



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**DIAGNOSTICO DE CABLES DE TRANSPORTE Y EXTRACCIÓN  
MINEROS MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.**



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

01109

**DIAGNOSTICO DE CABLES DE TRANSPORTE Y EXTRACCIÓN  
MINEROS MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.**

**(Documento Final)**

Madrid, Septiembre - 1.991

## INDICE

	<u>Pg.</u>
1. Antecedentes.....	3
2. Resumen.....	2
3. Introducción.	
3.1. El ensayo electromagnético en la Industria Minera.	7
3.2. Principio de funcionamiento del Ensayo Electro- magnético....	12
3.3. El Ensayo Electromagnético en la actualidad.....	17
3.4. Objetivos del Proyecto.....	19
4. Material y Métodos.....	22
4.1. Materiales.	
4.1.1. Detector Electromagnético.....	22
4.1.2. Ordenador.....	25
4.1.3. Datos de Partida.....	33
4.2. Metodología.	
4.2.1. Líneas de Trabajo.....	35
4.2.2. Acondicionamiento de las señales.....	41
4.2.2.1. Consideraciones generales sobre el ruido.....	41
4.2.2.2. Técnicas de filtrado.....	48
4.2.2.3. Conclusiones sobre el filtrado.....	48
4.2.3. Análisis estadístico.....	61
4.2.3.1. Parámetros de la discriminación.....	62
4.2.3.2. Consideraciones previas.....	66
4.2.3.3. Definición de los defectos tipo.....	71
4.2.3.4. Elección de los parámetros más con- venientes.....	77
4.2.3.5. Fundamento teórico de la discrimi- nación.....	82
4.2.3.6. Resultados del análisis estadístico.	89
4.2.3.6.1. Simplificaciones en los cál- culos.....	98
4.2.3.6.2. Limitaciones de uso.....	104
4.2.4. Excentricidad y Calibración.....	106
4.2.4.1. Calibración.....	106

4.2.4.2. Excentricidad de los defectos.	
Tratamiento.....	109
4.2.5. Presentación de resultados.....	116
5. Discusión.....	122
5.1. Uso del Sistema Operativo MSDOS.....	122
5.2. Otras categorías de defectos.....	123
5.3. Ordenador "AD HOC".....	127
6. Conclusiones.....	128
7. Bibliografía.....	129
Anexo I. Electrónica complementaria de los Generadores Hall.	A-1
Anexo II. Estabilidad Térmica de las Células Hall.....	A-6
Anexo III. Interpretación de las lecturas de los sensores Hall.....	A-11
Anexo IV. Programa GRABAR.....	A-15
Anexo V. Programa de DISCRIMINACIÓN.....	A-28
Anexo VI. Resultados del Programa de Discriminación.....	A-38
Anexo VII. Datos de partida para el Análisis Estadístico...	A-57
Continuación Anexo VII.....	A-66
Programas (En Diskette)	



estiramiento de los cables con la consiguiente disminución de diámetros. Las células Hall se usan también como elemento de confirmación de la información obtenida de los sensores inductivos.

El problema en el reconocimiento de estos defectos estriba en que una misma rotura en la cual los extremos libres de la misma están a distinta distancia, o bien a distinta profundidad respecto al centro del cable, da lugar a muy distintas formas de onda en las señales registradas por los sensores, siendo así que todas ellas representarían un misma merma en la sección eficaz del cable. Por ello, partiendo de los datos reales obtenidos en el ensayo de cables de extracción, se han catalogado los defectos hallados, atendiendo a la pérdida de sección, y no a la forma concreta de las señales; forma que aunque semejante, puede variar grandemente. Con esta clasificación, se han calculado una serie de variables de los datos, tales como: Valor eficaz, Valor media, Número de transiciones bruscas en una ventana, Componentes de alta, media y baja frecuencia de la transformada de Fourier, etc. Y con estas variables se ha encontrado un función de discriminación que atendiendo a los valores que dichas variables toman en una zona concreta del cable, determinan la clase a la cual pertenece el posible defecto con mayor probabilidad.

El sistema diseñado, además de indicar la clase de la rotura, suministra la posible sección metálica perdida, y la profundidad a la cual se encuentra el defecto. El trabajo de investigación se inscribe por tanto dentro del campo de los

"Ensayos No Destructivos", por la materia tratada en él, y en el de la "Automatización y Control" por la técnicas utilizadas.

### 3. INTRODUCCIÓN.

#### 3.1. EL ENSAYO ELECTROMAGNÉTICO EN LA INDUSTRIA MINERA.

Es conocido el uso sistemático de los cables de acero trenzados, en las instalaciones mineras, para el transporte tanto de material como de personal. La seguridad de este tipo de elementos se encuentra regulada de forma explícita en los reglamentos particulares del sector. Así en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en las Instrucciones Técnicas Complementarais I.T.C 04.4.01, y en la I.T.C. 04.5.02, de este Reglamento, se prescriben las condiciones de montaje y mantenimiento, así como los ensayos particulares que, de cara a la continuidad en servicio que estos elementos, deben cumplir.

Así en la I.T.C 04.4.01, se establecen los coeficientes de seguridad que deben cumplir los cables utilizados para transporte en pozos y planos inclinados.

Tipo de instalación de extracción	Coeficiente Secur.	
	Cable nuevo	Cable en servicio
Máquinas de tambor o bobina:		
Cordadas de personal	8	7
Cordadas de material	7	6
Máquinas de polea Koepe:		
Cordadas de personal	10	8
Cordadas de material	7	6

El coeficiente de seguridad señalado, se define como la

necesario considerar en este ensayo se especifican en la norma ISO 4.309-1981(E), donde se cita textualmente:

Criterios de rechazo:

El uso seguro de un cable se califica por los siguientes criterios:

- a) Número, naturaleza y situación de los alambres rotos.
- b) Rotura de alambres en la zona de amarre al aparato de carga.
- c) Zonas localizadas de alambres rotos (nidos).
- d) Ritmo de crecimiento del número de alambres rotos.
- e) Cordones rotos.
- f) Disminución del diámetro por defectos en el alma.
- g) Disminución de la elasticidad.
- h) Desgaste general, interno y externo.
- j) Corrosión externa e interna.
- k) Deformación.
- m) Deterioro producido por efectos térmicos o arcos eléctrico.
- n) Ritmo de crecimiento del alargamiento permanente.

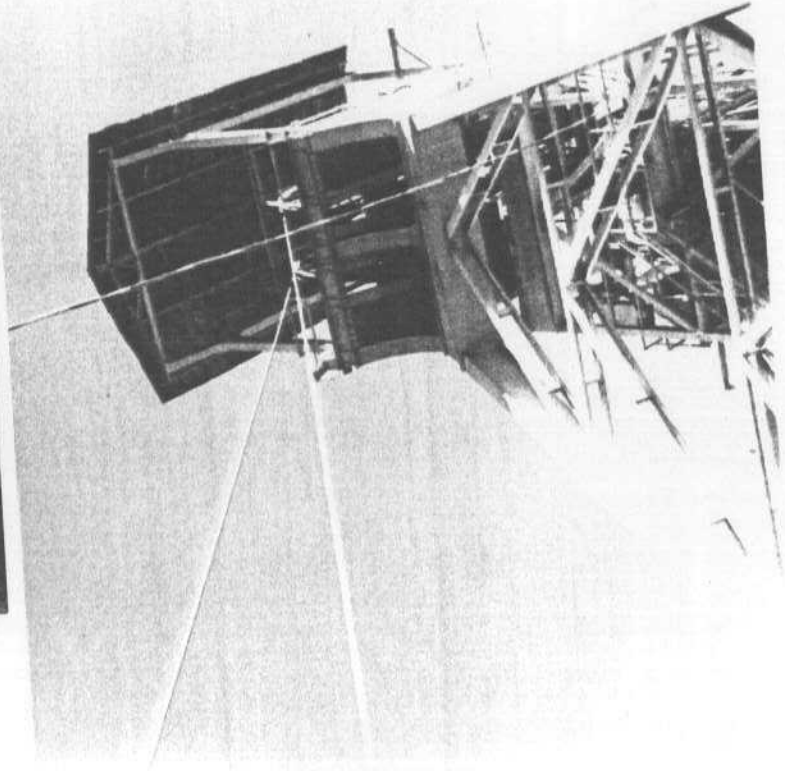
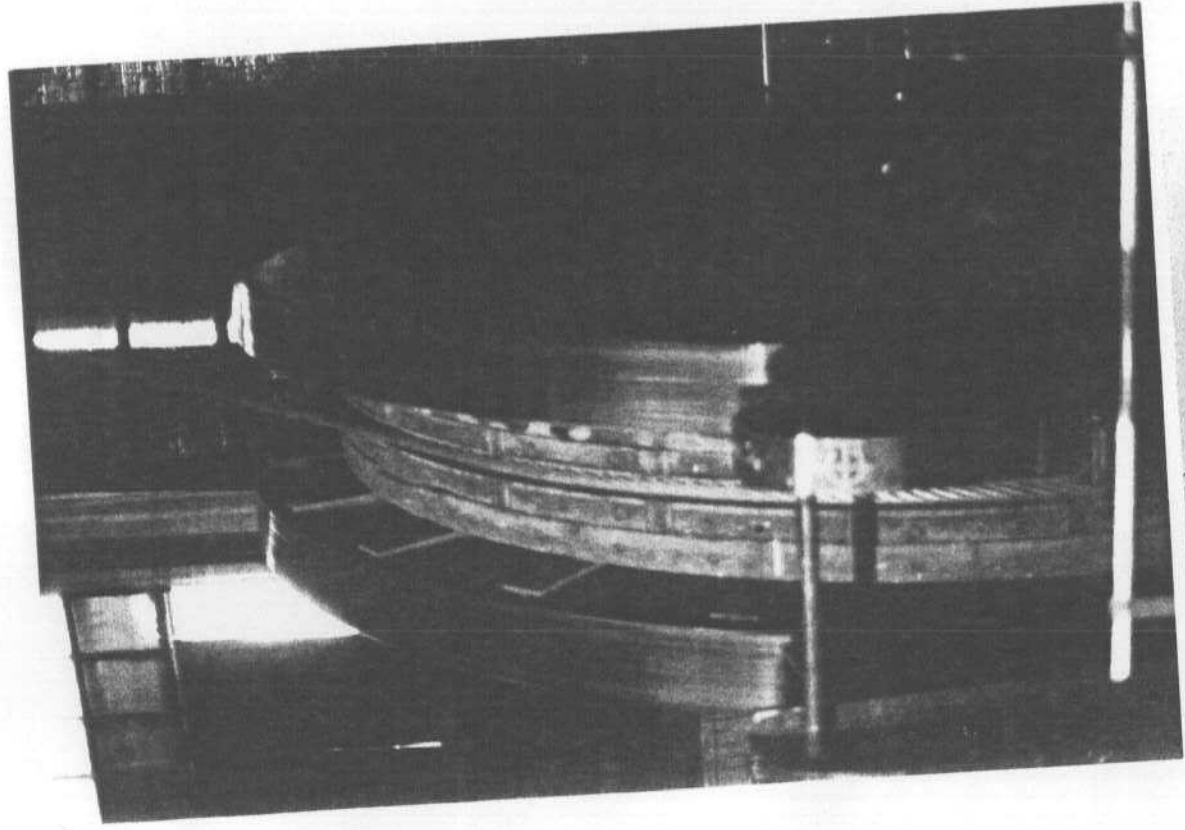
Todos los exámenes que se realicen tendrán en cuenta estos factores individualmente con su criterio particular. No obstante, el deterioro del cable puede dar como resultado una combinación de factores con efectos acumulativos que deben ser valorados por una persona competente, y que reflejará en la decisión de rechazar el cable, o dejarlo en servicio.

Pues bien, el ensayo No Destructivo al que se refiere la Norma y que en la actualidad se viene usando es el "Ensayo Electromagnético", con él es posible responder a varias de las interrogantes planteadas en la Norma ISO antes citada, en concreto, este ensayo suministra información a cerca de:

- a) Número, naturaleza y situación de los alambres rotos.
- c) Zonas localizadas de alambres rotos (nidos).
- d) Ritmo de crecimiento del número de alambres rotos.
- e) Cordones rotos.
- j) Corrosión externa e interna.

Dado que el ensayo electromagnético no responde a algunas

de las variables que es preciso contrastar (Diámetro del cable, Alargamiento, etc), el personal que emita los diagnósticos preceptivos debe completar la información obtenida del ensayo como el resto de medidas necesarias.



Detalle instalación Poleas Koepe.

### 3.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ENSAYO ELECTROMAGNÉTICO.

El ensayo electromagnético se basa en la medida del campo magnético disperso en las proximidades del cable a ensayar, cuando éste se ha magnetizado mediante un par de imanes permanentes que lo envuelven. (En algunos detectores, el campo magnético se crea mediante bobinas alimentadas exteriormente). De esta forma se logra magnetizar la sección de cable inspeccionado, al cerrarse el circuito magnético entre los imanes y la zona del cable comprendida entre ellos.

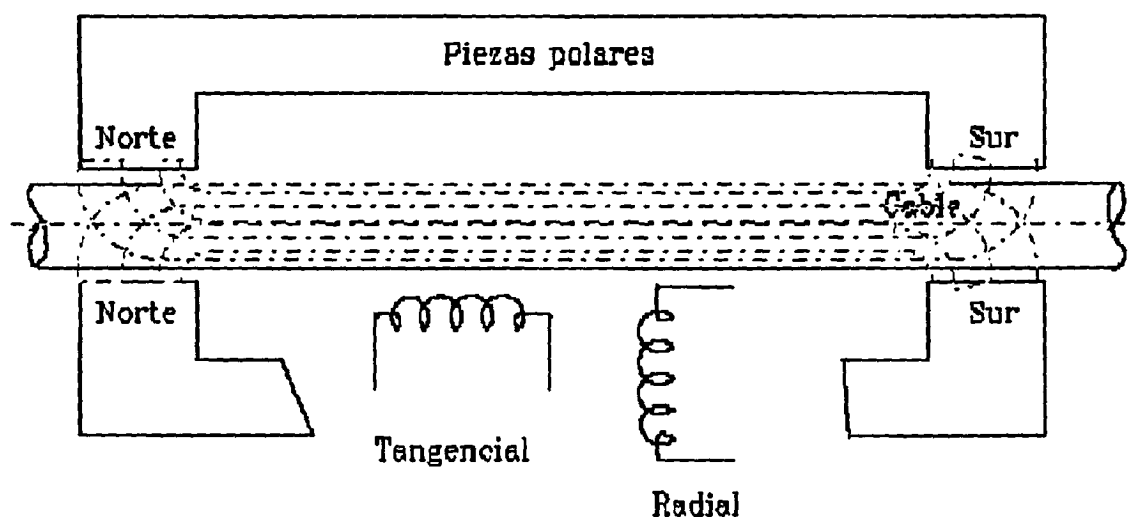


Figura 2. Esquema simplificado del sensor.

El sensor de medida está formado por dos coronas de 12 y 14 bobinas cada una, con núcleo de hierro, dispuestas concéntricamente al cable en diámetros de 100 y 130 mm respectivamente. La disposición de los ejes de las bobinas puede

efectuarse en forma radial o tangencial al cable \*. Según la configuración elegida las bobinas medirán variaciones en la componente radial o tangencial del flujo disperso.

La tensión  $e_i$  inducida en la bobina  $i$ , compuesta por  $z_i$  espiras será:

$$e_i = -z_i \frac{d\Phi_i}{dt}$$

donde  $\Phi_i$  es el flujo magnético que pasa a través de una espira en el tiempo  $t$ . Si existen  $n$  bobinas conectadas en serie aditiva la tensión total  $E$  era:

$$E = \sum_{i=1}^n e_i$$

Con la disposición radial de la bobinas, el flujo que atraviesa sus núcleos, será proporcional al valor medio de la componente radial del campo magnético  $\bar{B}_r$ , por tanto el flujo

total en todas las bobinas; que lógicamente será función de la posición longitudinal del cable será:

$$\Phi_c(x) = \sum_{i=1}^n \Phi_i(x) = K_c \bar{B}_r(x)$$

donde  $K_c$  es un coeficiente de concentración del flujo magnético que depende del diseño y constitución del dispositivo. Así las cosas, la tensión de salida del sensor inductivo para la

---

\* La configuración de la Bobinas sensoras en torno al cable es un tema de investigación en la actualidad en concreto en [8] y [13] se indican las nuevas tendencias en este campo.



$$E_t(x) = kv \frac{d\bar{B}_t(x)}{dx}$$

En la figura 4 se muestran tres ejemplos de señales características en hilos rotos, para bobinas tangenciales.

Ambas disposiciones pueden ser adecuadas, con la salvedad de que en la disposición radial, las señales aparecen centradas en el defecto, mientras que en la disposición tangencial no. Siendo por tanto en principio más adecuada la disposición radial. Por contra en esta última disposición, los cambios en el campo magnético son mucho más bruscos. En concreto en el detector usado en este proyecto, la disposición de las bobinas era radial.

Los investigadores Kalwa y Piekarski [13], [14] y [15], demostraron que la amplitud de  $\bar{B}_r$  y  $\bar{B}_t$  dependen linealmente de la sección eficaz dañada en un cable, pero no linealmente del ancho del defecto.

A parte de las configuraciones propiamente inductivas del detector, (sólo se incorporan bobinas para medir la dispersión del flujo), existen otros detectores en los que se dispone de sensores Hall. Las células Hall poseen en principio la virtud de medir no sólo las variaciones del campo magnético, sino también y sobre todo, el valor absoluto de este campo. Al poder relacionar la sección metálica con el valor absoluto del campo

$$E_t(x) = kv \frac{d\bar{B}_t(x)}{dx}$$

En la figura 4 se muestran tres ejemplos de señales características en hilos rotos, para bobinas tangenciales.

