica en forma muy general cómo fue la generación de desperdicio por áreas sin entrar a detalle, por lo que si se tomara una acción correctiva en ese momento el tiempo transcurrido es el necesario para que las condiciones hayan cambiado así como los productos que se estén fabricando.

#### **3.3.4.- Práctico y sencillo**

Por último el sistema de control propuesto deberá ser práctico y sencillo tanto para que los operadores lo puedan llevar a cabo sin que interfiera en sus múltiples actividades y su asimilación sea casi automática, como para el personal encargado del procesamiento y estudio de los datos arrojados por el sistema pueda ser algo rutinario y de fácil delegación a los supervisores e ingenieros de proceso, que no les quite mucho tiempo, y entre más fragmentado sea el plan de acción más fácil será su seguimiento y tiempo de cumplimiento.

#### CAPITULO 4: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL

En el presente capítulo se establecerán por área los pasos que se siguieron para la implementación y qué herramientas se utilizaron para cumplir con los requisitos expuestos en el capítulo anterior:

- Precisión
- Veracidad
- Oportunidad
- Sencillez

Al momento de comenzar el proyecto de implementación se fijaron los siguientes objetivos:

- a).- Modificación del reporte de desperdicio para su información no fuera confusa y el llenado del mismo fuera más automatizado.

b).- Encontrar la manera de instalar un sistema definitivo de información que proporcionara los datos necesarios para realizar acciones correctivas específicas.

c).- Poner en acción un plan de reducción del desperdicio, teniendo como guía la información obtenida del punto anterior.

Una vez establecidos los objetivos y delimitado el problema, se decidió atacar las áreas que más problemas tienen en cuanto a emisión de desperdicio las cuales como ya se ha establecido antes son:

- 1.- Estirado y aislamiento en tandem
- 2.- Sobrantes de alma en cableado

En estos dos puntos se genera casi el 80% del total del desperdicio. Por lo tanto la implementación del sistema de control se hizo exclusivamente en estas dos áreas.

#### **4.1 Modificación del reporte de desperdicio**

La modificación del reporte de desperdicio fue el primer paso del proyecto. Como se mencionó en el capítulo anterior, éste no mostraba en forma clara el índice del desperdicio al asignar en forma arbitraria la cuota de tecnología.

En la fig. 4.1 se puede observar el formato nuevo del reporte de desperdicio el cual en forma clara muestra el desperdicio total de la planta y pone en evidencia la asignación a tecnología.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE PRODUCCION  
 REPORTE MENSUAL DE DESPERDICIO PLANTA CABLE TELEFONICO

ENERO 1998

AREA PRODUCTIVA	Desperdicio Total	Desperdicio de Cu desnudo	Kgs de Cobre Producido.	TOTAL prod + deep	% MENSUAL	META 1997	REAL 1998	REAL 1995
<b>ESTRADO</b>								
Estrado Grueso	518	518	1 288 869	1 289 387	0.04	0.03	0.04	0.03
Estrado fino y aislamiento	38 834	28 753	780 636	809 388	3.55			
Sobantes de Cargas en cableado	19 147	15 283	780 636	795 919	1.92			
<b>TOTAL</b>	<b>58 499</b>	<b>44 554</b>	<b>780 636</b>	<b>625 189</b>	<b>5.40</b>	<b>2.50</b>	<b>5.34</b>	<b>4.32</b>
<b>CABLEADO</b>								
Cableadoras	4 983	3 977	763 818	767 795	0.52	0.60	0.55	0.82
Reundo	5 186	4 139	694 683	698 622	0.59	0.5000	0.97	0.85
<b>CUBIERTAS</b>								
Extrusion	19 864	9 336	794 873	804 209	1.16	0.500	0.97	0.85
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	0	0	794 873	794 873	0.00	0.15	0.21	0.25
<b>SUB TOTAL PRODUCCION:</b>	<b>88 532</b>	<b>62 008</b>	<b>780 636</b>	<b>842 642</b>	<b>7.36</b>	<b>3.76</b>	<b>7.11</b>	<b>5.31</b>
TECNOLOGIA	35 391	28 249	780 636	808 884	3.49			
DEVOLUCIONES	0	0	780 636	780 636	0.00			
<b>TOTAL PLANTA:</b>	<b>123 923</b>	<b>80 255</b>	<b>780 636</b>	<b>870 891</b>	<b>10.38</b>			

INDICE DESPERDICIO COBRE POR PRODUCCION

DESPERDICIO DE COBRE PRODUCCION VS TOTAL DE MATERIAL ENTREGADO A EMBARQUE					
		PESO TOTAL DE CABLE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO FOAM SKIN	42 251	FOAM ENTREGADO	552 992	FOAM SKIN	7.10%
		PESO TOTAL DE CABLE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO SÓLIDO	19 756	SOLIDO ENTREGADO	775 162	SOLIDO	2.49%
<b>TOTAL</b>	<b>62 006</b>		<b>1 328 154</b>		<b>4.46%</b>
DESPERDICIO DE COBRE PRODUCCION VS TOTAL DE COBRE ENTREGADO A EMBARQUES					
		PESO TOTAL DE COBRE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO FOAM SKIN	42 251	FOAM ENTREGADO	319 544	FOAM SKIN	11.68%
		PESO TOTAL DE COBRE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO SÓLIDO	19 756	SOLIDO ENTREGADO	462 716	SOLIDO	4.09%
<b>TOTAL</b>	<b>62 006</b>		<b>782 260</b>		<b>7.34%</b>

INDICE DESPERDICIO COBRE TOTAL DE LA PLANTA

DESPERDICIO DE COBRE TOTAL DE PLANTA VS TOTAL DE MATERIAL ENTREGADO A EMBARQUES					
		PESO TOTAL DE CABLE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO FOAM SKIN	66 285	FOAM ENTREGADO	552 992	FOAM SKIN	10.70%
		PESO TOTAL DE CABLE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO SÓLIDO	23 970	SOLIDO ENTREGADO	775 162	SOLIDO	3.00%
<b>TOTAL</b>	<b>90 255</b>		<b>1 328 154</b>		<b>6.36%</b>
DESPERDICIO DE COBRE TOTAL DE PLANTA VS TOTAL DE COBRE ENTREGADO A EMBARQUES					
		PESO TOTAL DE COBRE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO FOAM SKIN	66 285	FOAM ENTREGADO	319 544	FOAM SKIN	17.18%
		PESO TOTAL DE COBRE		% DESPERDICIO	
DESPERDICIO SÓLIDO	23 970	SOLIDO ENTREGADO	462 716	SOLIDO	4.93%
<b>TOTAL</b>	<b>90 255</b>		<b>782 260</b>		<b>10.34%</b>

Fig 4 1



### Factor de Cobre Mensual

(se toma como base lo producido en estrado y aislamiento)