Ambas disposiciones pueden ser adecuadas, con la salvedad de que en la disposición radial, las señales aparecen centradas en el defecto, mientras que en la disposición tangencial no. Siendo por tanto en principio más adecuada la disposición radial. Por contra en esta última disposición, los cambios en el campo magnético son mucho más bruscos. En concreto en el detector usado en este proyecto, la disposición de las bobinas era radial.

Los investigadores Kalwa y Piekarski [13], [14] y [15], demostraron que la amplitud de  $\bar{B}_r$  y  $\bar{B}_t$  dependen linealmente de la sección eficaz dañada en un cable, pero no linealmente del ancho del defecto.

A parte de las configuraciones propiamente inductivas del detector, (sólo se incorporan bobinas para medir la dispersión del flujo), existen otros detectores en los que se dispone de sensores Hall. Las células Hall poseen en principio la virtud de medir no sólo las variaciones del campo magnético, sino también y sobre todo, el valor absoluto de este campo. Al poder relacionar la sección metálica con el valor absoluto del campo

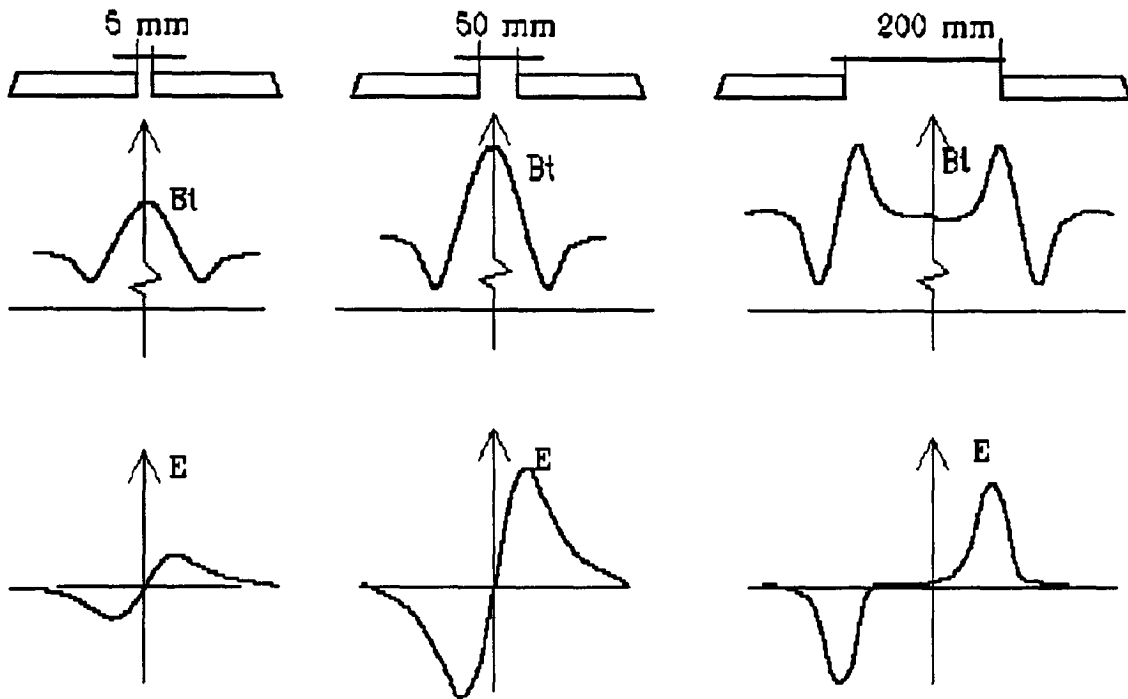


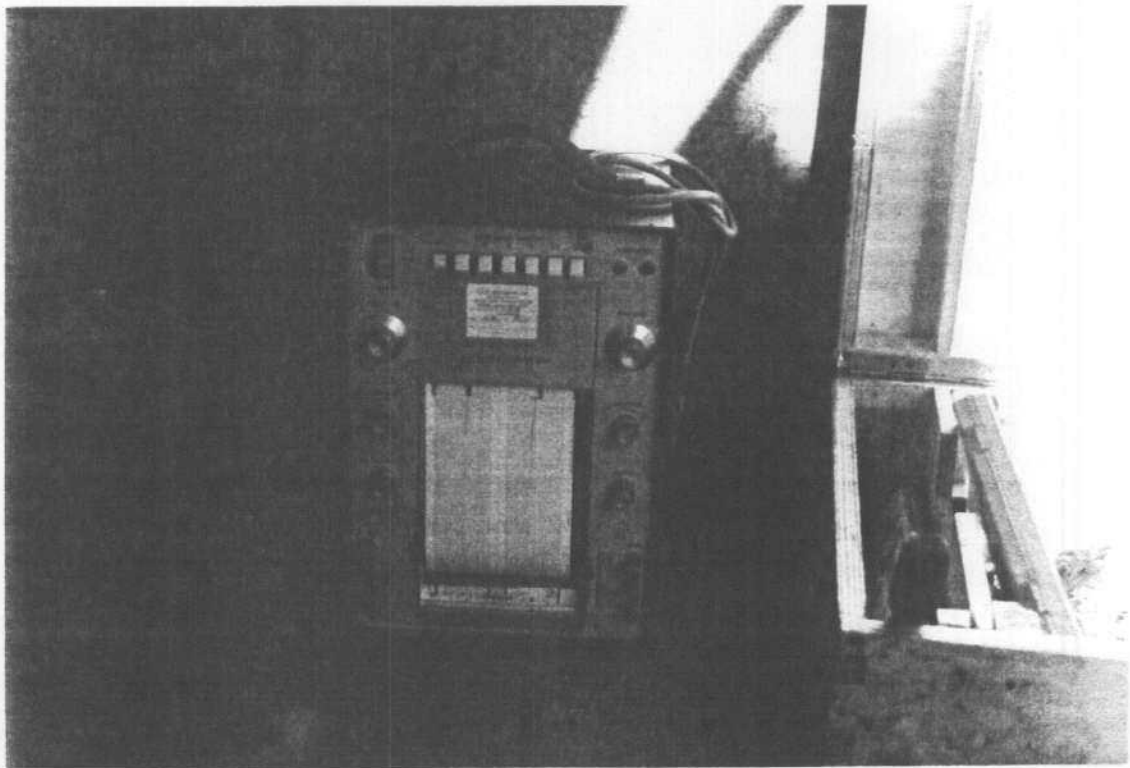
Figura 4. Configuración tangencial. Distribución del Campo Magnético y de la Tensión Inducida, para roturas de 5, 50 y 200 mm de longitud.

magnético, los sensores Hall podrían suministrar una información valiosísima que no habría por qué despreciar. No obstante los fabricantes de este tipo de material muestran una marcada tendencia a evitar su uso en sus prototipos, prefiriendo construir detectores simplemente inductivos, aunque con juegos de bobinas múltiples y elementos de medida automática del diámetro del cables [8].

### 3.3. EL ENSAYO ELECTROMAGNÉTICO EN LA ACTUALIDAD.

En la actualidad, la mecánica seguida en la realización del ensayo electromagnético, consiste en volcar los datos suministrados por las cabezas sensoras del detector sobre registros analógicos, normalmente sobre tiras de papel que se hacen avanzar a una velocidad proporcional a la del cable que se inspecciona. Registros que posteriormente serán interpretados.

El ensayo se debe efectuar a una velocidad moderada (entre 0,5 y 1 metro por segundo), lo que hace que éste deba realizarse en días en que la instalación minera esté fuera de servicio, procurándose además, que la velocidad sea lo más constante posible; de hecho, este es uno de los problemas fundamentales con que se enfrenta el ensayo. En las máquinas accionadas por motores de corriente continua el mantenimiento de una velocidad constante es relativamente sencillo, no así cuando se tienen máquinas de corriente alterna. Por ello la mayoría de los equipos actuales incorporan un dispositivo capaz de corregir las variaciones de velocidad durante la lectura. Con todo, el principal problema con que se enfrenta el ensayo es la interpretación de los registros, dado que una misma rotura puede manifestarse de diversas formas, por lo cual el operador debe estar muy familiarizado con esta labor para no confundir las señales.



El ensayo electromagnético en la actualidad.

### 3.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Después de observar y valorar las exigencias reglamentarias en cuanto a la inspección de cables de extracción, y en particular en los ensayos no destructivos, se llega a la conclusión, que para efectuar un diagnóstico correcto del estado de un cable concreto, es preciso que el especialista que efectúa la inspección, tenga en cuenta un conjunto complejo de síntomas, así como la evolución temporal de los mismos. Lo que le obliga a disponer de un detallado historial del cable.

Es en este contexto, donde se incluye la aportación de este proyecto de investigación. Se trata de la creación de una herramienta de diagnóstico lo más fiable posible, basada en el ensayo electromagnético, que aporte al examinador datos significativos para que en conjunción con otros síntomas, le sea posible emitir un diagnóstico lo más acertado posible sobre el estado del cable en cuestión.

En concreto, los métodos desarrollados en este proyecto, darán información fiable de los siguientes aspectos: cuantía, situación y evolución de las zonas con hilos rotos (externos e internos), corrosión, entallas internas y pérdidas de sección continuadas. La información procedente de los sensores electromagnéticos, se procesará en un ordenador construido especialmente para este fin, emitiendo éste, de forma automática un informe que completado con los datos recogidos directamente por el examinador, servirán de base para la realización

del diagnóstico definitivo. No se pretende en ningún momento eliminar la intervención del experto a la hora de la emisión del diagnóstico, dado que como se ha podido comprobar por las exigencias reglamentarias descritas anteriormente, la cantidad de parámetros y circunstancias que es preciso tener en cuenta a la hora del diagnóstico, son tales y de tal índole, que su intervención siempre será necesaria.

Para ello en primer lugar se informatizará todo el proceso, tanto la captura de los datos como su interpretación. El sólo hecho de disponer de los registros en soporte magnético, ya representará un gran avance sobre lo que en la actualidad se viene haciendo, dado que con ello no sólo se eliminarán las distorsiones que los equipos analógicos introducen durante la lectura, sino también se facilitará enormemente la visualización, interpretación y comparación de los registros. Así por ejemplo en la actualidad para poder contrastar la evolución de las deformaciones de un mismo cable en un lapso de tiempo determinado (entre ensayo y ensayo), es preciso comparar enormes tiras de papel, lo cual si bien, no es un proceso complicado, si lo es tedioso y propenso a la confusión. Por otro lado la corrección del efecto de la velocidad, se podrá efectuar con gran facilidad, dado que al tiempo que se graben los datos, también se grabará la velocidad de lectura, con lo que la compensación será enormemente sencilla. Por último se tratará de sistematizar la interpretación de los resultados de forma automática. Es decir, encontrar un algoritmo capaz de agrupar en una misma categoría de defectos, todas aquellas

formas de ondas que aún con distinta forma provengan de una misma pérdida de sección.

Con ello se habrá dado un gran paso en la sistematización y objetivación del ensayo, que como se ha comentado, actualmente precisa de un grado muy alto de subjetividad por parte del experto que interpreta los registros.



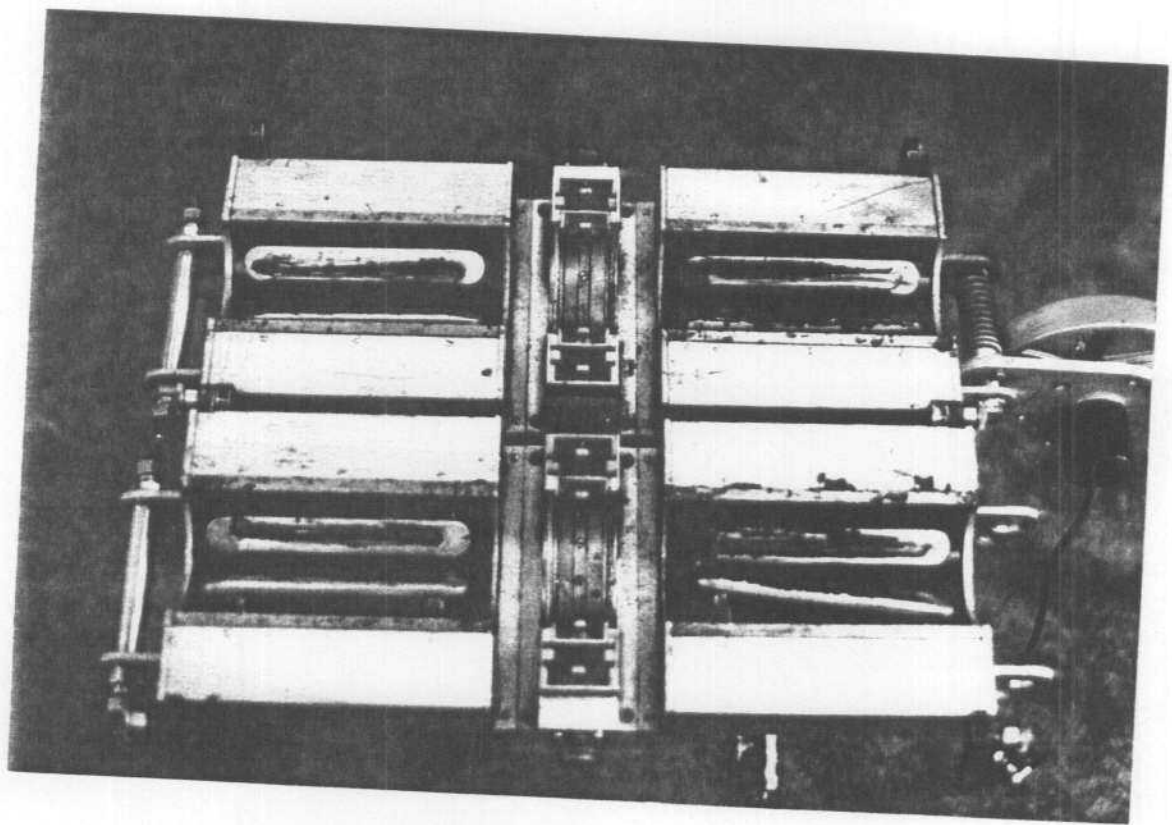
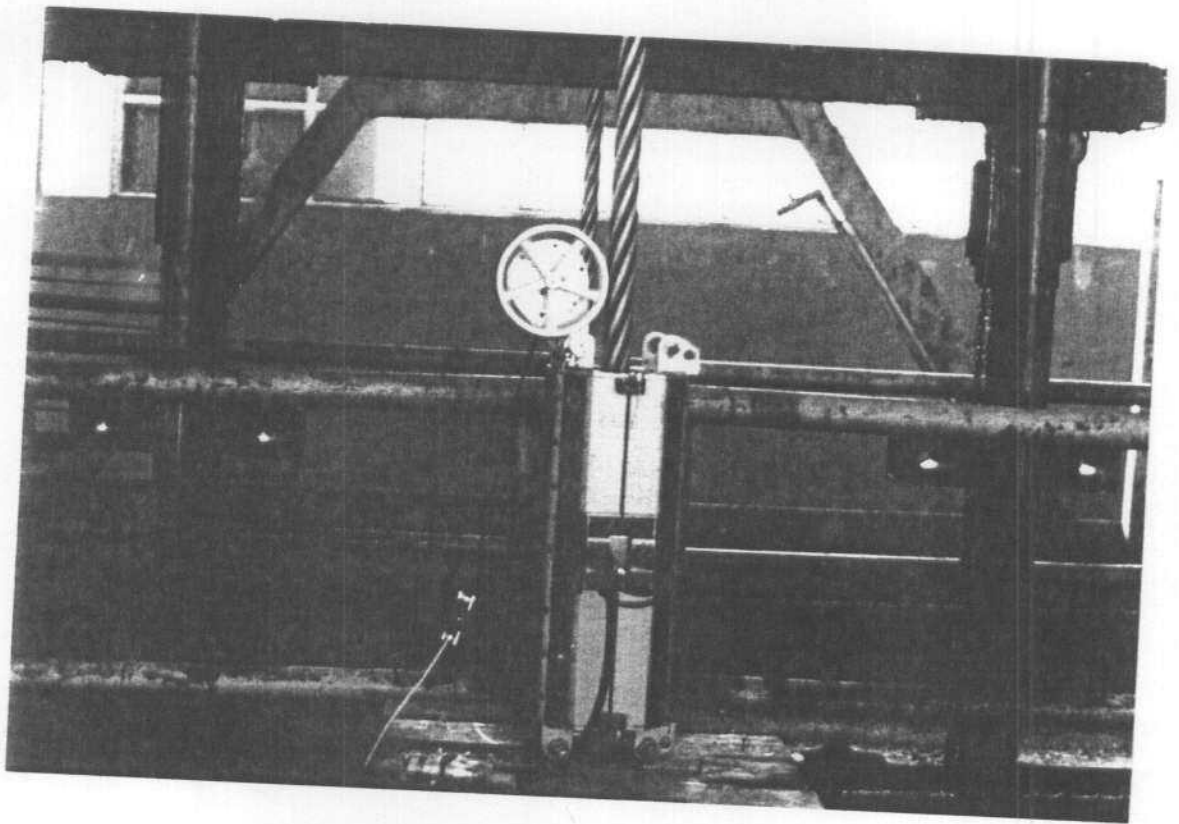


Figura 5. Detector MERASTER GP-1

Sobre este detector no se han hecho modificaciones sustanciales, salvo la sustitución del tacómetro que incorporaba para medir la posición y velocidad del cable, por un generador de pulsos para el muestreo, que suministra hasta 3000 pulsos por metro, con lo que se tiene una precisión de hasta tres muestras por milímetro. Esta precisión se considera más que suficiente, y contrasta con la pobre precisión del equipo antiguo que da solamente un pulso cada 10 milímetros.

El principio de funcionamiento de este detector ya se describió en la Introducción, por lo que no se considera necesario incidir aquí sobre el mismo tema, en la figura 5 se muestran dos vistas de este equipo.

#### **4.1.2. ORDENADOR.**

El otro equipo fundamental para la realización de este proyecto, es un Ordenador, dotado de una tarjeta de adquisición de datos, capaz de registrar, filtrar y manipular los datos suministrados por el detector. Habiéndose usado para este fin, el ordenador portátil: Toshiba 3200, dotado de un procesador 80286, coprocesador matemático 80278, 4 Megabytes de memoria RAM, 40 Megabytes de disco duro, y tarjeta de adquisición de datos DAS-16.

En este proyecto, la adquisición y tratamiento de los

datos ha sido totalmente digital. Las señales son muestreadas en el espacio y registradas de forma continua en la memoria de un ordenador construido al efecto. Para esto se ha dotado al ordenador de una tarjeta de adquisición de datos, con una velocidad máxima de muestro de 100 kHz; más que suficiente para las velocidades a las que se efectúa el ensayo. Con los equipos analógicos actuales, esta velocidad está entre medio y un metro por segundo; con el equipo diseñado la velocidad del ensayo se puede elevar sin problema hasta los cinco metros por segundo, con lo que de ahorro de tiempo supone para la realización del ensayo. No se debe olvidar que el ensayo en sí, tal y como se realiza en la actualidad es extremadamente tedioso, pues para inspeccionar un cable de por ejemplo mil metros de longitud, se invierten fácilmente del orden de cuatro a cinco horas.

Por tanto dejando a parte otros posibles beneficios, la sola informatización de la toma de datos contribuirá además de a mejorar la calidad de las señales registradas, a la reducción del tiempo total invertido en la realización del ensayo.

A pesar de las evidentes ventajas que comporta la informatización del ensayo electromagnético, ésta es una innovación que no se ha realizado hasta la fecha. Tal es así, que tras la correspondiente investigación bibliográfica, tan sólo en Austria (Los investigadores Schaberl y Graz) [22], y en la República Popular de China (Yangsheng, Hanmin y Shuzi) [27] han considerado la posibilidad de informatizar el ensayo. Concretamente el equipo austriaco trata simplemente de

sustituir el registrador analógico por otro digital, pero sin manipular para nada los datos; mientras que el equipo chino si se plantea además, el análisis y tratamiento de los datos, pero sin incluir el tratamiento estadístico que en este proyecto se ha incorporado.

Para conseguir que el ordenador usado sea operativo, se han debido realizar algunas modificaciones para que en la etapa crítica del proceso; la adquisición de datos; el sistema responda adecuadamente. Así se consideró conveniente desde un principio, que el ordenador a usar utilizase un Sistema Operativo convencional, como el MSDOS, de modo que los programas fuesen ejecutables desde cualquier ordenador, y el software y hardware fuesen compatibles con el mayor número de ordenadores convencionales.

El MSDOS, es por naturaleza monousuario, y por supuesto monotarea. Sin embargo en el proceso de lectura de datos, se debían realizar al menos dos operaciones simultáneamente, por un lado el registro en memoria no volátil de los datos, y por otro, el control de la velocidad y la posición; a parte de la organización del almacenamiento de registros. Estas necesidades, hicieron pensar en un principio en el uso de un sistema operativo multitarea, sin embargo se ha conseguido solventar con éxito las operaciones de captura de datos con el MSDOS convencional. Para ello, se ha sacado partido de la posibilidad que incorporan algunas tarjetas de adquisición de datos, como es el proceso denominado DMA, es decir: Acceso Directo a

Memoria. Esta opción hace que una vez inicializado el proceso, la tarjeta sitúe directamente los datos muestreados, en una posición determinada de la memoria RAM, pudiendo el Sistema Operativo durante ese tiempo, realizar otras labores de control. Ahora bien, no basta con salvar en memoria RAM los datos, sino que es preciso almacenarlos en otro dispositivo de memoria masiva no volátil. Además la DMA, situará los datos correspondientes a un metro de cable (unos 4000 bytes), siempre en la misma posición de memoria, de modo que antes de recibir los datos del metro siguiente, será preciso retirar los datos del metro precedente, y situarlos en una memoria no volátil. Para solucionar esta cuestión, la lectura se efectúa usando dos posiciones distintas de memoria RAM de forma alternativa. De modo que cuando se están leyendo los datos de un metro, el sistema operativo está salvando en soporte no volátil, los datos del metro anterior. La operación de grabación, debe ser suficientemente rápida para que se complete con éxito, antes de que se realice el último muestreo del metro en curso. Este tiempo; si se parte de la base de una velocidad de avance del cable máxima de 10 m/s; sería de 100 ms. Este tiempo, que en principio es relativamente grande, podría ser compatible con el uso de un disco duro rápido, no obstante, el tiempo que invierte el MSDOS en grabar un archivo en el disco duro, no sólo depende del tiempo de acceso al disco duro y del tamaño del archivo, sino también y sobretodo: del número de archivos anteriormente grabados en el directorio. Así por ejemplo cuando se intenta grabar un archivo relativamente pequeño (por ejemplo 4 Kb como en nuestro caso) en un directorio con por ejemplo 100

archivos presentes, el tiempo invertido es superior a un segundo, aún en el supuesto de usar un disco duro de tiempo de acceso pequeño.

Para poder superar este inconveniente, se ha usado como disco duro, la memoria RAM del ordenador configurada como disco virtual, y limitado el número máximo de archivos en un subdirectorío a 100. De esta forma se ha conseguido rebajar el tiempo máximo de grabación de un metro a 100 ms, con lo que la velocidad máxima del proceso podría llegar a ser de 10 m/s. Ello no obstante no es posible, dado que además de salvar los datos, es preciso realizar otras operaciones de control, como son: comunicación con el operador y control de la velocidad. Limitando al mínimo las operaciones de escritura en pantalla, se ha estimado que la velocidad máxima pueda llegar a ser de 5 m/s, lo cual sigue representando un ahorro de tiempo sustancial respecto a los equipos antiguos.

Resumiendo las operaciones que se realizan en un bucle de adquisición datos, son:

- Activación del proceso de DMA, para la adquisición de los datos de un metro de cable.
- Control del tiempo.
- Grabación en disco virtual de los datos almacenados en la otra zona de memoria RAM reservada para la DMA, y correspondiente al metro inmediatamente anterior.
- Escritura en pantalla de mensajes para el operador.
- Velocidad media del proceso.

- Posición del cable con precisión de un centímetro.
- Si aún queda tiempo suficiente, presentación en pantalla de forma esquemática del registro correspondiente al último metro leído.
- Estado de espera hasta que se complete la adquisición del metro actual.
- Control del tiempo actual, para determinar la velocidad media del metro leído.
- Activación de la DMA, para preparar la lectura de un segundo metro.

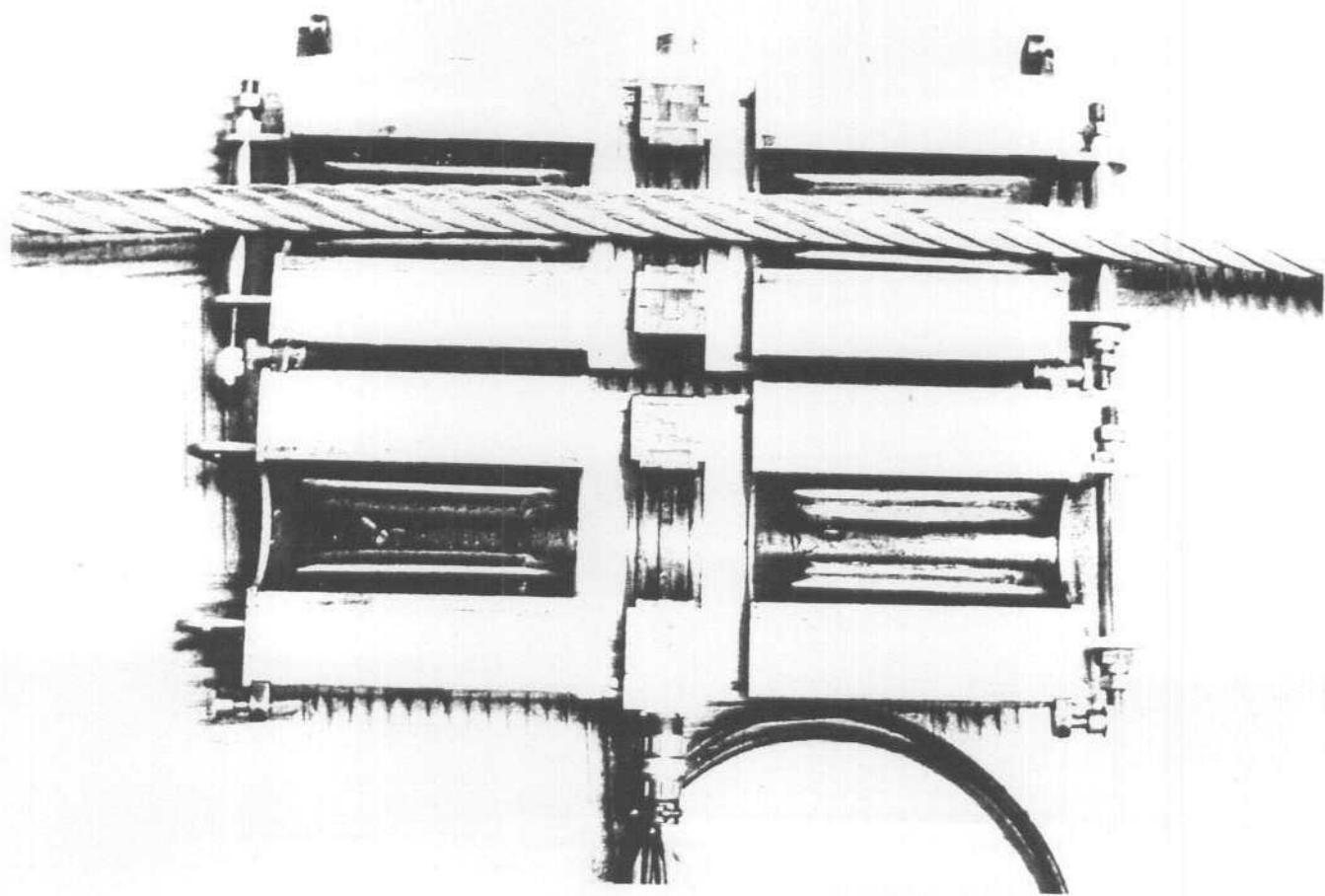
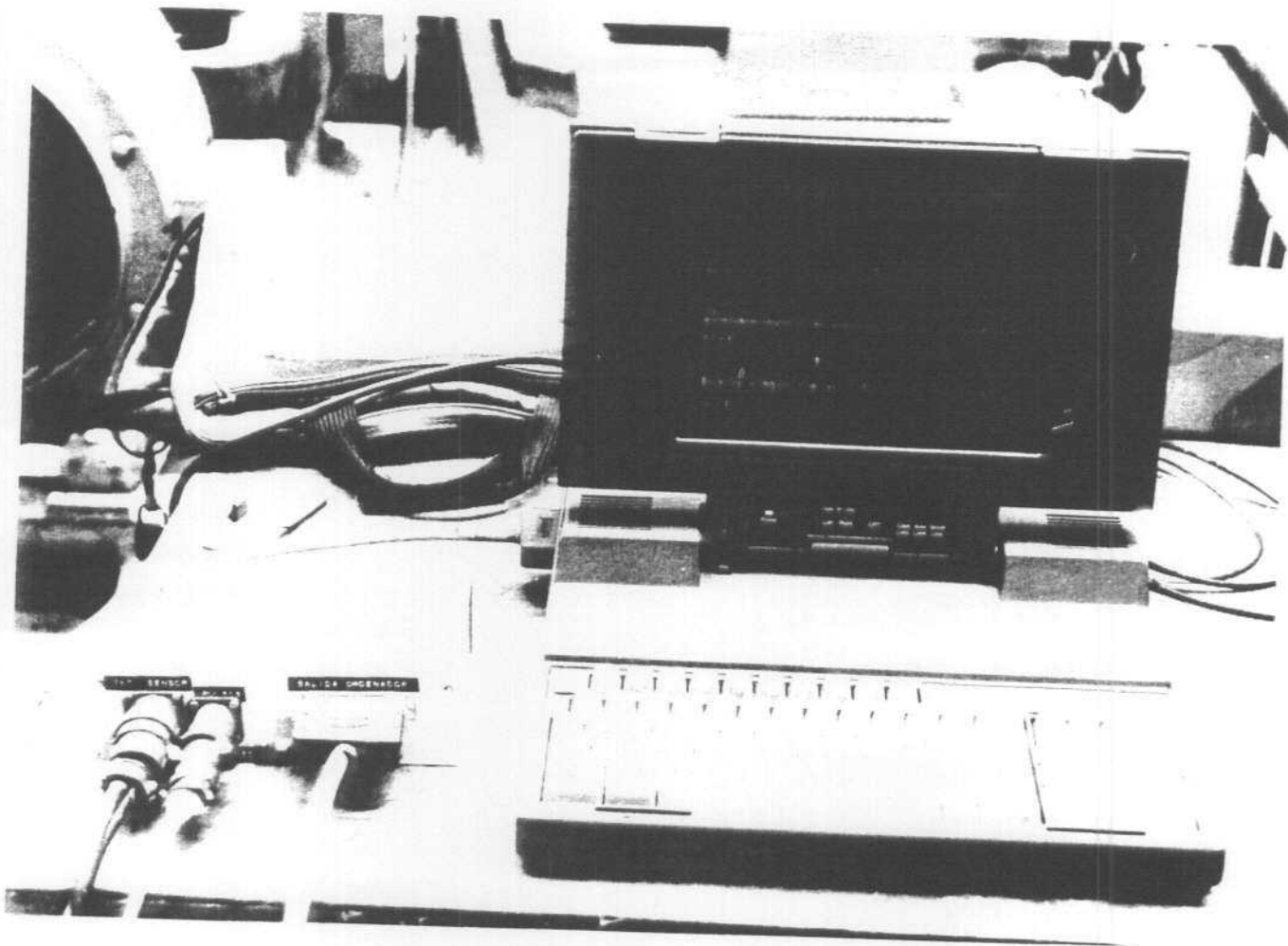
La memoria RAM adicional convertida en disco virtual, permite una capacidad de 1000 metros de lecturas, que exceden con mucho la longitud del cable más largo que se pueda encontrar actualmente en una mina. Si se encontrase en alguna ocasión un cable de mayor longitud se debería efectuar la lectura en dos pasadas. El trasvase desde el disco virtual al disco duro, se realiza una vez leídos todos los metros de la pasada sin limitación de tiempo alguna.

Por último señalar los dos aparentes puntos negros del proceso, el primero se refiere al control de la velocidad que se realiza metro a metro, en vez de punto a punto, como en principio pudiera parecer más lógico. Antes de estimar como conveniente esta medida de la velocidad, se hicieron las oportunas pruebas en el Laboratorio, llegándose entonces a medir la velocidad con precisión del instante de muestreo de la tarjeta. Asignando como velocidad de cada muestra el

cociente entre la distancia entre muestras y el tiempo entre dos muestras consecutivas, los resultados obtenidos mostraron que la velocidad puntual del cable así definida, oscilaba extraordinariamente alrededor de su media, esto era debido a las vibraciones del cable en su avance y a la enorme precisión del sistema de muestreo. Para poder efectuar entonces la corrección de velocidad era preciso filtrar las lecturas de la velocidad puntual, lo que requería un esfuerzo de cálculo inútil, si lo que se leía era una velocidad promedio en vez de la velocidad puntual.

El otro punto crítico del sistema de captura de datos, está en el tiempo transcurrido desde que se detecta la captura de la última muestra de un metro, hasta que se activa la adquisición de los datos del metro siguiente; durante este tiempo, los datos suministrados por el detector son ignorados por el ordenador. Pero este tiempo es prácticamente inapreciable por lo que la pérdida de información se puede considerar nula.





Vista prototipo y detector.

#### 4.1.3. DATOS DE PARTIDA.

Como ya se mencionó, en la actualidad el ensayo electromagnético se realiza volcando los datos sobre tiras de papel que se mueven a velocidad proporcional a la de avance del cable, de forma que un centímetro de papel equivale a un metro de cable. Esto da idea de la deficiente sensibilidad de este tipo de equipos. Por tanto, y aunque se dispone de gran número de estos registros, ninguno de ellos sirve a los objetivos de esta investigación, por ello ha sido preciso antes de nada, hacer un acopio de datos en calidad y cantidad suficiente. Para ello, una vez que el equipo de registro estuvo operativo se diseñó una campaña de ensayos sobre cables reales. Concretamente los cables y pozos ensayados fueron los siguientes:

- S.M. San Luis (Palencia). 1 Cable.
- Pozo Candín (Asturias). 2 Cables.  
(HUNOSA)
- Pozo "Lieres" (Asturias). 1 Cable.  
(Minas de Lieres S.A.)
- Pozo Hullasa (Asturias). 2 Cables.  
(Hullasa)
- Pozo Eloy Rojo (León). 2 Cables.  
(Hullera Vasco Leonesa)
- Pozo San Luis (Asturias) 2 Cables.  
(HUNOSA)
- Pozo Entrego (Asturias) 2 Cables.  
(HUNOSA)

La longitud media de los cables era de unos quinientos metros, encontrándose como era de esperar, roturas de hilos

aislados de secciones pequeñas. Lógicamente al tratarse de cables que estaban en servicio, no era previsible encontrar grandes anomalías. Aunque este hecho no resta interés ni mucho menos al presente trabajo; las roturas grandes son muy fácil de detectar, la rotura de un cordón es una anomalía tan evidente que se aprecia a simple vista. Lo verdaderamente difícil es ser capaz de detectar y valorar los defectos que no son visibles en las inspecciones oculares que reglamentariamente se deben realizar en estas instalaciones (Ver ITC 04.5.02 Apartado 3).