Producto	Producción mensual en km	% de producción	% de cobre	FACTOR COBRE	Cobre x km	Poliuretano x km	Pigmento x km	% Poliuretano	Cu desnudo producido	
26 SH	15 856	3,00	72,24	0,0218	1,13	0,42490	0,01090	27,76	17 979	
26FSJ	0	0,00	84,16	0,0000	1,13	0,20928	0,00419	15,84	0	
26CHIL	11 756	2,22	81,18	0,0180	1,13	0,25629	0,00657	18,82	13 330	
26COL	0	0,00	78,54	0,0000	1,13	0,30204	0,00775	21,46	0	
26ASP	237 146	44,81	78,54	0,3520	1,13	0,30204	0,00775	21,46	268 900	
24SH	27 041	5,11	72,68	0,0371	1,82	0,66560	0,01706	27,32	49 106	
24FSJ	153 656	29,04	85,26	0,2476	1,80	0,30710	0,00450	14,74	276 673	
24CHIL	1 693	0,32	81,69	0,0026	1,82	0,39850	0,01021	18,31	3 087	
24ASP	34 443	6,51	80,49	0,0524	1,78	0,42087	0,01079	19,51	61 329	
24ACOM	0	0,00	72,68	0,0000	1,82	0,66560	0,01706	27,32	0	
24ALVIN	42 236	7,98	73,70	0,0588	1,82	0,63950	0,00850	26,30	76 701	
22MED	0	0,00	81,25	0,0000	2,82	0,63355	0,01625	18,75	0	
22ICE	0	0,00	82,40	0,0000	2,86	0,59550	0,01527	17,60	0	
22 CHIL	2 312	0,44	82,54	0,0036	2 89	0,59550	0,01527	17,46	6 674	
22 ASP	0	0,00	80,83	0,0000	2 82	0,65370	0,01527	19,17	0	
22 SH	1 593	0,30	76,65	0,0023	2,88	0,86230	0,01520	23,35	0	
20 SH	1 443	0,27	76,50	0,0021	4,61	1,40000	0,01673	23,50	6 657	
<b>TOTAL</b>	<b>529.175</b>	<b>100,00</b>	<b>FACTOR MENSUAL</b>	<b>0,7982</b>					<b>Total Cu desnudo KG</b>	<b>780.636</b>

FACTOR DE COBRE CUBIERTAS: 0,69

	mm	% DEL TOTAL
FOAM SKIN	276673	0,35
SOLIDO	503763	0,65

Foam-cobre	Foam-total	Sólido-cobre	Sólido-total
55 970	101 513		
130 326	229 532		
63 638	116 571	0 59	0 41
0 345	0 555		
2 054	3 179		
1 067	1 632		
66 144	100 010		
0 000	0 000		
<b>319,544</b>	<b>552,992</b>	<b>462,72</b>	<b>775,16</b>

TECNOLOGIA	PRODUCCION
FOAM	0 45
SOLIDO	0 35
SOBRANTE	0 30

factor sólido 0 59      0 58  
 factor foam 0 41      0 42

Fig 43

Este formato nuevo se realizó en una hoja de cálculo del paquete microsoft excel. Se hizo una liga automática donde se descargan los vales de desperdicio y mediante un factor sacado de la producción real del mes se determina el peso del cobre desnudo.

Esto nos da la automatización del cálculo del total del desperdicio por áreas. En la figura 4.2 se puede ver la hoja donde se vacían los vales y en la figura 4.3 se observa el cálculo del factor de cobre en base a la producción real del mes.

#### **4.2 Estirado y Aislamiento tandem**

Como se expuso en el capítulo anterior el sistema de control requiere entre otras cosas un candado natural que no permita información falsa, que sea sencillo y sobre todo que permita un sistema de acciones correctivas.

Al momento de la implementación del sistema de control, en la planta de telefónico se estaba instalando un sistema de identificación electrónica de materiales con lo que se eliminarían todos los reportes escritos y todo sería llevado en una base de datos electrónica. Sin embargo este sistema no contaba con un módulo para llevar el desperdicio, se hizo una petición al departamento de sistemas para que realizara las modificaciones necesarias al programa y se pudiera llevar este módulo en piso.

A continuación se hará una breve semblanza de lo que es este sistema de control y qué tuvo que hacerse para acoplarlo como una herramienta muy útil en el proceso de obtención de información.

#### 4.2.1 Sistema electrónico de identificación de materiales

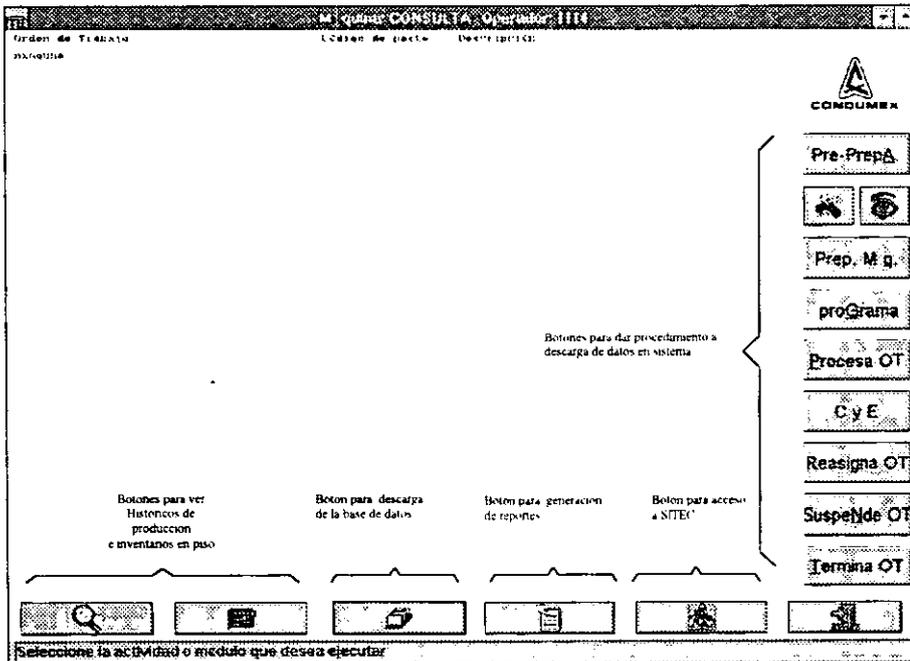


Fig. 4.4

En la figura 4.4. se puede ver la pantalla principal de control de piso que es un sistema de administración de control de producción, y a la vez es un sistema estadístico que fue exclusivamente diseñado para las necesidades de la planta.

Este es un sistema en red en donde la información de proceso es registrada por el personal operario directamente en piso, permitiendo de esta manera a toda persona que ocupa este sistema tener una información directa y oportuna de los sucesos que acontecen

en piso, tales como: avances de producción por máquina, producción por máquina diaria ,inventarios en piso, trazabilidades o rastreabilidad del producto terminado e índices de operación.

Sin embargo este sistema no contaba con el módulo del desperdicio, por lo que se hizo una orden de trabajo al departamento de sistemas para que éste programara el módulo. Además el módulo debería contar con los siguientes requisitos:

a).- El operador deberá de leer mediante un código de barras la causa por la cual se está desechando el desperdicio.

b).- Se deberá dar la cantidad que se está desechando

c).- Al momento de hacer la descarga, se asignarán los datos de la orden de trabajo que se está llevando a cabo los cuales darán: la fecha, el operador y producto que se está fabricando.

Desde la segunda quincena de noviembre de 1997 se contó con el módulo de desperdicio en control de piso, se programó el módulo modificando las tablas y procedimientos internos.