Se procuró que todos los cables ensayados fuesen de características similares, a fin de que los registros fuesen lo más homogéneos posible.

## 4.2. METODOLOGÍA

### 4.2.1. LÍNEA DE TRABAJO.

Tras las búsquedas bibliográficas realizadas, se encontraron dos líneas de investigación para atacar el problema. Por un lado en las referencias [10], [11] y [25], se plantea la posibilidad de obtener un modelo basado en la Teoría de Campos Electromagnéticos. Sin embargo estos artículos no han tenido continuidad en otros posteriores en este campo.

La otra línea que parece con mayor aceptación entre los investigadores coincide con la adoptada en este proyecto, y consiste en registrar los datos en ordenador y tratar el problema de la identificación en forma probabilística, el ejemplo más claro de ello se encuentra en [27] ("Quantitative Wire Rope Inspection" W. Yangsheng, S. Hanmin y Y. Shuzi), y sugerida en [22] ("A Search Based Imaging System for Electromagnetic Nodestructive Testing" L. Udpa y W. LKord).

El resto de los artículos poco aportan como nueva vía de estudio del tema, y parecen dar como definitiva la forma actual de interpretación de los registros, sugiriendo como posibles vías de investigaciones modificaciones en la configuración física del detector, ejemplo de estas líneas son: [8], [13], [14], [15], [16], [17], [23] y [26], entre otros.

**Pérdida de dos hilos de 1,5 mm, longitud variable.**

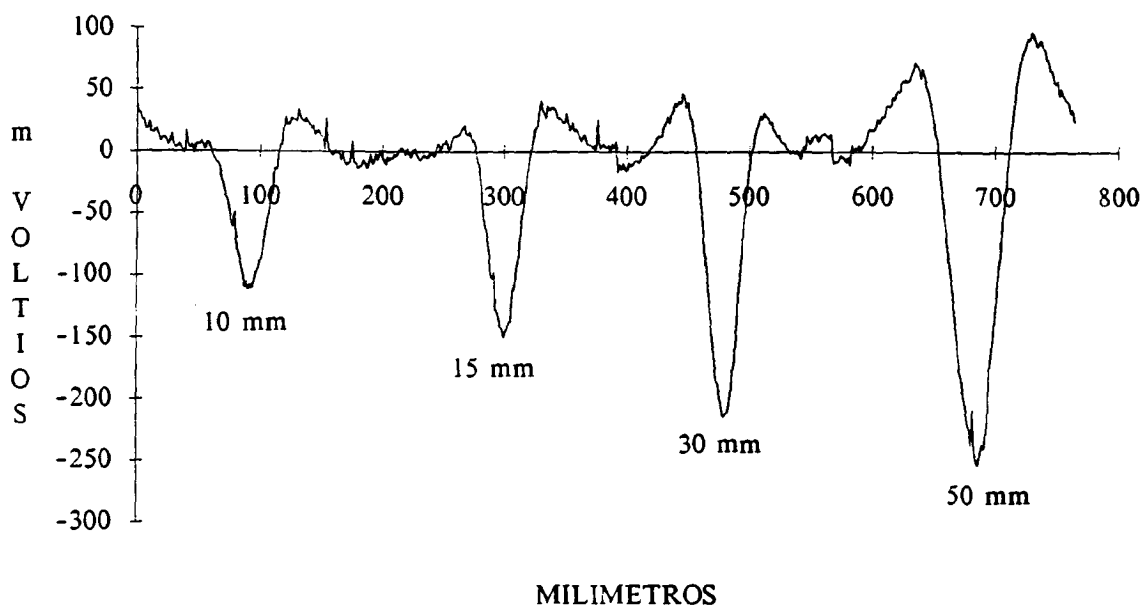


Figura 6a. Influencia de la longitud de un hilo roto.

**Pérdida de dos hilos de 1.5 mm, y longitud variable.**

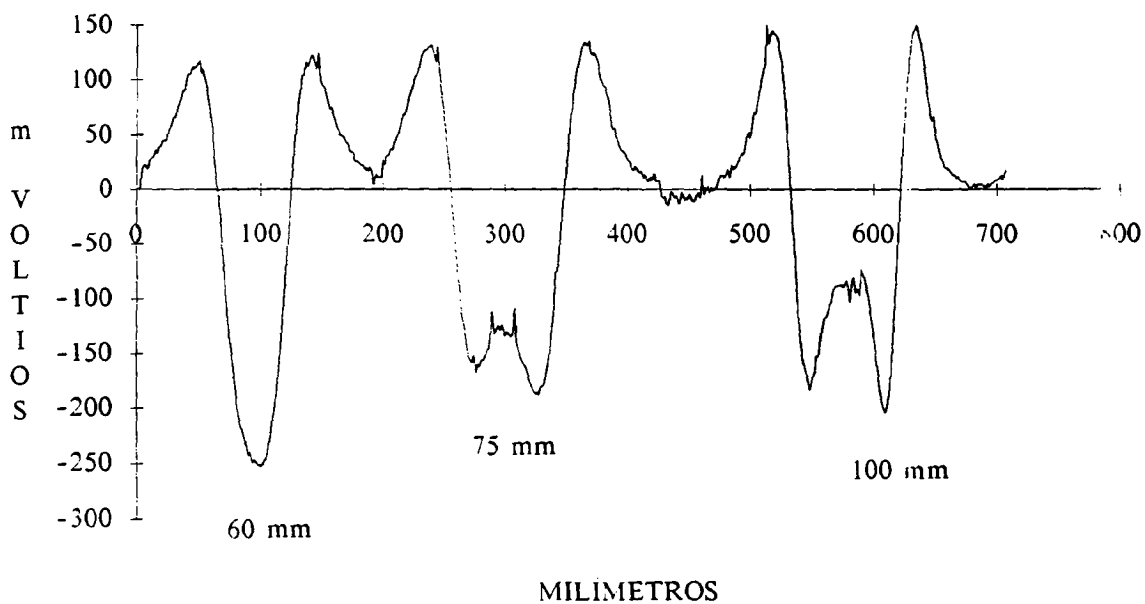


Figura 6b. Influencia de la longitud de un hilo roto.

**Pérdida de dos hilos de 1,5 mm y longitud variable.**

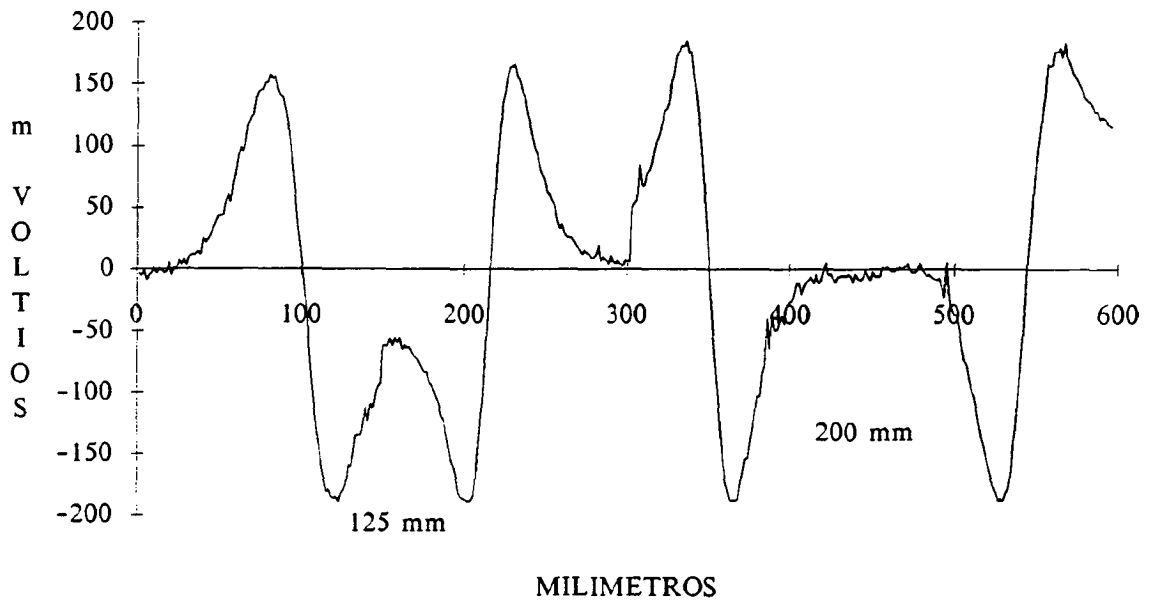
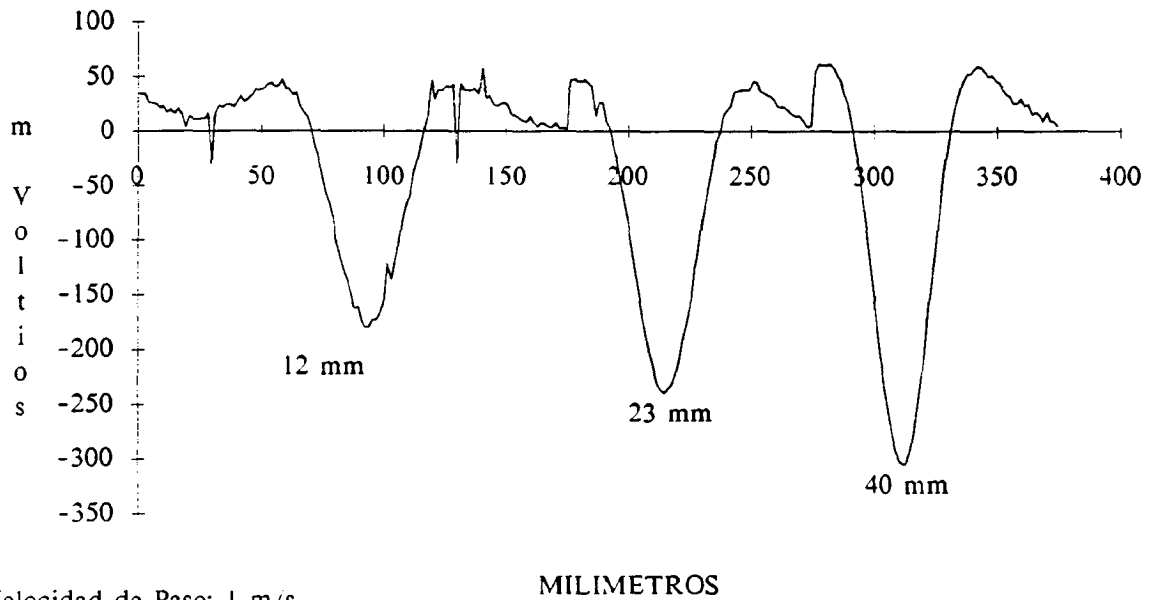


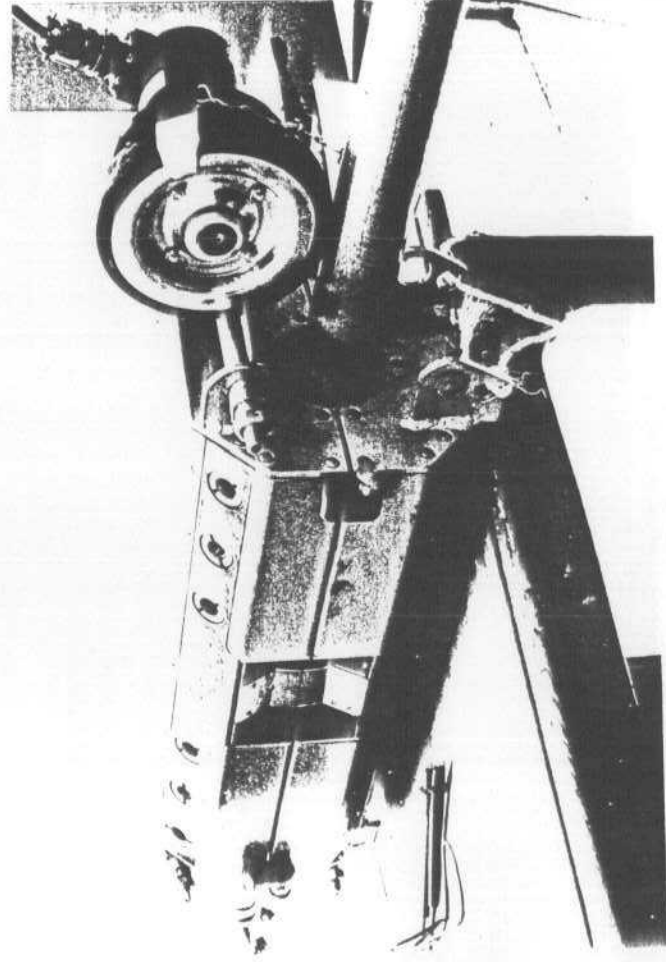
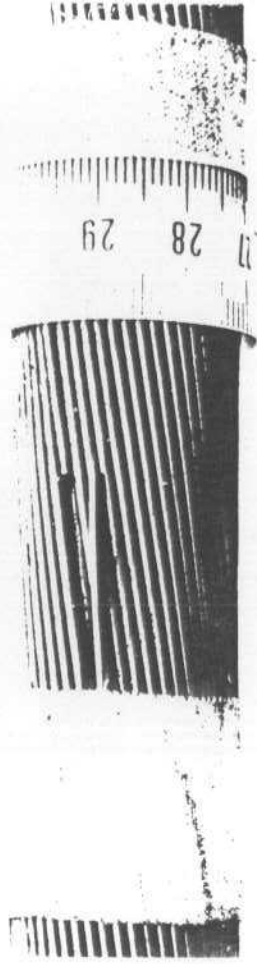
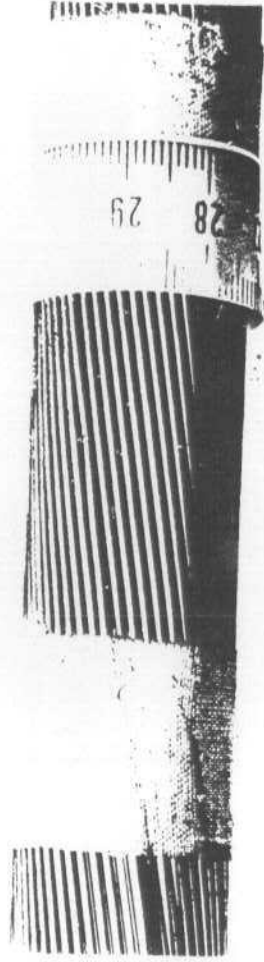
Figura 6c. Influencia de la longitud de un hilo roto.

**Dos hilos rotos de 1.5 mm, situados a 12, 23 y 40 mm del centro**



Velocidad de Paso: 1 m/s

Figura 6d. Influencia de la excentricidad.



Comprobaciones experimentales en el Laboratorio.

Se efectuaron así mismo comprobaciones sobre la influencia de la cuantía de la pérdida de sección sobre la salida del detector.

Las conclusiones sobre los experimentos realizados fueron las siguientes:

- La velocidad de paso, y la cuantía de la pérdida de sección, son las únicas variables que afectan linealmente a las señales de tensión inducidas. Sin embargo, leves modificaciones en la longitud, o en la forma de la rotura, hacen que se pierda esta linealidad.

- La excentricidad, y sobre todo la longitud de los defectos, afectan de forma no lineal tanto a la forma y como a la cuantía de las tensiones inducidas en las bobinas. Leves variaciones en la longitud o en la disposición de los extremos de los hilos rotos, incluso en la forma de la rotura de estos hilos, conducen a una gran variedad de formas de ondas en las bobinas de salida.

- Los resultados coinciden con los datos recogidos de la bibliografía en este aspecto. ([14], [16], [23] entre otros).



#### **4.2.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES.**

Una vez definido el proceso de adquisición de datos, y comprobadas experimentalmente las aportaciones de otros investigadores, el primer paso en el estudio y manejo de los datos consistió en el acondicionamiento y filtrado de los mismos.

##### **4.2.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL RUIDO.**

En este apartado se realiza un análisis del ruido que aparece en los registros de la bobinas del detector. Se entiende lógicamente por "ruido", aquella señal que aparece en el detector cuando por él, se hace pasar un cable en el que no existe defecto apreciable alguno. Necesariamente un análisis de este tipo siempre debe ser relativo, es decir: referido a aquellas señales donde sí existen defectos. Se han tomado como registros de referencia cuatro registros típicos, tres de ellos referidos a hilos rotos, y un cuarto a entallas internas. Para evitar cualquier equívoco, los hilos rotos son roturas artificiales realizadas en el cable adicionando un trozo de hilo de acero de tres secciones diferentes, sobre un cable real. La señal así obtenida, coincide con la que se obtendría a partir de un cable en el se hubiese retirado un hilo de igual sección y longitud que las del hilo adicionado, aunque claro

está, que la señal aparecerá en el registro inductivo invertida respecto al eje espacial.

Los hilos de calibración se colocan en zonas del cable donde se ha constatado que no existe ningún tipo de defecto, de forma que la calibración sea lo más precisa posible. Lógicamente la rotura que simulan estos hilos de calibración es la de un hilo superficial, de modo que el factor por el que hay que multiplicar la señal de las bobinas exteriores, para igualarla a la de las bobinas interiores, nos dará un índice del factor de excentricidad de la rotura en ese tipo de cable concreto.

La calibración es una práctica habitual en los ensayos de este tipo, pues es preciso controlar una serie de variables que en principio dependen de cada cable particular, y que en modo alguno se pueden presuponer, como son: sección concreta del cable, estado de conservación, presencia o no de concentradores magnéticos en el detector, etc.