#### 4.2.2 Procedimiento de descarga de información en el módulo de desperdicio:

Dentro de las hojas de incidencias de tiempo paro de máquina que se tienen en cada centro de auto-inspección, se anexaron 20 tipos de incidencias que tienen como resultado desperdicio, por lo que cada operador deberá hacer lo siguiente:

1.- Cada vez que suceda la incidencia y se comience a producir el desperdicio, al mandar el cambio de bobina el operador deberá anotar la longitud en kms. del desperdicio que se generó.

2.- Cuando vaya a registrar sus bobinas de producto terminado, también se registrarán las que contengan desperdicio, de la siguiente manera:

- a).- Tomar la hoja de incidencias de desperdicio.
- b).- Leer el código de barras correspondiente a la incidencia (NUNCA LEER EL BOTÓN DE LA BOBINA).
- c).- Registrar en la lectora la longitud en kms. de material que se haya generado en el evento. Colocar el papel o tarjeta indicando la longitud en la bobina a tirar.
- d).- Si se tienen bobinas buenas, registrarlas como ya se ha estado haciendo con anterioridad.
- e).- Finalmente descargar los datos del lector en la máquina.

3.- Cuando se trate de material *foam-skin* el ayudante no podrá llevarse la bobina a tirar a la máquina desenrolladora a menos que el operador le haya colocado a la bobina la tarjeta que indique la longitud de la bobina y el número de máquina de que se trate.

4.- Los ayudantes, al final de cada turno deberán juntar los papeles que indiquen las longitudes y números de máquinas y entregárselos al supervisor.

Con los pasos 3 y 4 se tendrá una forma de cuadrar la descarga de datos al sistema con la cantidad de material que se tiró en el turno.

En la figura 4.5 puede verse la hoja que se tiene en cada estación de registro la cual contiene las incidencias que tienen como resultado generación de desperdicio las cuales son:

1.- Cambio de color

Mantenimiento:

2.- Pruebas por fallas mecánicas

3.- Pruebas por fallas eléctricas

Arranque por cambios de:

4.- Calibre

5.- Producto

6.- Mallas en extrusores

7.- Mantenimiento preventivo

8.- Paro de emergencia

9.- Falla en cambio automático

Arranque por reventón en:

10.- Caja de estirado

11.- Recocedor

12.-Enrollador

Fallas generales de:

13.- Capacitancia

14.- Centrado

15.- Diámetros

16.- Elongación

17.- Adherencia

18.- Tecnología (prototipos, nuevos productos, etc)

19.- Falla en colorímetro

20.- Falla de sistema de emulsión

Este sistema cumple al 100% con tres requisitos explicados con anterioridad:

Precisión, Oportunidad y Sencillez.

Una vez que se puso en marcha la descarga de los desperdicios, se diseñó un programa de capacitación en piso el cual fue impartido por un servidor a cada uno de los operadores de los tres turnos de cada línea de estirado. Con este curso se cumplió también con el requisito de que el personal se involucrara y se viera como parte importante del programa de reducción del desperdicio. En la fig.4.6 se puede ver la lista de asistencia a dicho curso.

# TABLA CONTROL DE DESPERDICIOS

"TELEFONICO"

ESTIRADO-AISLAMIENTO

 *DES-01* CAMBIO DE COLOR		 *DES-16* TECNOLOGIA Y/O PROTOTIPOS
POR ARRANQUE DE:	MATERIAL CON FALLA DE:	POR FALLA DE MAQUINA
 *DES-07* REVENTON CAJA DE ESTIRADO	 *DES-11* FALLA DE CAPACITANCIA	 *DES-02* PRUEBAS POR FALLAS MECANICAS
 *DES-08* REVENTON EN RECOCEDOR	 *DES-12* FALLA DE CENTRADO	 *DES-03* PRUEBAS POR FALLAS ELECTRICAS
 *DES-10* REVENTON EN ENRLLADOR	 *DES-13* FALLA DE DIAMETROS	 *DES-17* FALLA DE CAMBIO AUTOMATICO
 *DES-05* CAMBIO DE PRODUCTO	 *DES-14* FALLA DE ELONGACION	 *DES-18* FALLA DE COLORIMETRO
 *DES-06* CAMBIO MALLAS DE EXTRUSORES	 *DES-15* FALLA DE ADHERENCIA	 *DES-21* FALLA SISTEMA EMULSION
 *DES-19* MATTO. PREVENTIVO		
 *DES-20* PARO DE EMERGENCIA		
 *DES-04* CAMBIO DE CALIBRE	 *DES-01* CAMBIO DE COLOR	
 *DES-22* POR FALTA DE BOBINAS	 *DES-01* CAMBIO DE COLOR	

Fig 4.5

### LISTA DE ASISTENCIA

CURSO Reporte de Desperdicio en Control de PISO FECHA 12 Noviembre 1997

INSTRUCTOR Mauricio Vaca Gómez FIRMA [Signature]

EVALUACION  EXAMEN TEORICO  EXAMEN PRACTICO  ASISTENCIA SESION \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 HORA: DE \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_  
 DURACION TOTAL: \_\_\_\_\_

FICHA	NOMBRE	DEPTO.	FIRMA	CALIF
10318	Reneidas Jimenez	N-827	[Signature]	
11345	Santiago Gonzalez	N-625	[Signature]	
11014	Hermenegildo Hernandez	D-999-10	[Signature]	
10667	<del>SAUL</del> CILLO SALINAS	D-11-12	[Signature]	
12164	JAVIER LOPEZ JIMENEZ	N-324	[Signature]	
11844	Jose Carmen Ruiz	N-192	[Signature]	
11504	Armando Aricaga Hdz.	D-11-12	[Signature]	
11823	EFRAIN Ramirez	D-10-9	[Signature]	
<del>10565</del>	Martha Ramirez	N-823	[Signature]	
10907	Juan Victoriano	N-546	[Signature]	
18332	Esteban Ochoa	N-5-9	[Signature]	
10565	J. Santos Hdez	N-1-2	[Signature]	
1054	Jose Luis Cortez	sup	[Signature]	

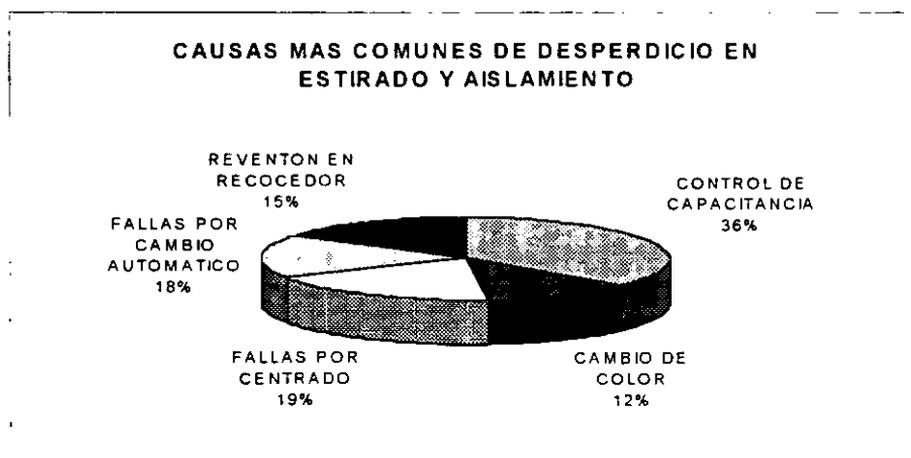
\* C.R. - C.H. - L.P.S.

CS

12300 02 F2

El resultado de la implementación de este módulo tuvo éxito y en cuestión de un mes la información comenzó a fluir en forma constante. De esta manera se comenzó a hacer estadísticas de las causas del desperdicio y por primera vez se podía saber qué máquina, qué causa, qué producto y qué operador generaba la mayor cantidad de desperdicio. En la fig. 4.7 podemos ver los reportes que pueden generar en control de piso mediante el módulo del desperdicio.

En la gráfica 4.1 se puede ver cómo después de hacer la recopilación de la información quedó distribuido el desperdicio en estirado. Todos los datos fueron obtenidos mediante los reportes de control de piso.



Gráfica 4.1

Filtro de Selección: incluye all records whose activities segment is equal to the job number. Starts to equal to '001' and finishing number is equal to 11111111 and activity segment is greater than 0 001 and activity number is equal to 11111111 and activity segment is less than 1 001

Reporte diario desperdicio  
Condotel, S.A. de C.V.  
Fecha: 02/10/1995 Hora: 11:15

PAT201 AISLAMIENTO TAMBOR MORIA 1						Cantidad	
CodigoParte		Causa	Empleado	Hora	Fecha	Km	Kg
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-07 REVENTON CAJA DE ESTIRADO	13714	09:01	11-14-1997	7.000	6.050
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-07 REVENTON CAJA DE ESTIRADO	13714	11:36	11-14-1997	12.000	15.700
Total Turno 1						19.000	21.750
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-07 REVENTON CAJA DE ESTIRADO	11444	08:01	11-14-1997	3.500	4.015
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-11 FALLA DE CONTRADO	11444	19:21	11-14-1997	39.000	34.500
Total Turno 2						42.000	38.515
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-11 FALLA DE CONTRADO	13259	01:11	11-15-1997	4.000	4.500
Total Turno 3						4.000	4.500
Total por maquina						108.500	
PAT202 AISLAMIENTO TAMBOR MORIA 2						Cantidad	
CodigoParte		Causa	Empleado	Hora	Fecha	Km	Kg
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-07 FUEGAS Y FALLAS ELECTRICAS	13714	14:12	11-14-1997	1.000	2.300
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-07 REVENTON CAJA DE ESTIRADO	13714	11:45	11-14-1997	14.000	11.500
Total Turno 1						15.000	13.800
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-04 CAMBIO DE COLOS	13258	01:17	11-15-1997	10.000	11.500
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-04 CAMBIO DE PALLAS EXTRUSORES	13258	01:28	11-15-1997	12.000	13.000
Total Turno 2						22.000	24.500
Total por maquina						37.000	
PAT203 AISLAMIENTO TAMBOR MORIA 3						Cantidad	
CodigoParte		Causa	Empleado	Hora	Fecha	Km	Kg
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-04 CAMBIO DE COLOS	13127	12:05	11-14-1997	8.500	5.190
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-04 CAMBIO DE PALLAS EXTRUSORES	13127	08:55	11-14-1997	7.500	4.445
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-11 FALLA DE CONTRADO	13127	04:55	11-14-1997	7.000	2.450
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-11 FALLA DE CONTRADO	13127	19:10	11-14-1997	61.710	67.965
Total Turno 1						77.710	79.950
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-14 REVENTON EN ENROLLADOR	12464	10:41	11-14-1997	3.500	3.955
Total Turno 2						3.500	3.955
16AM72PE61	ALMA POLIETILENO 6 4/0 713	DES-14 REVENTON EN ENROLLADOR	13141	00:57	11-14-1997	2.000	2.100
Total Turno 3						2.000	2.100
Total por maquina						87.650	

Fig. 4.7

Con toda esta información sí se puede soportar un sistema correctivo de acciones que se llevarán a cabo. En el próximo capítulo se establecerá qué acciones se tomaron y cuáles fueron sus resultados.

### **4.3 Sobrantes de cableado**

El problema del desperdicio por sobrantes en cableado, aunque parezca un problema complejo, se solucionó mediante la adquisición de un patrón 100% confiable de medición de longitudes de las bobinas de aislamiento.

Este patrón se adquirió en forma de préstamo de una de las plantas de grupo. En la figura 4.8 podemos ver el productímetro laser.

Con el laser se tomaron mediciones en todas las máquinas de estirado y se determinó que 4 de las 12 existentes tenían problemas con su sistema de medición de producción.

El problema fue que las 8 que no presentaron problemas tenían integrado un sensor en forma de PLC en el mismo enrollador dual. Estos enrolladores son de un tipo de marca diferente a los que sí presentaron problemas.

Los metros de las máquinas en mal estado utilizaban un sistema de división de pulsos, es decir de 20 pulsos que mandaba la polea de un metro de perímetro se tenía que dividir a un pulso y sólo con esta disminución de pulsos el PLC que controla la máquina

podía recibir la señal. La tarjeta que hacía esta división era hechiza y eso hacía que las longitudes variaran casi en 2000 metros por bobina.

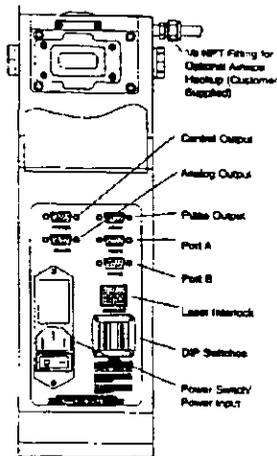
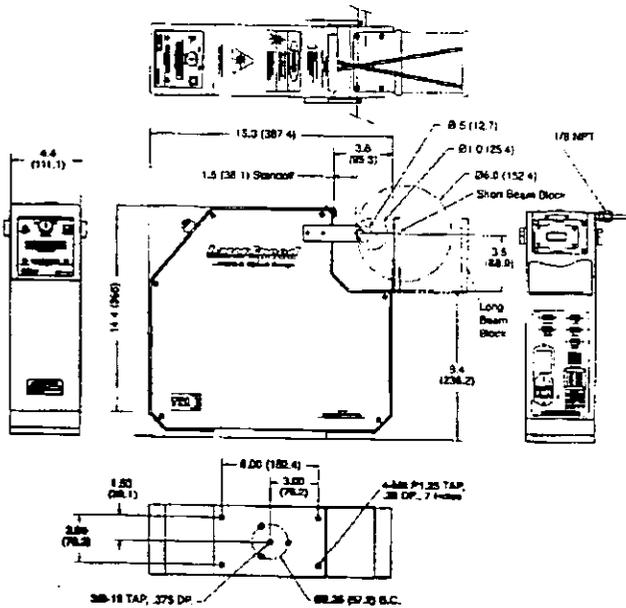


Fig 48

**COMPORTAMIENTO DE LOS PRODUCTIMETROS DE ESTIRADO  
(VALORES PROMEDIO PARA LONGITUD EN METROS)  
USO DE PRODUCTIMETRO LASER**