Así en las siguientes seis figuras se muestran las señales de las bobinas exteriores e interiores correspondientes a dos metros de cable cada una de ellas, en las que aparecen: ruido típico (figuras 7 y 8), hilo roto simulado de 1 mm de diámetro (Figura 9), hilo roto de 2 mm de diámetro (figura 10), y zona de entallas internas (Figura 11). Se han tomado estos tres defectos como referencia para el estudio del ruido y no otros, dado que éstos son los defectos más pequeños que se pretende

detectar. Así mismo se ha mantenido la misma escala para los gráficos de ruido en las bobinas exteriores e interiores, a fin de observar inmediatamente la distinta cuantía de ambas.

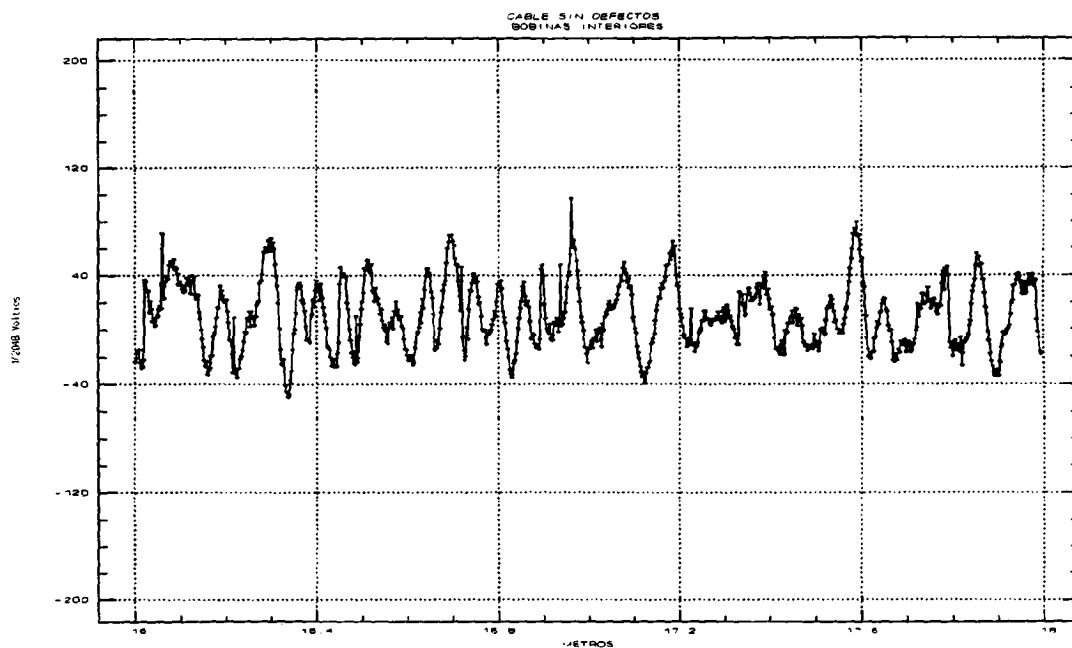


Figura 7. Ruido bobinas internas. (Dos metros de lectura).

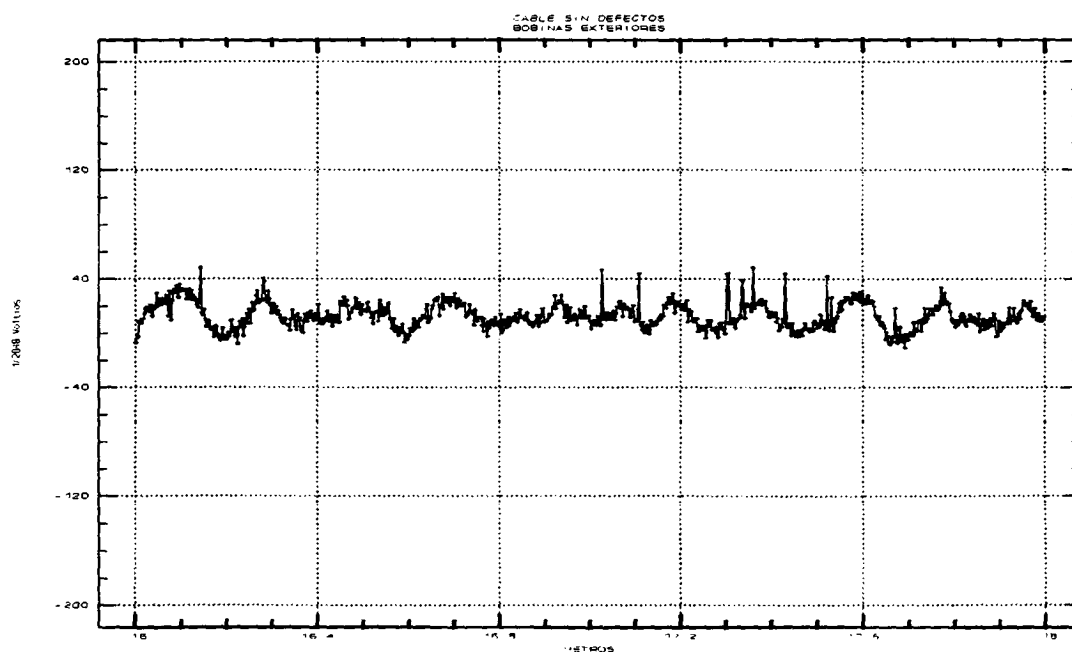


Figura 8. Ruido bobinas externas. (Dos metros de lecturas).

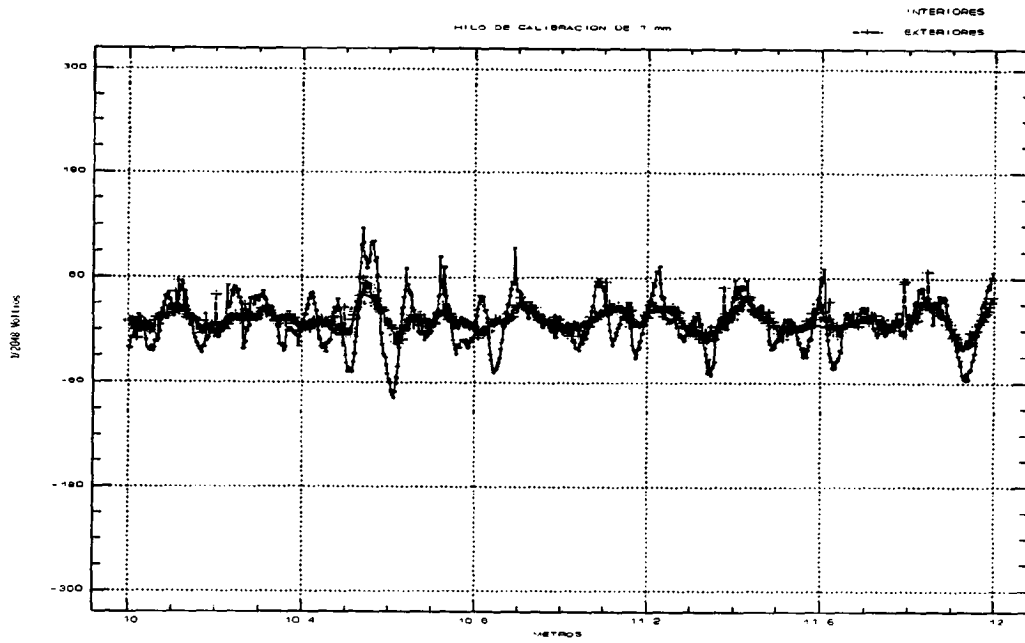


Figura 9. Hilo roto de 6 cm de longitud y 1 mm de diámetro.

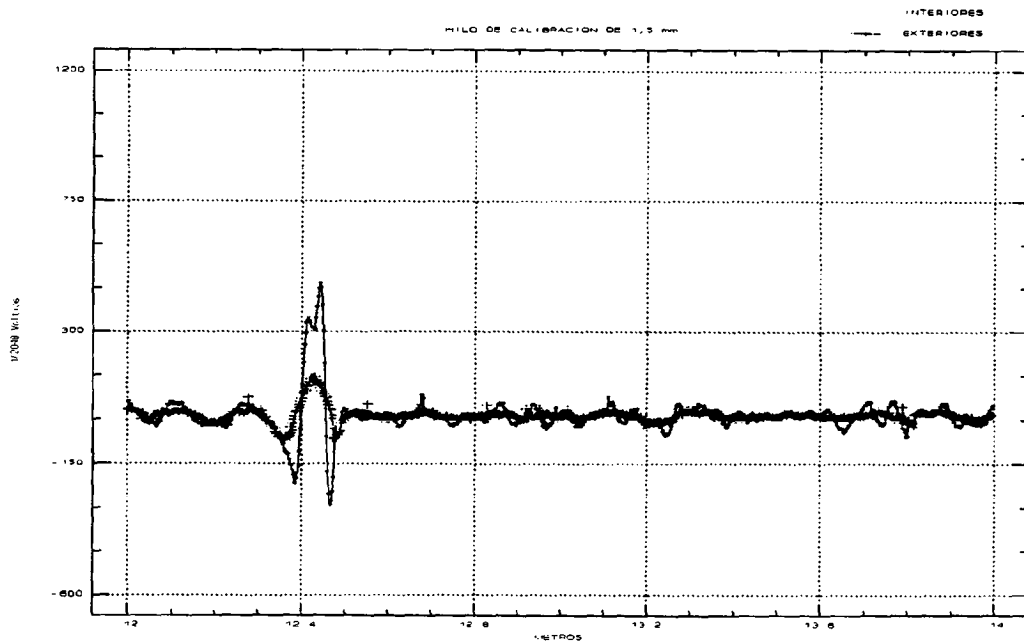
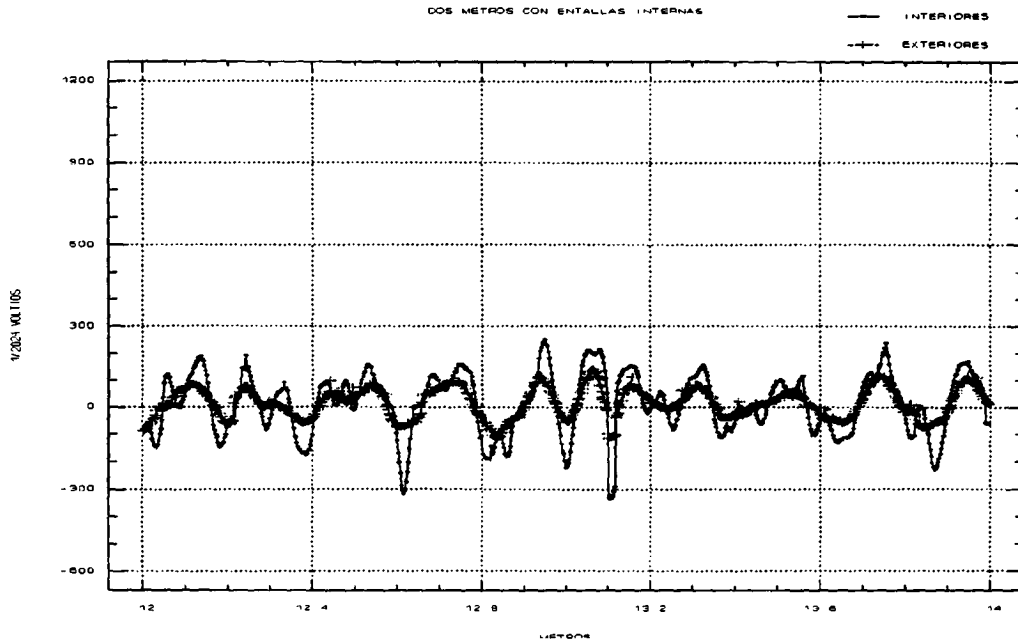


Figura 10. Hilo roto de 6 cm de longitud y 1,5 mm de diámetro.



**Figura 11. Zona de 2 metros de entallas internas.**

De la simple observación de estas señales se puede concluir que las bobinas interiores al estar más cercanas al cable, registran con más precisión las variaciones del campo magnético asociado al mismo, mientras que las bobinas exteriores, al estar más alejadas, registran lógicamente las variaciones del campo magnético con menos precisión, resultando en ellas una señal prácticamente homotética a la de las bobinas interiores, pero de cuantía menor (Un cincuenta por ciento aproximadamente). Así mismo, la señal de las bobinas exteriores resulta mucho más suave en sus transiciones.

Cabría distinguir en este punto entre dos tipos de ruidos: el que llamaremos ruido propio o estructural, y el ruido externo o ambiental. El primero de ellos debe reproducir en las señales, el efecto del trenzado del cable, evidentemente el

cable de acero trenzado ofrece siempre la misma sección efectiva a su paso por el detector, pero esta sección va girando a medida que el cable avanza. Las bobinas sensoras están repartidas rodeando al cable en la cabeza sensora, siendo 12 bobinas para las interiores y 14 para las exteriores. Si el número de bobinas fuera infinito, el que el cable estuviese trenzado no haría variar para nada las señales obtenidas, pues cuando enfrente de una de las bobinas pasa el extremo más sobresaliente de una de las trenzas o torones del cable, siempre existiría otra bobina en la que ocurre lo contrario, es decir, justo enfrente de ella el cable ofrece uno de los huecos propios del trenzado. Resultando que unas tensiones estarían creciendo mientras que otras decrecerían en la misma cuantía (no se olvide que las bobinas miden las variaciones del campo magnético), dando lugar a un tensión perfectamente plana. Si el número de bobinas es finito, entonces la señal que se reciba en ellas será periódica, y esta periodicidad vendrá determinada por el número de bobinas (supuesto repartidas uniformemente en la cabeza sensora), del paso del trenzado del cable, y del número de cordones que formen el trenzado. Por tanto cada cable tendrá un espectro distinto del ruido propio dependiendo de su composición y geometría.

En el desarrollo del método seguido en este proyecto, se planteó realizar un estudio detallado del ruido propio, esperando encontrar en un análisis espectral componentes de frecuencia que distinguieran al ruido de los defectos típicos.

Sin embargo al realizar el correspondiente análisis del espectro de frecuencias espaciales del ruido y de los defectos, ambos se superponen en sus componentes más significativas.

El otro tipo de ruido que aparece en los sensores, es el que se ha denominado ruido externo. Este es un ruido debido principalmente a las vibraciones del cable en el proceso de detección, y al incorporado por los equipos de medida y la circuitería electrónica. Ambas componentes de este ruido tendrán una frecuencia muy elevada en comparación con el ruido propio, como por otra parte no podía ser de otra manera. Esta componente del ruido es mucho más evidente en las bobinas exteriores que en las interiores. La razón también es evidente; al estar las bobinas exteriores más alejadas del centro del cable, el campo magnético que llega a ellas es más pequeño, y la tensión inducida también es más pequeña, y lógicamente la influencia relativa del ruido exterior es mayor. Además el número de bobinas exteriores es mayor que el de bobinas interiores, y al estar conectadas estas en serie, es natural que el ruido en las bobinas exteriores sea superior.

Aparte de estas dos componentes del ruido, se observa como en el proceso de muestreo se introducen de forma ocasional y aleatoria puntos extraños que se salen de la continuidad propia de la señal. Evidentemente estos puntos se pueden considerar como totalmente anómalos y provienen de fallos en el proceso de muestreo, imposibles de predecir y evitar de antemano.

#### 4.2.2.2. TÉCNICAS DE FILTRADO.

Se ha observado como el ruido que se pueda encontrar en cualquier lectura del equipo tendrá dos componentes fundamentales, más ocasionales fallos del muestreo. La componente propia del ruido o estructural, y la componente externa o ambiental. A parte de los puntos espurios del muestreo.

El tratamiento de cada una de estas componentes es distinto. Mientras que el ruido ambiental no ofrece ninguna problemática, pues con un simple filtro paso bajo se eliminarán, dado que tiene una naturaleza de alta frecuencia, que no estorba para nada a los posible defectos que puedan producirse en frecuencia mucho más bajas.

Lo mismo ocurre con los puntos espurios, estos puntos darán al espectro de frecuencias componentes en todas las frecuencias, pero dado que son puntos aislados, su influencia se puede amortiguar también con el mismo filtro paso bajo.

Si se habla en términos de la teoría de tratamiento de señales, el filtro adecuado para eliminar los ruidos ambientales y los puntos espurios, sería un filtro paso bajo no recursivo de un rango moderado. Mientras que si se habla en términos estadísticos, se diría que la técnica a usar es un alisado o "smoothing" por medias móviles de cuatro o cinco términos. Con esto es más que suficiente para eliminar los efectos de los ruidos de alta frecuencia.



El las figura 12 y 13, se muestra un tramo de dos metros de señal de las bobinas interiores (Figura 12), y de las bobinas exteriores (Figura 13), en el que se ha realizado un proceso de alisado o "smoothing" mediante el método de las medias móviles de once términos (cinco a cada lado del punto sobre el que se calcula la media). En los Figuras 14 y 15, para las bobinas internas, y 16 y 17, para las externas, se muestran los respectivos espectros de frecuencias espaciales para la señal sin alisar (Figuras 14 y 16), y una vez alisada (Figuras 15 y 17).

RUIDO FILTRADO EN BOBINAS INTERIORES

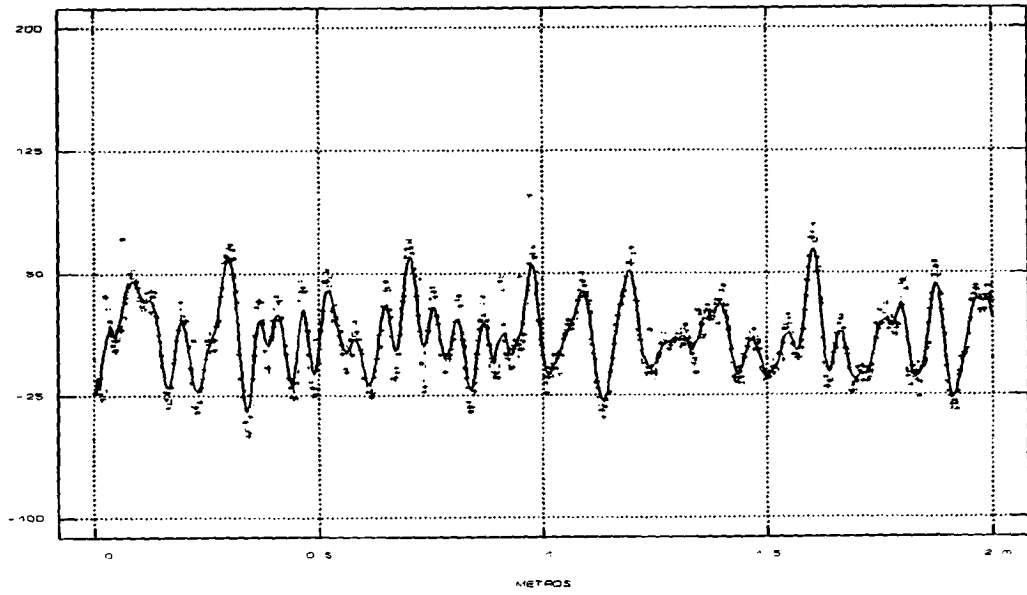


Figura 12. Ruido filtrado en bobinas interiores.

RUIDO BOBINAS EXTERIORES FILTRADO

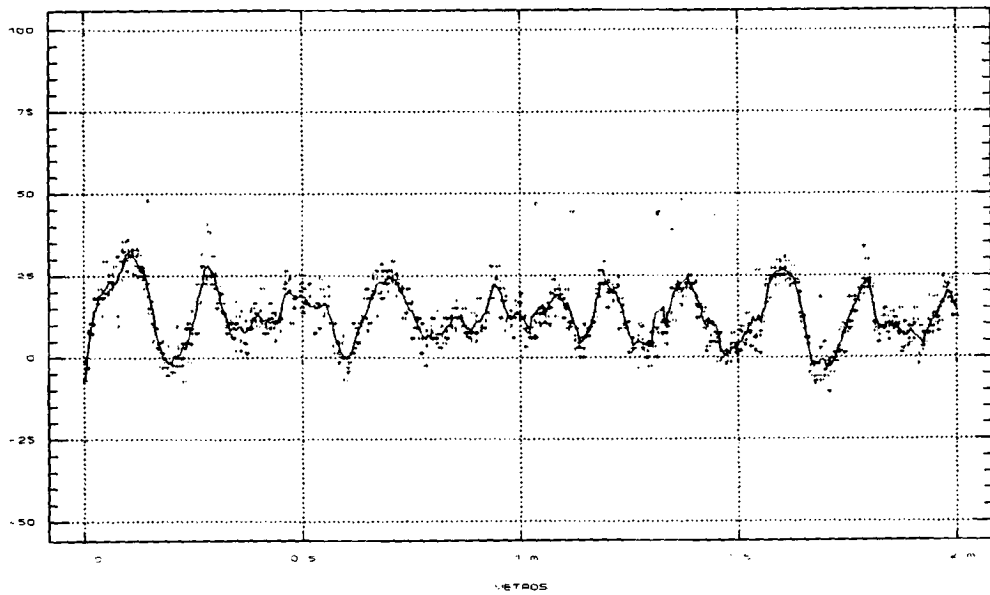
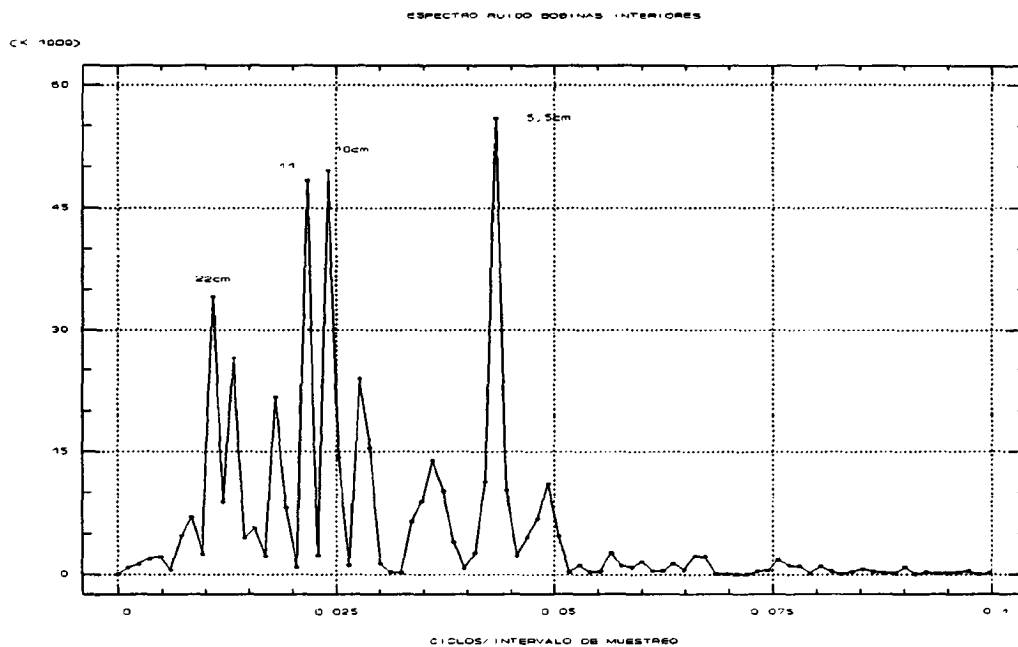
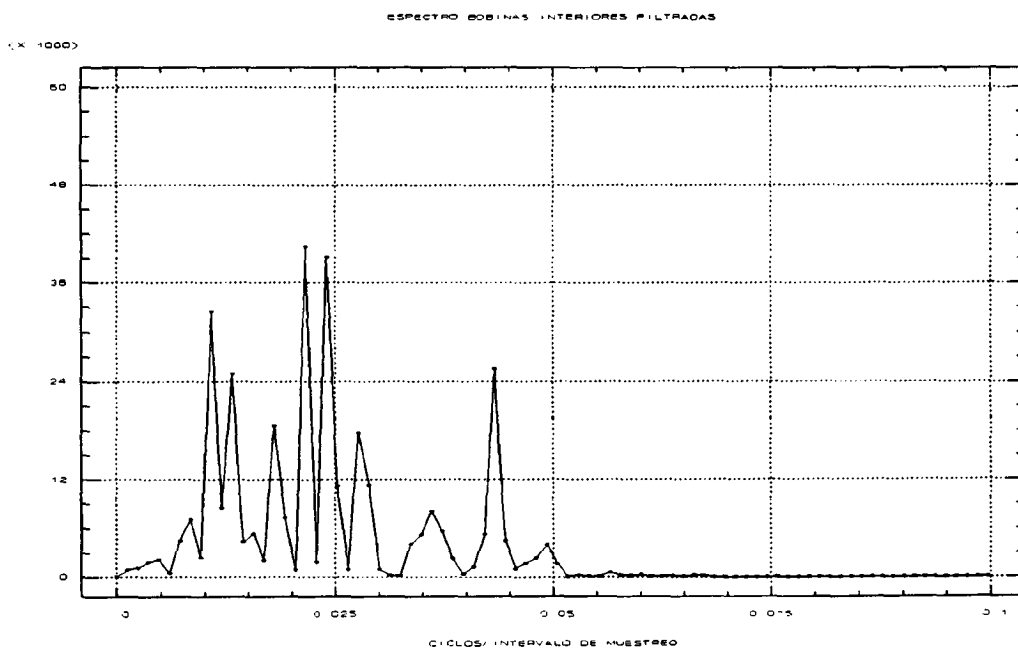


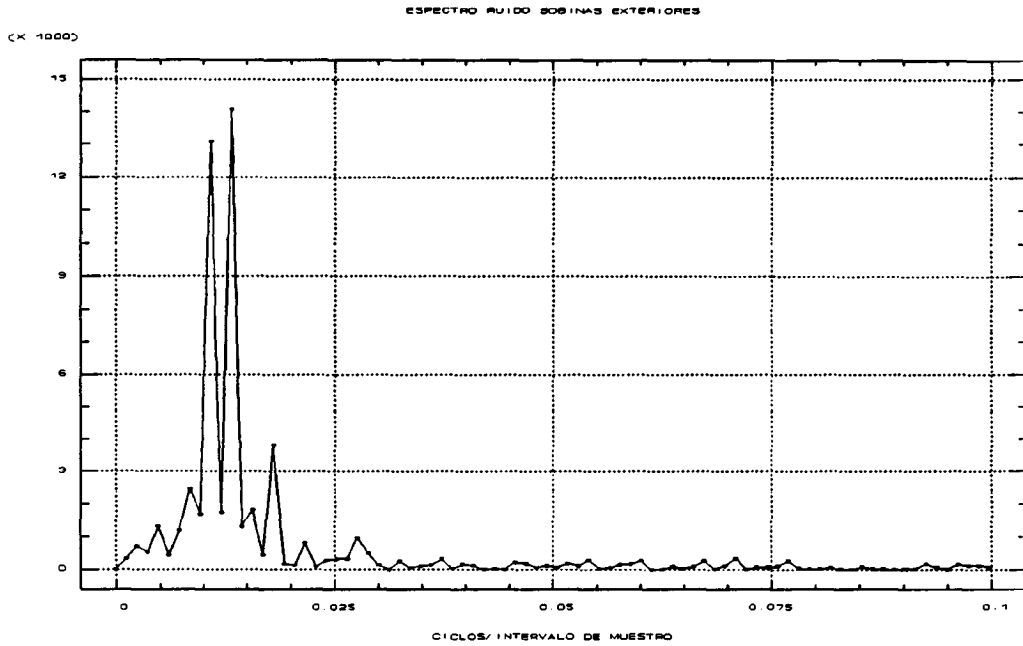
Figura 13. Ruido filtrado en bobinas exteriores.



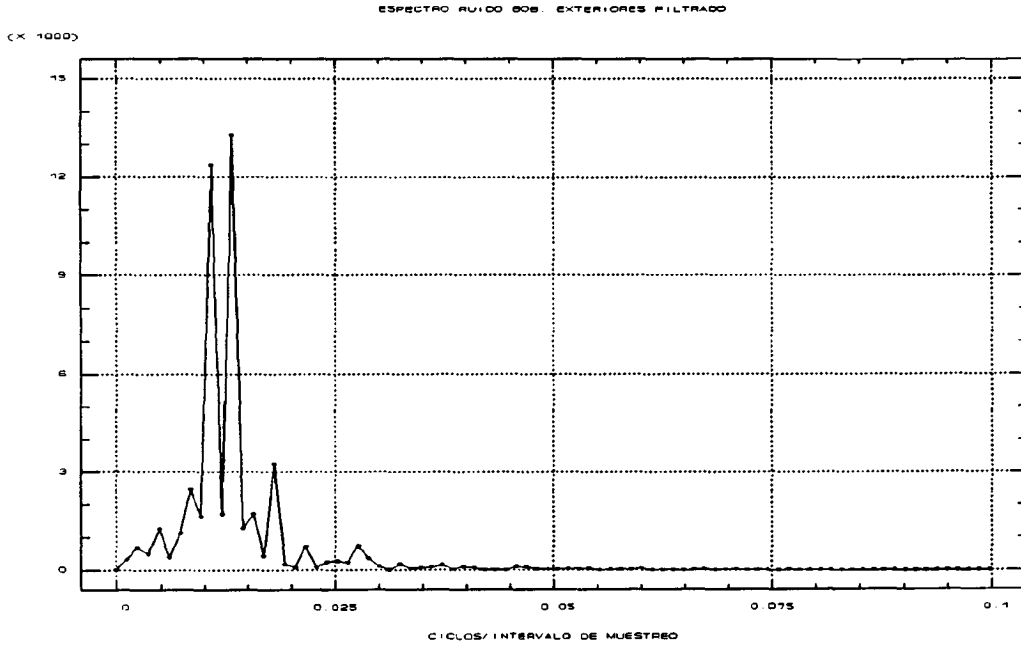
**Figura 14. Espectro de frecuencias señal sin filtrar. Bobinas Interiores.**



**Figura 15. Espectro de frecuencias ruido filtrado. Bobinas Interiores.**



**Figura 16. Espectro de frecuencias señal sin filtrar. Bobinas Exteriores.**



**Figura 17. Espectro de frecuencias ruido filtrado. Bobinas Exteriores.**

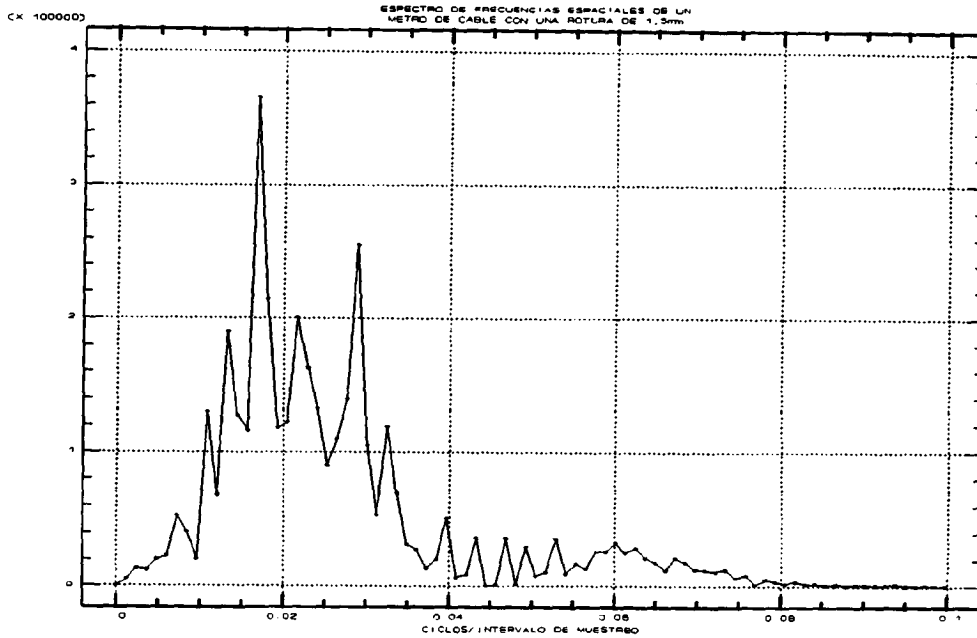
De estos gráficos, se deduce que efectivamente el proceso de alisado elimina los efectos de las altas frecuencias sin interferir apreciablemente en las bajas frecuencias, donde se supone se encuentra el efecto de los defectos. Además al usar el método de las medias móviles a izquierda y derecha del punto sobre el cual se va a calcular la señal filtrada, se puede estar seguros que no se va a distorsionar la simetría de la señal. En otras palabras se trata de un filtro no recursivo.

En cuanto a las diferencias entre las lecturas de las bobinas exteriores y interiores, se observa que en éstas últimas (Figuras 16 y 17), el efecto de las altas frecuencias es más persistente que en las bobinas exteriores, si se usa el mismo filtro. Este extremo resultará de gran importancia. En efecto, la señal que llega a las bobinas exteriores es idéntica a la de las interiores, pero lógicamente atenuada por la mayor distancia, la atenuación además se produce en mayor medida sobre aquellas señales más débiles, como por ejemplo el ruido propio o estructural del cable. Se concluye pues, que la señal que llega a las bobinas exteriores está filtrada de una forma natural en las componentes de mayor frecuencia. Por ello esta señal; la de las bobinas exteriores; nos servirá no sólo para apreciar la profundidad del defecto, sino también para analizar la señal en frecuencia, dado que en ella ya se ha realizado un proceso natural de filtrado sin intervención exterior alguna.

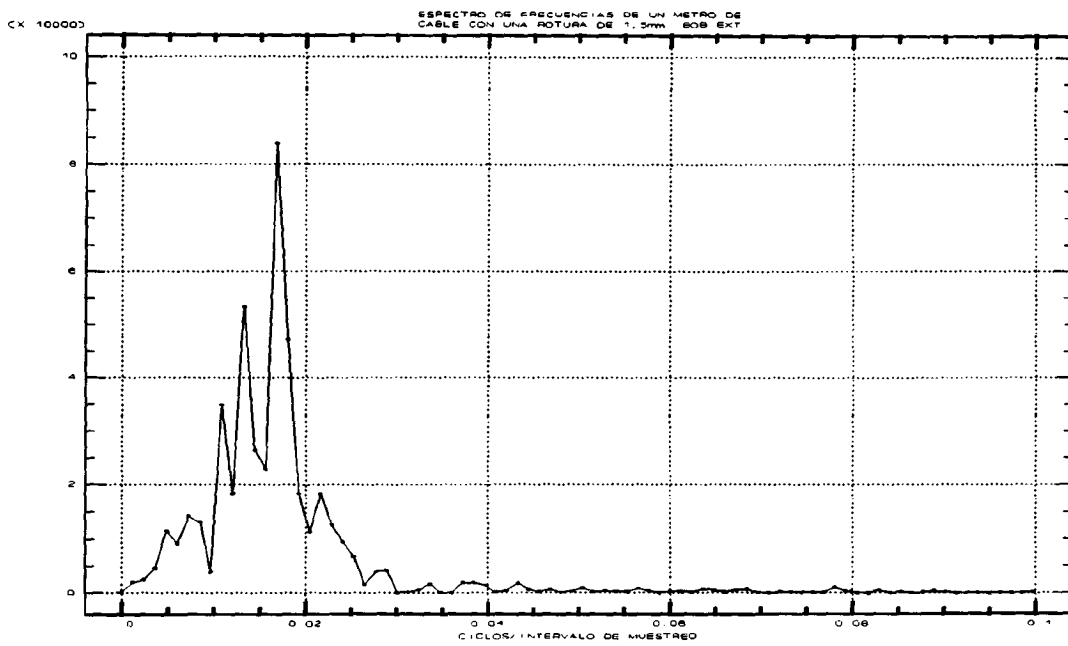
Para encuadrar el efecto del ruido en su justa medida, y

comprobar la eficacia del filtrado, es necesario, comparar estos espectros con el que corresponde por ejemplo a un hilo roto, o a una zona de entallas internas.