MAQUINA	CONTROL DE CAMBIOS	LONGITUD PROGRAMADA	LONGITUD LASER	VARIACION PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	% VARIACION CAMBIOS
NOKIA 1	ENROLLADOR	50,400	50,473	73	28.11	0.06%
NOKIA 2	ENROLLADOR	50,600	50,580	-20	25.5	0.05%
NOKIA 3	ENROLLADOR	50,350	50,208	-142	8.83	0.02%
NOKIA 4	PLC INTERNO	50,300	50,508	208	47.09	0.09%
NOKIA 5	ENROLLADOR	50,300	50,320	20	63.34	0.13%
NOKIA 6	ENROLLADOR	37,500	37,483	-17	13.54	0.04%
NOKIA 7	PLC INTERNO	50,300	50,277	-23	5.63	0.01%
NOKIA 8	PLC INTERNO	50,300	50,193	-107	73.21	0.15%
<b>DE ANGELI 9</b>	<b>PLC</b>	<b>51,550</b>	<b>51,573</b>	<b>23</b>	<b>18.5</b>	<b>0.04%</b>
DE ANGELI 10	TARJETA CONDUTEL	51,550	51,538	-12	40.7	0.08%
DE ANGELI 11	TARJETA CONDUTEL	51,550	51,804	254	16.44	0.03%
DE ANGELI 12	DYNAPAR	51,550	51,396	-154	498.74	1.00%

**OBSERVACIONES:**

- NOKIAS 1,2,5,6 Y 7 EN BUEN ESTADO
- DE ANGELI 9 TIENE UN PLC PARA CONTROLAR EL PRODUCTIMETRO
- DE ANGELI 12 ES LA PEOR MAQUINA DEBIDO A SUS VARIACIONES
- EL SISTEMA CON TARJETA Y DYNAPAR PRODUCE VARIACIONES CON EL CAMBIO DE CALIBRE Y DE LONGITUDES

**RECOMENDACION:**

**COMPRAR PLC PARA LAS LINEAS DE ANGELI 10,11, 12**

Cuadro 4 1

En el cuadro 4.1 se puede observar las mediciones hechas con el productímetro laser y como se comportaron las variaciones en las máquinas.

#### **4.4 Establecimiento de metas**

El último paso de la implementación del sistema fue establecer metas de desperdicio por área. De esta manera se medía el desperdicio en forma diaria y se podía saber desde el inicio del mes cuánto desperdicio se podía tirar para cumplir las metas.

La conclusión de estas metas era que se daba en número de días y se pasaba en cuanto a emisión de desperdicio, por decir, podía llegar al día 21 del mes y para ese entonces ya se habían rebasado las metas establecidas.

En el cuadro 4.2 podemos ver las metas establecidas para la planta.

En el capítulo siguiente se expondrán los resultados de la implementación de sistema nuevo de control y cuál fue el beneficio económico del mismo.

### METAS PARA ENERO 1998

OBJETIVOS: SOLIDO 3%

FOAM 5,5%

1347613

FOAM 58.035

997.233

SOLIDO 10.836

350.379

	METAS ENERO 98			REAL AL 15 DE ENERO			VARIACIONES		
	Foam	Sólido	TOTAL	FOAM	SOLIDO	TOTAL	FOAM	SOLIDO	TOTAL
estirado grue	245	46	291	0	0	0	-100%	-100%	-100%
est.fino	25.361	4.735	30.096	20.054	7.699	27753	-21%	63%	-8%
sobrantes cab	14.120	2.636	16.756	10.157	1.011	11168	-28%	-62%	-33%
						0			
cableado	5.431	1.014	6.445	1.002	694	1696	-82%	-32%	-74%
reunido	5.584	1.043	6.627	3.063	1.076	4139,38	-45%	3%	-38%
						0			
extrusion cub.	5.886	1.099	6.985	4 723	1.660	6382,921	-20%	51%	-9%
aseg. calidad	1.408	263	1.671	881	310	1190,919	-37%	18%	-29%
	58.035	10.836	68.871	39.880	12.450	52.330	-31%	15%	-24%

Cuadro 4.2

## CAPITULO 5: ACCIONES CORRECTIVAS Y RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL

Después de tres meses de que el sistema de control estuvo en funcionamiento, la información fue la suficiente para poner en marcha la segunda parte del proyecto: acciones correctivas cuya finalidad es la reducción del desperdicio. Primero se expondrán las acciones tomadas en cada área y posteriormente veremos el resultado final de la implementación.

### **5.1 Estirado fino y aislamiento**

Como se vió en el capítulo anterior el control de la capacitancia y el centrado representan más del 50% de las causas que ocasionan el desperdicio, por lo tanto se llevaron a cabo las siguientes acciones:

### 5.1.1 Control de temperatura en el espumado de foam-skin

El porcentaje de expansión del polietileno durante la extrusión, se controla a través de las temperaturas de la extrusora, pero en especial la temperatura de la Zona 5 es la que proporciona la espumación final en el *foam*. Esta zona está conectada a un tubo de capacitancia y a la canal telescópica, entre estas tres partes de la línea se controla gran parte de la capacitancia coaxial durante el proceso de aislamiento. En la fig. 5.1 podemos ver esto gráficamente.

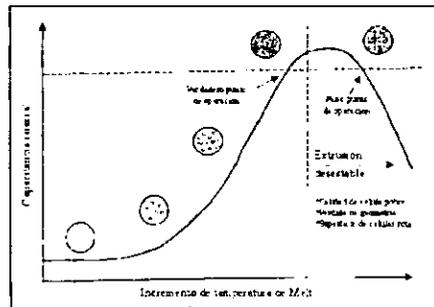


Fig.5.1

La acción correctiva que se tomó fue sencilla, se programó en el PLC de la máquina un *set-point* de la zona 5, de esta manera el control de la temperatura será diferente a las demás zonas del extrusor. Esto se explica a continuación:

El control de temperatura de las zonas del extrusor (figura 5.2), consta de un termopar o un RTD, el cual se encarga de medir la temperatura del barril y manda la

referencia para que entre el ventilador en caso de que esté muy caliente la zona o por el contrario, manda a la resistencia a calentar hasta alcanzar la temperatura requerida.

En las zonas del extrusor, se programa un *set point* y la máquina siempre corregirá contra éste, pero en el caso de la Zona 5, se cambió de tal forma que ahora el *set point* la máquina lo utilizará sólo como referencia, debido a que depende de su temperatura la calidad y el control del producto, la máquina ajustará la temperatura dependiendo cuánto se necesite, siempre y cuando caiga dentro del rango de tolerancia de el *set point*, el cual es de  $\pm 5\%$ ; cabe mencionar que si la maquina está parada, la Zona 5 al igual que las demás zonas tenderá a igualar el *set point*.

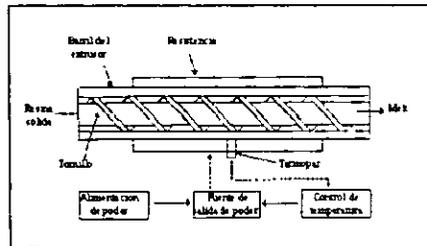


Fig. 5.2

A continuación se describirán los demás elementos que intervienen en este control de la Zona 5 y se hará una simulación de cómo se controla ahora la capacitancia coaxial del cable.