En las Figuras 18 y 19, y 20 y 21 se muestran en las dos primeras los espectros correspondientes a dos metros de señal de las bobinas exteriores e interiores, en los que aparece un hilo roto exterior de 1,5 mm de diámetro, y en las dos segundas una zona de entallas internas.



**Figura 18. Espectro de frecuencias de dos metros de cable con un hilo roto de 1,5 mm de diámetro. (Bobinas Interiores).**



**Figura 19. Espectro de frecuencias de dos metros de cable con un hilo roto de 1,5 mm de diámetro. (Bobinas Exteriores).**

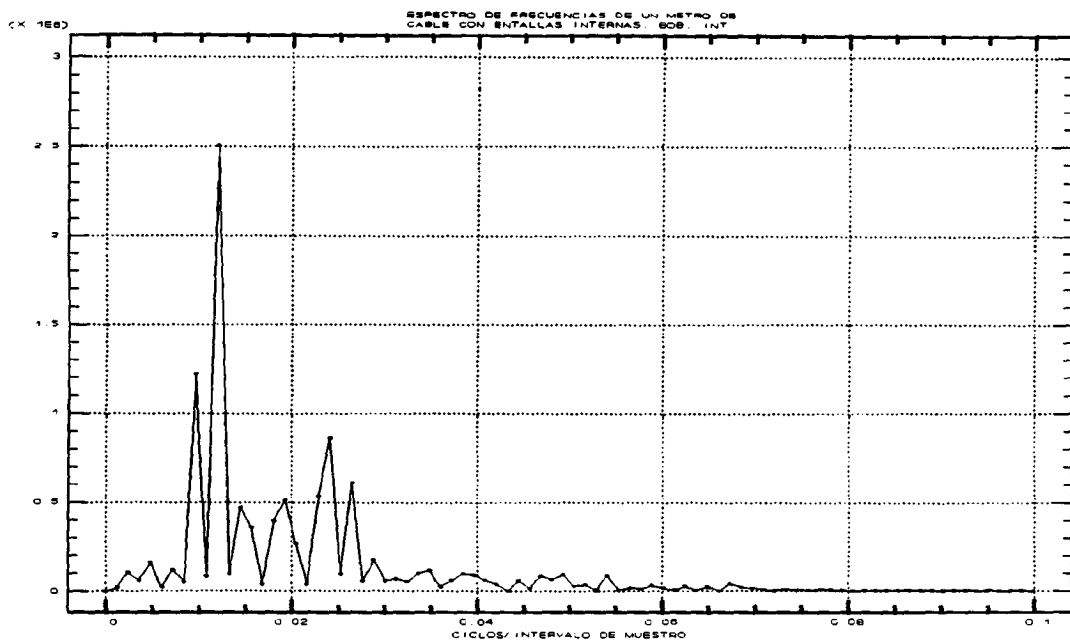


Figura 20. Espectro de frecuencias de dos metros de cable con entallas internas. (Bobinas Interiores).

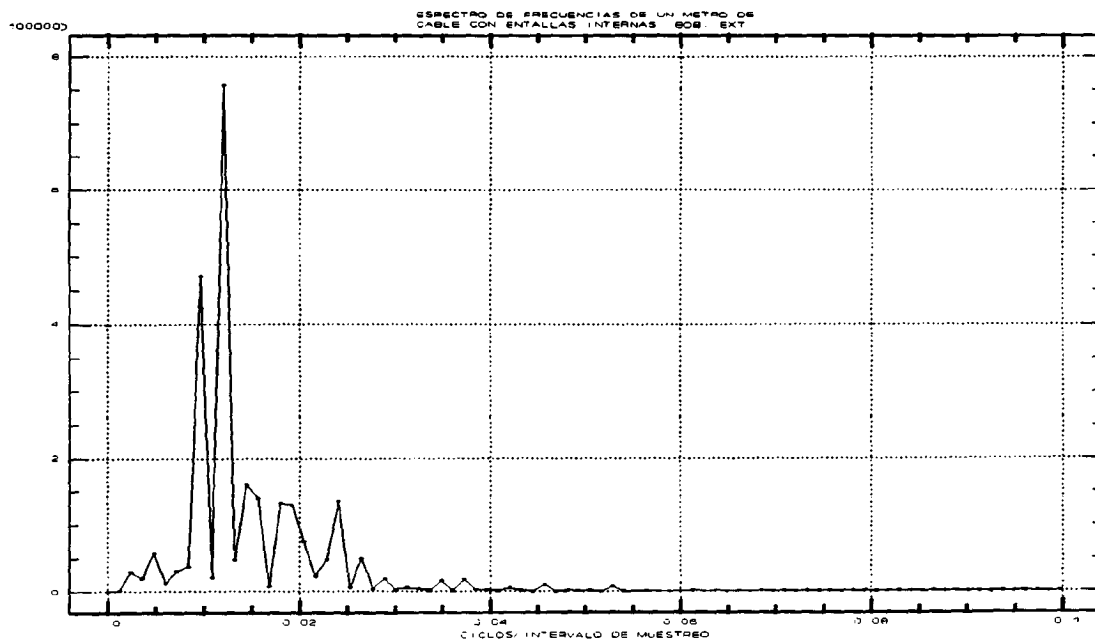


Figura 21. Espectro de frecuencias de dos metros de cable con entallas internas. (Bobinas Exteriores).



En estas gráficas se puede apreciar como la influencia de las roturas, es justo en la zona del ruido estructural, y lo mismo ocurre con las entallas. Por tanto se concluye que es imposible realizar un filtrado en frecuencia para separar el ruido estructural de las anomalías, dado que ambas están en la misma banda de frecuencias. Este hecho aporta una dificultad adicional, dado que como se comprueba la cuantía del ruido es realmente notable, y hubiera sido muy interesante haber podido efectuar un filtrado del ruido de forma sintonizada. Una vez estudiados varios espectros referidos a ruidos en distintas posiciones del cable se desprenden las siguientes conclusiones:

Existen dos componentes fundamentales del ruido. A saber:

1.- Ruido estructural, producido por el trenzado del cable, este ruido es imposible de eliminar con un filtro convencional, dado que coincide en una banda de frecuencias idéntica a la de las posibles perturbaciones o defectos del cable.

2.- Ruido externo; debido a las vibraciones del cable en la toma de datos, y al ruido propio introducido por el equipo. Esta componente del ruido, así como los puntos espurios del muestreo, se eliminan con un filtro pasa bajo no recursivo, junto con un filtro no lineal.

Las bobinas exteriores hacen las veces de un filtrado

natural en frecuencia, dado que debido a la lejanía de las mismas del centro del cable, los ruidos estructurales llegan a ellas muy debilitados. El análisis espectral del ruido no conduce en modo alguno al diseño de un filtro que elimine la acción del ruido estructural, pero sí a determinar unos mínimos, que superados indicarán la presencia de alguna anomalía en el cable.

#### 4.2.2.3. CONCLUSIONES SOBRE EL FILTRADO.

Según ha sido expuesto, se efectuaron dos filtrados previos al procesamiento de los datos. Un primer filtrado no lineal, adecuado para eliminar aquellos puntos anómalos del proceso del muestreo. Estos puntos están muy alejados de la continuidad de la señal y su eliminación mediante un filtro lineal podría dar problemas, por ello se aplica el sencillo filtro no lineal de la mediana de tres puntos.

Así, sean  $a(n-1)$ ,  $a(n)$  y  $a(n+1)$ , tres puntos consecutivos, procedentes del muestreo de uno de los canales de adquisición de datos. Se tomará como punto de salida de este filtro, correspondiente a la posición  $n$  al punto  $s(n)$  tal que:

$$s(n) = \text{mediana}(a(n-1), a(n), a(n+1))$$

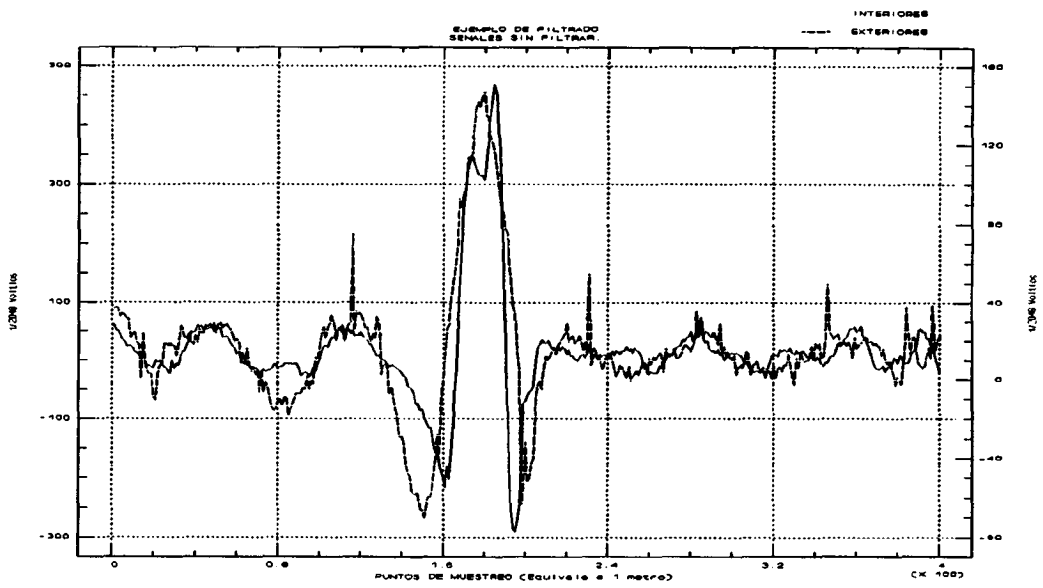
El segundo filtro que se utilizó fue un filtro lineal de alisado, este filtrado no afectó a la esencia de la señal, en

lo que a la naturaleza de los posibles defectos a localizar se refiere. Así mismo se comprobó mediante un análisis espectral, que ésto era verdaderamente cierto.

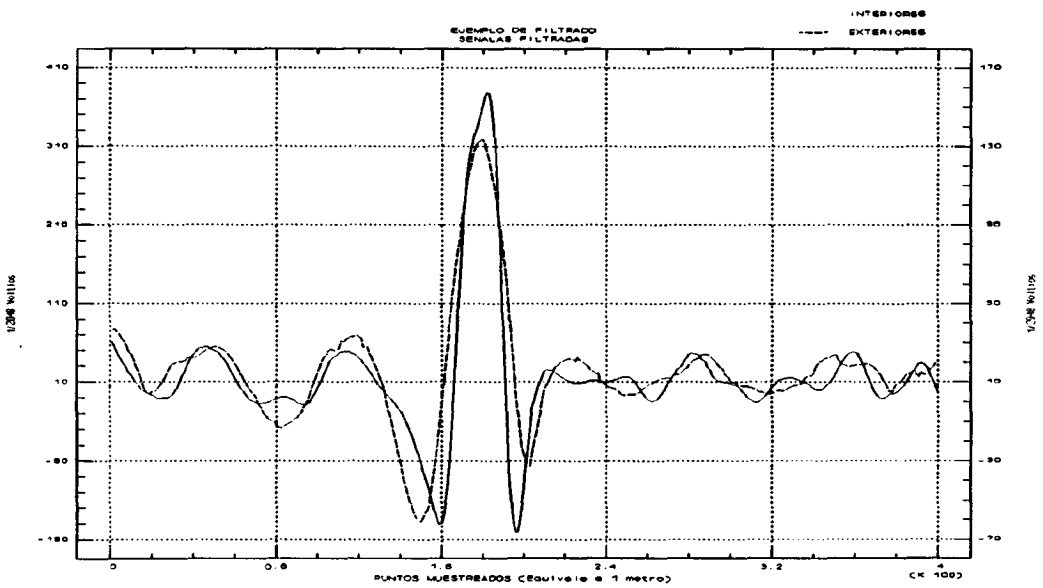
El filtro usado es un filtro de medias móviles de once términos, es decir, para obtener la salida de este filtro en la posición  $n$ , se toman cinco términos a la derecha y otros tantos a la izquierda del punto que se quiere filtrar, además de él mismo, y se calcula la media de estos once puntos. Analíticamente la salida  $s(n)$  del filtro sería:

$$s(n) = [a(n-5) + a(n-4) + \dots + \dots + a(n+4) + a(n+5)]$$

En las figuras 22 y 23, se muestra un ejemplos del efecto conjunto de estos filtros sobre datos reales.



**Figura 22. Ejemplo de filtrado. Señales antes del filtro.**



**Figura 23. Ejemplo de filtrado. Señales una vez filtradas.**

#### 4.2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En este punto se plantea nuevamente lo ya indicado, al hablar de las dos líneas de investigación que son posibles a la hora de detectar con eficacia los defectos presentes en los datos previamente corregidos y filtrados. El método directo consistiría en desarrollar un modelo que tuviese en cuenta todas las variables que intervienen, línea sugerida en [10], [11] y [25]. Y por otro lado el operar de una forma indirecta, es decir: conocidos una serie de defectos clasificados según la merma de sección que acarrearán, diseñar un clasificador estadístico atendiendo a ciertas variables representativas elegidas convenientemente. Esta es la línea sugerida en [27] y [22], y que representa la más novedosa y eficaz de las opciones posibles.

Así pues se tratará de encontrar un clasificador, a ser posible lineal, que en base a la cuantía que el defecto problema tome para el grupo de variables elegidas, determine al grupo o categoría de defectos al que pertenezca con mayor probabilidad.

Una formulación matemática de lo dicho sería la siguiente: Sean:  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_p$ , un conjunto de variables que pueden ser calculadas en base a los datos disponibles. El clasificador lineal será aquel conjunto de constantes  $A_{ij}$ , y  $B_j$  tales que aplicados de forma lineal a los valores de las variables

proporcionan una serie de puntuaciones  $P_j$ , que indican la proximidad de pertenencia a cada uno de los  $g$  grupos o categorías posibles.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= B_1 + A_{11} V_1 + A_{12} V_2 + \dots + A_{1p} V_p \\
 P_2 &= B_2 + A_{21} V_1 + A_{22} V_2 + \dots + A_{2p} V_p \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_g &= B_g + A_{g1} V_1 + A_{g2} V_2 + \dots + A_{gp} V_p
 \end{aligned}$$

**4.2.3.1. PARÁMETROS DE DISCRIMINACIÓN.**

Con la línea apuntada en el epígrafe anterior, el primer paso consiste en el diseño adecuado de las variables que en principio serán las más convenientes para que el discriminador funcione lo mejor posible. Por tanto se intenta incluir en el análisis aquellas variables que muestren, de la forma más acusada posible, los defectos que se trata de descubrir.

Se proponen en principio un gran número de variables para dictaminar adecuadamente sobre el defecto concreto; si después se encuentra que la información de alguna de estas variables es superflua, se eliminará dicha variable. Pero en principio se toman las variables que se sospecha darán la información necesaria.

Los parámetros que se toman en primera instancia son los

siguientes:\*

1.- Valor eficaz en una ventana. (Energía).

$$\text{Energía} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n [\text{dato}(i)]^2}$$

2.- Valor medio en una ventana.

$$\text{Media} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{dato}(i)$$

3.- Diferencias en valor absoluto entre puntos contiguos que exceden de un valor umbral; acumuladas en una ventana.

$$\text{Suma.dif} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \delta(\text{dato}(i), \text{dato}(i+1)) |\text{dato}(i) - \text{dato}(i+1)|$$

$$\delta(\text{dato}(i), \text{dato}(i+1)) = \begin{cases} 0 & \text{si } |\text{dato}(i) - \text{dato}(i+1)| \leq \text{umbral} \\ 1 & \text{si } |\text{dato}(i) - \text{dato}(i+1)| > \text{umbral} \end{cases}$$

4.- Número de veces que un punto excede de su contiguo en un valor umbral en una ventana.

$$\text{N.dif} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \delta(\text{dato}(i), \text{dato}(i+1))$$

$$\delta(\text{dato}(i), \text{dato}(i+1)) = \begin{cases} 0 & \text{si } |\text{dato}(i) - \text{dato}(i+1)| \leq \text{umbral} \\ 1 & \text{si } |\text{dato}(i) - \text{dato}(i+1)| > \text{umbral} \end{cases}$$

5.- Máxima transición en una ventana. (Diferencia entre

---

\* En la ecuaciones de definición siguientes, n es el número de puntos de la ventana.

el valor máximo y el valor mínimo en el ventana (Max).

6.- Distancia entre el valor máximo y mínimo en la ventana (Xmax).