Tubo de capacitancia.

La función del tubo de capacitancia es medir la capacitancia coaxial en la línea. Esta medición expresada en voltaje se manda a un capacitor, el cual se encarga de procesar los datos convirtiendo el valor de voltaje en Pf/m y enviarlo al PLC para ordenar las acciones

TESIS EN BLANCO

No. **113**

viceversa. Esta medición le indica al control de la máquina en qué posición está la canal y así sabe hacia donde y cuanto debe recorrerse esta.

#### 5.1.1.1 Simulación del sistema de control de temperatura

Tomaremos como ejemplo una corrida de un alma de un cliente de exportación, cómo en el cual la tabla de proceso pide un valor de capacitancia coaxial de 170 Pf/m nominal con una tolerancia de  $\pm 3$  Pf/m. Una vez que la línea ha sido arrancada y ya con los extrusores encendidos, iniciaremos explicando el control automático del diámetro sobre aislamiento, el cual tiene relación directa con el comportamiento de la capacitancia.

Con el extrusor principal en automático: el medidor de diámetro de rayo laser que se encuentra a la salida de la canal de enfriamiento se encarga de detectar el valor de diámetro que presenta el conductor ya aislado, este valor es enviado al PLC el cual le indica al extrusor si el diámetro del aislamiento coincide con el valor del *set point* previamente programado, de no ser así, le obliga a corregir las RPM's hasta alcanzarlo. ejemplo: si el diámetro sobre aislamiento está alto, el extrusor principal bajará sus revoluciones. Para el caso del extrusor auxiliar, el automático controla las RPM's de una manera muy lenta, básicamente es usado el automático para prevenir que cuando pare la línea este extrusor lo haga también.

En lo referente al control de capacitancia, el valor detectado por el tubo de capacitancia es enviado al PLC, el cual ordena a la Zona 5 del extrusor principal si debe calentar o enfriar dependiendo la capacitancia que tenga el conductor, como la Zona 5

tarda en enfriar o calentar 1°C, la canal telescópica se recorre para absorber la variación de capacitancia mientras la Zona 5 alcanza la temperatura requerida, esto es, si es necesario enfriar la temperatura, mientras la Zona 5 baja, la canal telescópica se acerca a la cabeza de extrusión, y por el contrario cuando es necesario calentar el plástico, la Zona 5 sube y la canal telescópica se recorre hacia atrás para no enfriar y así permitir que continúe expandiéndose el polietileno *foam*. Es importante mencionar que durante el proceso, la canal telescópica tenderá siempre a buscar su posición en el 50%.

En la figura 5.3 se muestra el comportamiento de las variables de proceso y el control de la máquina a diferentes condiciones.

Una acción adicional fue colocar en una visible del tablero de control este cuadro de comportamiento de la máquina para controlar en automático la capacitancia. De esta manera si el operador tiene que hacer el control en forma manual, éste le sirve de ayuda visual para tomar una determinada acción operativa para con la máquina.

### CONTROL DE CAPACITANCIA Y DIAMETRO

DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO			CAPACITANCIA			CORRECCION POR AJUSTE DE		
Alto	Bajo	Correcto	Alta	Baja	Correcta	Distancia cabeza/cana	Velocidad del tornillo	Temperatura Zona 5
■			■			Mas grande	Mas lenta	Mas elevada
				■		Mas pequeña	Mas lenta	Mas baja
					■	Mas grande	Mas lenta	Mas elevada
	■		■			Mas grande	Mas rapida	Mas elevada
				■		Mas pequeña	Mas rapida	Mas baja
	■				■	Mas pequeña	Mas rapida	Mas baja
		■	■			Mas grande	Mas lenta	Mas elevada
				■		Mas pequeña	Mas rapida	Mas baja

Fig. 5.3

Supongamos que en nuestra corrida de producción se mantiene el valor de diámetro en 0.730 mm y el valor de capacitancia en 170 Pf/m, el tornillo del extrusor principal gira a 14 RPM's, la canal telescópica está en el 50% y la temperatura de la Zona 5 es de 184°C; durante la operación el diámetro sube a 0.736 mm y la capacitancia baja a 167 Pf/m; lo que haría la máquina es lo siguiente:

El tornillo del extrusor baja sus RPM's a 13 y la canal de enframamiento se recorre hacia adelante para subir la capacitancia; si al alcanzar el diámetro nominal el conductor no ha subido la capacitancia, la canal telescópica continúa acercándose a la cabeza de extrusión y la Zona 5 baja su temperatura a 183°C o menos si es requerido. Una vez alcanzado el valor nominal de capacitancia la canal telescópica poco a poco regresa a su posición original quedándose el control en la Zona 5.

Las variaciones que puedan existir en la capacitancia coaxial en línea se deben a diferentes factores, como son: el enfriamiento no uniforme en la canal; el flujo del plástico en el herramental; la variación en el porcentaje de expansión del plástico y hasta el medio ambiente; también las variaciones en el diámetro del cobre y su temperatura son críticas en el control de la capacitancia.

### **5.1.2 Medición de la temperatura del cobre**

La temperatura del cobre es una variable que vio que era necesario cuidar, esta temperatura se da en el precalentador, y sirve para obtener adherencia del plástico sobre el conductor, así como evitar el choque térmico entre el cobre y el plástico caliente. Anteriormente en el tablero de control se programaba un *set point* de voltaje en el precalentador, el cual hacía que se mantuviera constante el calentamiento sobre el conductor, pero al salir del recocedor, el cobre puede variar su temperatura por las fluctuaciones del agua de enfriamiento en éste, lo que origina que aunque el calentamiento sea constante, la temperatura puede variar.

Si se tienen variaciones en la temperatura del conductor al entrar a la cabeza de extrusión, el plástico que se encuentra cerca del cobre al momento de ser aislado, varía su espumado, esto es, si el cobre está en partes caliente y en partes un poco más frío; el plástico, en donde se encuentra más caliente, se expande originando burbujas más grandes que donde se encuentra más frío el conductor y esto repercute en la capacitancia del alma.

Se estuvieron analizando diversos mecanismos de cómo controlar esta temperatura del cobre y se optó que la más viable era controlar la temperatura del cobre y no el voltaje del precalentador, este control es posible a través de una cabeza de medición de temperatura de cobre *Luxtrón*, la cual se instaló antes de entrar a la cabeza de extruido. De no haberse podido comprobar que esta falta de control era un problema grave, mediante la información arrojada por el sistema, estos controladores de temperatura no se hubieran autorizado para su compra. En la fig. 5.4 podemos ver un esquema de esta cabeza de medición.

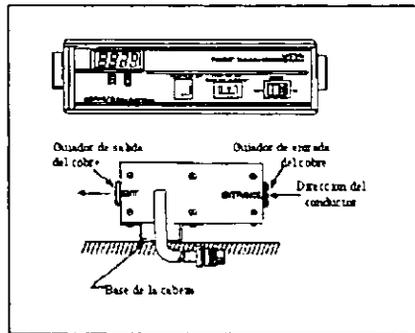


Fig.5.4

Este equipo de medición es de no contacto con el cobre y funciona utilizando dos sensores programados por un *set point* a diferente temperatura controlada; la cabeza mide la diferencia entre temperaturas del conductor que pasa a través de ella y los sensores, y de esta manera un microprocesador calcula la temperatura del producto, este microprocesador se encuentra en un *display* al cual está conectada la cabeza de medición, también en éste se programan los límites alto y bajo de los sensores ya mencionados. La

cabeza *Luxtrón* es autocalibrable por lo que su medición es confiable y aplicable al proceso de extrusión en líneas en tandem.

El *display* de la cabeza *Luxtrón* está conectado directo al PLC, así la lectura obtenida en la cabeza es procesada para su control, de esta manera se programa en el panel de control de la línea la temperatura a la que se necesita el conductor y el PLC controla automáticamente el voltaje del precalentador manteniendo lo más constante posible la temperatura del cobre a la entrada de la cabeza de extrusión. Esta opción debe ser usada en todo momento, sin embargo es posible regresar a controlar el voltaje del precalentador si el proceso así lo requiere; el operador puede cambiar de control por voltaje a control por temperatura posesionando el cursor en el *set point* de ésta, es recomendable hacerlo con la máquina en paro.

Para asegurar el control del proceso en línea, además de la cabeza de medición de temperatura, las máquinas tienen una serie de gráficas en donde se puede observar el comportamiento del material durante toda la corrida de producción; en estas gráficas se puede almacenar información hasta de un día anterior.

### **5.1.3 Instalación de una gráfica de advertencia**

La última acción correctiva que se hizo en esta área, fue la programación de una gráfica de advertencia cuando un producto estaba saliendo mal, a continuación se detalla mas esta situación.

Se tienen gráficas para observar el comportamiento del diámetro sobre aislamiento, la velocidad de línea, las temperaturas de extrusión, el control de tensión, y la capacitancia coaxial. A continuación describiremos cómo trabaja esta última por ser la más importante en el proceso *foam skin*.

Como se muestra en la figura 5.5, para la capacitancia coaxial se grafican la hora actual contra el valor en Pf/m, se tiene una línea continua que indica el valor nominal que debe cumplir el alma (verde), una que indica el valor máximo (rosa) y otra que indica el valor mínimo (rojo), la lectura que manda el tubo de capacitancia se va graficando constantemente sobre éstas (amarillo) y para saber dónde empezó y dónde terminó cada bobina, se tiene otra línea (blanco) la cual corre sobre la línea del límite máximo, al hacer un cambio de bobina, ésta se desplaza al límite mínimo y así sucesivamente.

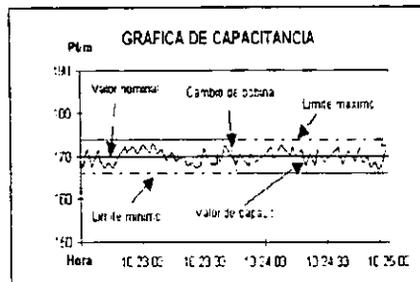


Fig. 5.5

Esta gráfica estaba muy bien pero no mostraba advertencia alguna en caso de una falla en el proceso por lo que se instaló una gráfica alarma, que consiste en que si el valor de capacitancia del alma llegara a salirse de los límites, automáticamente se genera un

mensaje de error en la parte inferior de la pantalla indicando así que la bobina no está dentro de calidad (fig 5.6) y el operador debe tomar las acciones al respecto. Los límites máximo y mínimo pueden ser ajustados a donde se requiera, pero es recomendable que no se muevan de  $\pm 3$  Pf/m en ningún caso.

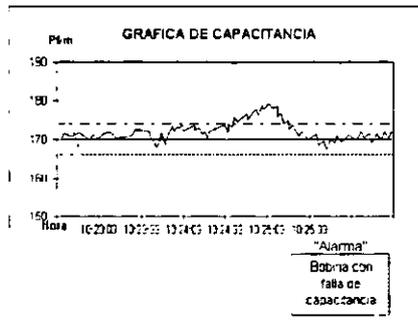


Fig. 5.6

Para prevenir el efecto del desbalance capacitivo de par a tierra es necesario tener bien controlados los factores ya mencionados como son: el perfil de temperaturas de extrusión para el polietileno *foam*, la cantidad y temperatura del agua en la canal telescópica; el recocido uniforme del cobre; el nivel de agua de enfriamiento en el recocedor. Todas las acciones correctivas que se tomaron fue en base a la información que estaba siendo recolectada del sistema de control del desperdicio.

## 5.2 Sobrantes de Cableado

Los resultados en esta área fueron los impactantes; se dieron en forma casi inmediata y el ahorro económico fue considerable.

En la figura 5.8 se puede observar el PLC que se colocó en el panel de control en lugar de las tarjetas divisoras hechas a mano. Esta acción correctiva fue la pieza clave para el control de las longitudes, ya que como se pudo comprobar las últimas 4 máquinas que tenían este sistema divisor mandaban bobinas irregulares. El estudio estadístico hecho con el laser fue el sustento para la aprobación de la compra de dos PLC.

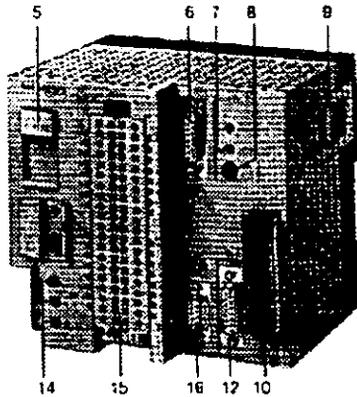


Fig 5.8

Este es un PLC marca Siemens miniautomata compacto s5-95U, son equipos compactos para resolver económicamente tareas de automatización de pequeña complejidad. Pueden utilizarse en todos aquellos mandos con una estructura sencilla y cuyo montaje exige poco espacio.

De las partes importantes que se muestran en fig. 5.8 son:

5.- Compartimiento de batería

6.- Conector de entradas y salidas analógicas

16.- Conector para entradas de alarma y contador (esta es la parte más importante y por la que se pudo utilizar).

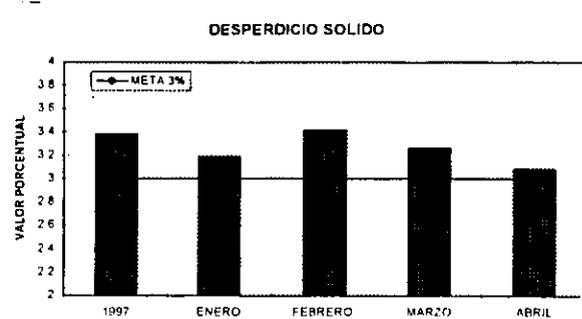
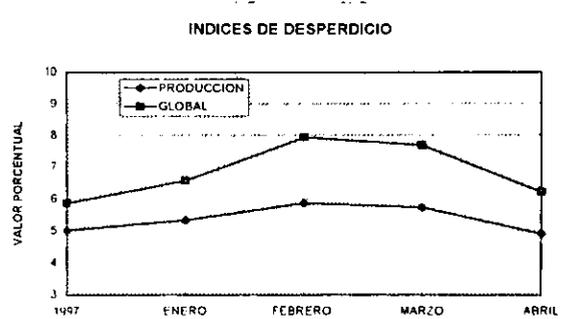
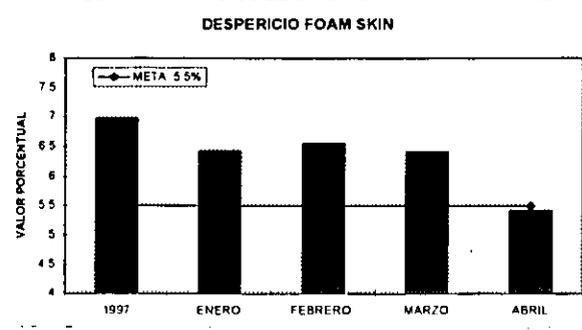
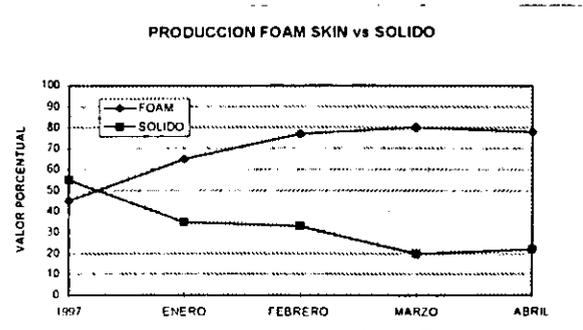
### **5.3 Resultados**

En el cuadro de gráficas 5.1 se puede observar una disminución paulatina del desperdicio 5 meses después de la implementación del sistema de control. También se puede observar la mezcla de producción de esos mismos meses.

En el cuadro 5.2 podemos ver la disminución del desperdicio en el área de estirado y aislamiento.

En el cuadro 5.3 podemos ver la disminución del desperdicio por sobrantes de cableado de noviembre 97 a mayo 98.

# RESULTADOS



1997

1998

- PRODUCCION DOMINANTE EN PRODUCTOS SOLIDOS
- ALTO INDICE DE DESPERDICIO PARA FOAM SKIN
- AREA CRITICA SOBANTES DE CABLEADO
- AREA CRITICA ESTIRADO AISLAMIENTO

- MEZCLA PRODUCTOS TENDIENTE A 80% EN FOAM SKIN
- AUMENTO DE VELOCIDADES A PARTIR DE FEBRERO 98
- PROCESO PARA PRODUCTOS TELMEX CONTROLADOS
- DISMINUCION DEL DESPERDICIO EN SOBANTES DE CARGA
- ESTIRADO AISLAMIENTO COMO AREA DE OPORTUNIDAD PARA LA REDUCCION DEL DESPERDICIO

- MEJORA EN EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA

Cuadro 5.1

## DESPERDICIO GENERADO POR ESTIRADO Y AISLAMIENTO

### RESULTADOS

PERIODO	DESPERDICIO FOAM	PRODUCCION ESTIRADO	PRODUCCION FOAM	%	
MAYO 18	14,467	199,541	45%	6.76%	
ABRIL	44,089	602,693	78%	6.82%	7.39%
MARZO	59,223	702,842	80%	7.77%	
FEBRERO	46,896	572,784	77%	7.57%	
ENERO	44,505	549,099	65%	7.50%	5.49%
DICIEMBRE	16,031	327,867	42%	4.66%	
NOVIEMBRE	14,277	316,226	35%	4.32%	

PERIODO	DESPERDICIO SOLIDO	PRODUCCION ESTIRADO	PRODUCCION SOLIDO	%	
MAYO 18	11,249	243,884	55%	4.41%	
ABRIL	8,178	169,990	22%	4.59%	5.58%
MARZO	16,231	175,711	20%	8.46%	
FEBRERO	6,560	171,091	23%	3.69%	
ENERO	10,479	295,668	35%	3.42%	3.59%
DICIEMBRE	16,610	452,769	58%	3.54%	
NOVIEMBRE	23,188	587,278	65%	3.80%	

Cuadro 5.2



## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo de titulación son:

- **La profundidad de los análisis ingenieriles aplicados a la implementación del sistema de control son satisfactorios.** El estudio del que fue objeto el proceso de fabricación de un cable telefónico, así como el análisis del sistema de control tradicional del desperdicio fueron lo suficientemente profundos para conformar la base teórica de las acciones correctivas que se aplicaron y que efectivamente disminuyeron el desperdicio en las áreas más críticas de la planta.
- **El proyecto se realizó para resolver una problemática real que se tenía en la planta de cables telefónicos.** Al momento de tomar las decisiones a lo largo del proyecto siempre fueron para sortear una problemática real, ésta fue desde la ubicación de las principales causas del desperdicio hasta la toma de acciones

correctivas en la planta de cables telefónicos, especialmente en el área de estirado y aislamiento.

- **La implementación del sistema de información permite llevar a cabo un proceso de mejora continua en el área de estirado aislamiento tandem.** Debido a todos los reportes y cursos de capacitación que se impartieron a lo largo del proyecto se logró fincar un sistema confiable de información, además de inculcar en los operadores el sentido de la responsabilidad para con la empresa en cuanto su papel como actor principal en la disminución del desperdicio. Por todos estos conceptos, aunado a las acciones que tomaron, se entró en una espiral de mejora continua.
  
- **El sustento estadístico fue determinante para la autorización de equipo necesario para reducir el desperdicio.** Esta situación se vivió plenamente cuando se tuvo que monitorear y presentar un estudio de cómo era la situación en los sobrantes de alma en cableado. De no haber existido este estudio la toma de decisión de la compra de los PLC siemens no se hubiera dado. Una vez que se adquirieron se comprobó nuevamente mediante la estadística de las mediciones con el patrón laser que había sido una buena decisión.

## BIBLIOGRAFIA

H.B. MAYNARD

"Industrial Engineering Handbook"

Mc. Graw-Hill

GERE, JAMES M.

"Mecánica de Materiales"

STEPHEN P. TIMOSHENKO

Grupo Editorial Iberoamericana

México, 1986

J.T. MAUPIN

"Measurements in multipar cables"

Vol. 30 July 1951

J.C. REMLEY

"The extrusion of high density polyethy-

lene insulated wire for filled telephon

Cable"

Brooke, I.W.C.S: 1975.

LUXTRON

"Luxtron temperature measurement  
System 7000 series".

Operating guide.

Parkway, santa clara CA

SIEMENS

"Miniautomatas compactos S5-90U y  
S5-95U"

Catálogo ST 52.3 1994

TSI

"Lenght and Speed Gauge"

The model CB100 LaserSpeed Gauge

And Accesories

PIRELLI

"Construcción de cables para telecomuni-  
Caciones"

CCT-GECAT 015/78

WILLIAM H.HAYT JR

"Teoría Electromagnética"

Mc Graw Hill

Quinta Edición, México

WALPOLE & MYERS

"Probabilidad y Estadística"

Mc Graw Hill

México, Quarta edición

CONDUMEX

"Catálogo telecomunicaciones

Y electrónica."

Grupo Condumex, 1997.

BELDEN

"Master Catalog"

Cooper Industries, Inc. 1990

STEVENSON WILLIAM

"Production and Operations Managment"

Fourth Edition