7.- Componente de bajas frecuencias de la transformada de Fourier de los puntos de una ventana.

$$FFT1 = \frac{1}{n} \sqrt{Re1^2 + Im1^2}$$

siendo:

$$Re1 = \sum_{i=1}^{n-1} dato(i) \cos\left(\pi \frac{2}{n} i\right)$$

$$Im1 = \sum_{i=1}^{n-1} -dato(i) \sin\left(\pi \frac{2}{n} i\right)$$

8.- Componente de frecuencias medias de la transformada de Fourier de los puntos de una ventana.

$$FFT2 = \frac{1}{n} \sqrt{Re2^2 + Im2^2}$$

siendo:

$$Re2 = \sum_{i=1}^{n-1} dato(i) \cos\left(\pi \frac{4}{n} i\right)$$

$$Im2 = \sum_{i=1}^{n-1} -dato(i) \sin\left(\pi \frac{4}{n} i\right)$$

9.- Componente de frecuencias altas de la transformada de



Fourier de los puntos de una ventana.

$$FFT3 = \frac{1}{n} \sqrt{Re3^2 + Im3^2}$$

siendo:

$$Re3 = \sum_{i=1}^{n-1} dato(i) \cos\left(\pi \frac{6}{n}\right)$$

$$Im3 = \sum_{i=1}^{n-1} -dato(i) \operatorname{sen}\left(\pi \frac{6}{n}\right)$$

Estos son los nueve parámetros que en principio se toman para tratar de averiguar los tres tipos de defectos más usuales que se encuentran en los cables, a saber:

- Hilos rotos, y agrupaciones de hilos rotos.
- Corrosión externa e interna.
- Entallas internas.

#### 4.2.3.2. CONSIDERACIONES PREVIAS.

Antes de entrar a analizar en detalle cada uno de las variables se harán unas consideraciones previas.

El objetivo final de este proyecto no es otro que el de llegar a afirmar con un margen de error razonable, que en un determinado punto de un cable existe (o no) un tipo de defecto determinado. Pero la expresión "un punto del cable" debe concretarse algo más. Pues como es natural en un cable que tiene varios cientos de metros especificar una posición con precisión de un milímetro, puede no ser necesario. Desde el punto de vista de la precisión con la que se conocen los datos (lo que en términos temporales sería el periodo de muestreo), se dispone una precisión del orden de milímetro y medio entre punto y punto. De modo que se podría obtener un conjunto de parámetros (nueve por cada canal) para posiciones del cable separadas entre sí una longitud de muestreo. Y con estos parámetros entrar en un algoritmo tal, que decida que tipo de defecto se tiene. Pero si se piensa con atención resulta que esta precisión no es necesaria.

Como se ha expuesto con anterioridad un defecto típico, como puede ser un hilo roto, tiene una zona de influencia que oscila dependiendo del tipo de defecto entre 5 y 12 centímetros. Por tanto se debe tomar una longitud mínima, a efectos de cálculo de parámetros de 5 centímetros.

Por otro lado, en lo que se refiere al tamaño de las ventanas en las que se debe hacer efectivo el cálculo de los parámetros, éste debe ser de al menos 10 centímetros a cada lado del punto en el que se calculan los parámetros. De esta forma no sólo se asegura que cualquier defecto aislado entra dentro de la ventana, sino también que en caso de que este defecto no quedase centrado en dicha ventana, su efecto se apreciaría en los puntos contiguos separados entre sí cinco centímetros.

En resumen: Se tomará una ventana de 20 centímetros de longitud, que se desplaza de cinco en cinco centímetros a lo largo del cable.

Por tanto de un metro de cable se dispondrá de 20 vectores de discriminación, teniendo cada uno de estos vectores nueve componentes.

Ahora bien, si se efectúa un cálculo de parámetros atendiendo a esta distribución de ventanas, resulta que un defecto puntual expande sus efectos a puntos contiguos, resultando que parámetros, como por ejemplo el nivel de continua de la señal (Valor medio en la ventana), pierden prácticamente todo su significado. En efecto, en una ventana de veinte centímetros pueden entrar del orden de cien puntos de muestreo, si se tiene en esta ventana un hilo roto, la característica más evidente de esta rotura, es que aparecen del orden de veinte puntos que súbitamente se alejan de la

continuidad de la señal tomando valores negativos muy altos. Sin embargo si se calcula la componente continua de la señal en la ventana resultará que ésta no ofrece apenas desviación respecto al valor cero, pues al calcular la componente continua, pesan mucho los 80 puntos que tienen un valor próximo al cero y poco los 20 que tienen un valor negativo relativamente elevado, de modo que esta característica interesante del defecto queda difuminada en la ventana.

Esto se soluciona tomando una ventana en la que a la hora de calcular los parámetros no intervengan con el mismo peso los puntos centrales y los puntos laterales. En términos del tratamiento de señales se dirá que para esta aplicación no es conveniente tomar una ventana rectangular, sino una ventana ponderada. Dada la forma de las señales en cuestión, y tras efectuar varias pruebas se ha llegado a la conclusión que la ventana más adecuada para este caso es una ventana de Hamming de parámetro 0,5. La expresión matemática del factor de peso de esta ventana para un número  $N$  par de muestras es la siguiente:

$$w(i) = 0.5 + 0.5 \cos \left( \frac{2\pi(2i+1)}{2(N-1)} \right)$$

cuando:

$$-\frac{N}{2} \leq i \leq \frac{N}{2}$$

Aplicando este factor de ponderación a todos los cálculos de parámetros, se consigue un gran "aclarado" de los defectos.

Se pasa ahora a analizar la idoneidad de cada uno de los parámetros elegidos, comenzando por los numerados como 7, 8 y 9.

Estos parámetros son las componentes en frecuencia del espectro de los puntos comprendidos en una ventana de 20 centímetros. Si se observan las figuras correspondientes a los espectros de un hilo roto perfectamente centrado en una ventana de este tipo, se ve que tan sólo las tres primeras componentes del espectro tienen significación, sobre todo cuando se estudian las bobinas exteriores, pues como ya se comentó antes, las bobinas exteriores hacen de filtro físico de las frecuencias altas. De este modo a la primera componente la denominaremos componente de bajas frecuencias, a la segunda componente de medias y a la tercera de altas frecuencias. Aunque como es evidente estas son denominaciones relativas, puesto que las tres componentes corresponden a bajas frecuencias.

Es de presumir que cada tipo de defecto tendrá una contribución distinta a cada una de estas componentes de frecuencia espacial, de modo que tanto el valor absoluto de cada componente, como la contribución en términos relativos puede ser determinante a la hora de discriminar entre un defecto y otro.

A fin de normalizar los valores de los parámetros que se vayan obteniendo, se tomará la componente en módulo, dividida por el cuadrado del número de puntos de la ventana.

En cuanto al resto de las variables a computar, los motivos por los que se incluyen en un primer análisis, resultan evidentes. Así el valor eficaz, muestra la energía de las señales. La componente continua, como ya se comentó, indicará si la señal se aparta del nivel cero, y en qué sentido. El valor de la máxima transición puede también ser interesante, y sobre todo las variables cuatro y cinco pueden ser valiosas a la hora de encontrar transiciones bruscas.

#### 4.2.3.3. DEFINICIÓN DE LOS DEFECTOS TIPO.

Usando la filosofía descrita en el punto anterior, de intentar asignar a cada punto del cable una característica que lo identifique, ya sea porque en él se produce una pérdida de sección, o bien porque su peculiar forma indica la proximidad de aquella; es preciso replantear la definición de defectos tipo a incluir en el análisis. Así será preciso redefinir los defectos que se quieren localizar de forma puntual. Pues por ejemplo, cuando se habla de corrosión en un cable, ésta se puede simular como la presencia en el cable de pequeñas pérdidas de sección pero de forma continuada a lo largo del mismo. Es decir, hablar de corrosión, lleva implícito el hecho de que se trata de un defecto que se extiende en una longitud apreciable, y que puntualmente se comporta como pequeñas pérdidas de sección. Lo mismo ocurre cuando se tiene una rotura franca de un hilo; cuya separación entre extremos es superior a veinte centímetros; se aprecian dos zonas laterales flanqueando a una zona central, siendo las tres igualmente significativas en cuanto a su forma, pero de muy distintos significados en cuanto a la realidad mecánica de la que provienen. Así las zonas laterales indican que en su proximidad se va a producir una pérdida o una recuperación de sección; mientras que la zona central indica que en ese punto se ha perdido una sección metálica real.

Por tanto se han planteado tres categorías principales que

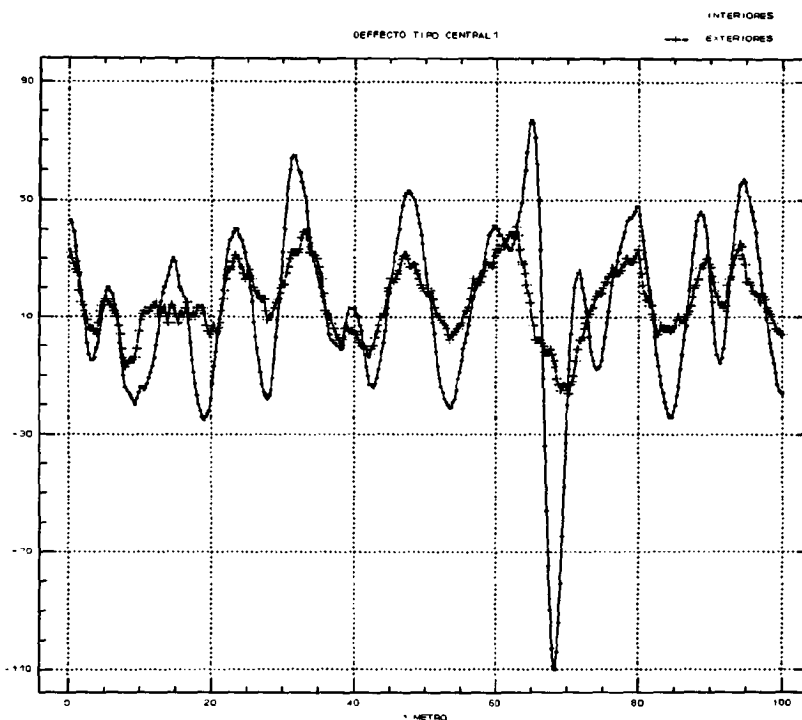
atienden a los tres defectos típicos que aparecen en los cables, equivalentes a pérdidas crecientes de sección metálica, que corresponderían con: pérdidas de sección menores, inferiores a la sección de uno de los hilos principales; pérdidas de hilos principales; y pérdidas de sección de la cuantía de dos o más hilos principales. Y de forma mucho más concreta pérdidas de sección de 1, 3 y 6 milímetros cuadrados. Pérdidas de sección puntuales de mayor magnitud, son enormemente difíciles de encontrar en un cable en servicio; y por otro lado también serían muy fáciles de detectar. Así, de los registros disponibles se han clasificado los defectos entre estos grupos, independientemente de la forma concreta que presenten. Esta clasificación se ha efectuado con la colaboración de un experto en el análisis electromagnético de cables mineros, usando equipos de registro analógico. De los defectos hallados, la inmensa mayoría corresponden con defectos puntuales debidos a hilos rotos.

Por otro lado, dado que el rastreo de los posibles defectos debe hacerse de forma secuencial, evaluando la posibilidad de encontrar alguna anomalía con una precisión de al menos cinco centímetros, se ha procedido a considerar una categoría adicional que solamente tiene en cuenta la forma de las señales, y de forma indirecta la realidad física de la que procede.

Por ésto es que se ha distinguido entre zonas laterales y centrales, y dentro de estas últimas entre tres clases según



la cuantía de las mismas. En cuanto a las zonas laterales no se ha considerado por el momento subclasificarlas, dado que lo verdaderamente definitorio del defecto no son estas zonas, sino las centrales. Así pues se han establecido cinco clases de categorías (que no de defectos), que son los siguientes:



**Figura 24. Defecto tipo CENTRAL1. (No existen zonas laterales definidas. El defecto sólo es apreciable en las bobinas interiores).**

**Tipo 0:** Ausencia aparente de defecto. En el análisis estadístico se han denotado como "NADA".

**Tipo 1:** Defectos menores, debidos a pérdidas de sección pequeñas como: entalladuras internas, hilos rotos de pequeña sección. En este tipo de defectos no se suelen apreciar elevaciones en la cuantía de la señal, por lo que en el análisis estadístico se

denominan como "CENTRAL1". La pérdida de sección efectiva que representan es del orden  $1 \text{ mm}^2$ . (Ver Figura 24).

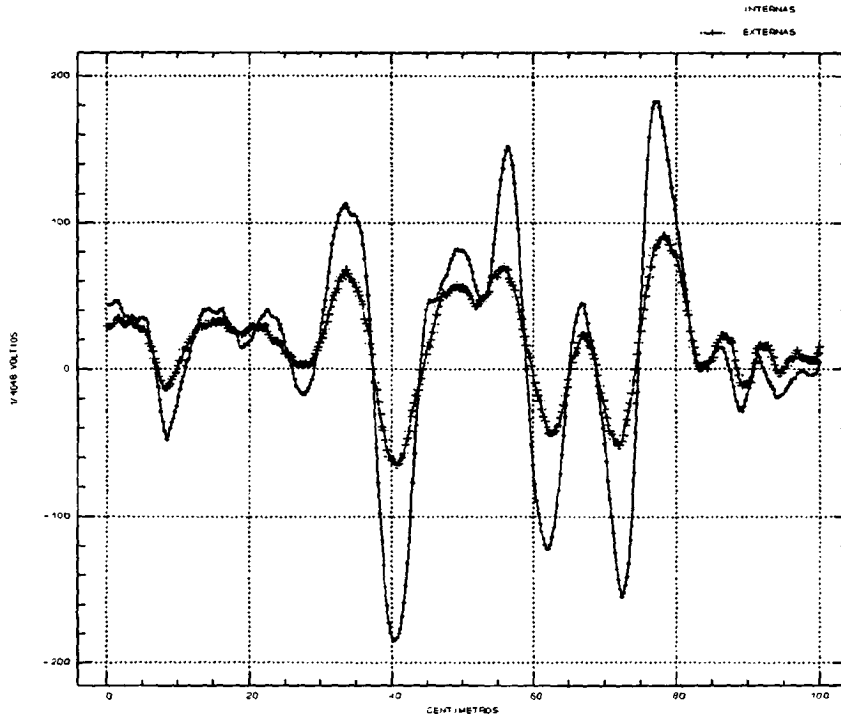


Figura 25. Dos posibles formas del defecto CENTRAL3. También se observan las formas laterales.

Tipo 2: Este tipo de forma característica consiste en una elevación en el valor de continua de la señal (Valor medio en la ventana). En las roturas simples esta forma se presenta antes y después de una zona central caracterizada por un descenso brusco del nivel de la señal. La extensión de este tipo de forma es del orden de cinco centímetros, aunque varía dependiendo de la excentricidad de la rotura y la posición exacta de los extremos de la misma. En el análisis estadístico esta forma se denomina como "LATERAL". (Ver Figura 25).

Tipo 3: Zona central de las roturas simples. Su extensión es del orden de 10 centímetros, si bien varía de forma estadística en extensión y cuantía. Se denomina como "CENTRAL3". Corresponde con una pérdida de sección metálica del orden de  $3 \text{ mm}^2$ . (Ver Figura 25).

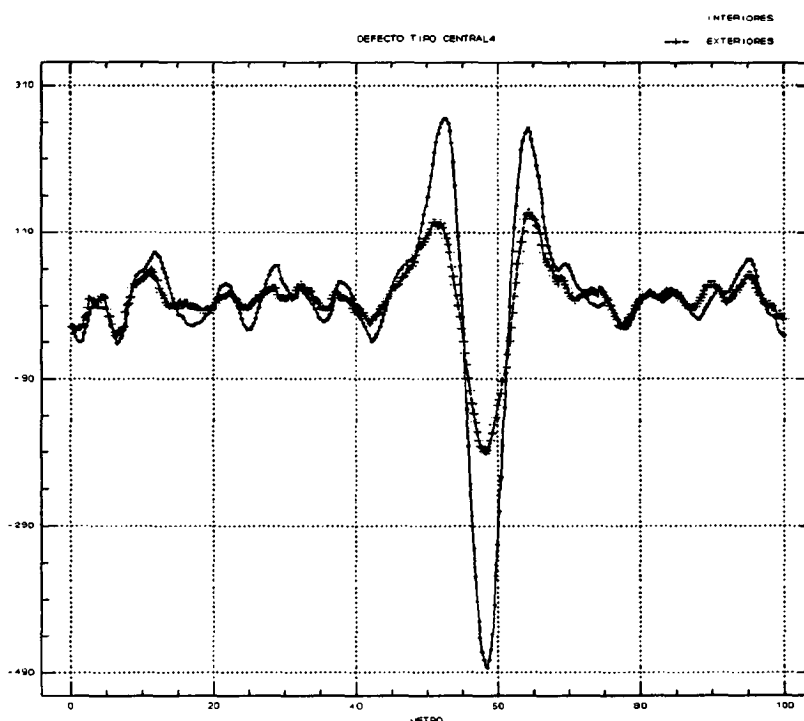


Figura 26. Defecto tipo CENTRAL4. Obsérvense las zonas laterales perfectamente definidas.

Tipo 4: Zonas centrales de las roturas de dos o más hilos en las misma posición. Su extensión es también del orden de 10 centímetros. Se ha denominado a esta forma con el nombre de "CENTRAL4". No suele ser normal que en un cable aparezcan muchos de estos defectos dado que es relativamente improbable que dos hilos se rompan justo en la misma posición. Representarían pérdidas de sección del orden de 6

mm<sup>2</sup>. (Ver Figura 26).

El tipo 3 es el más usual, y de ellos se han encontrado una gran cantidad de ejemplos prácticos, más de 300 defectos análogos.

El tipo 4 engloba a los defectos debidos a las roturas puntuales de dos o más hilos. No se ha podido distinguir entre roturas de dos hilos, tres hilos, etc. Dado que es muy raro que se presenten roturas de más de tres hilos juntos, es decir separadas una distancia inferior a cinco centímetros, sino que siempre las agrupaciones de hilos rotos se extienden por lo menos esta distancia. Por ello en los datos reales obtenidos, se han llegado a encontrar hasta tres hilos rotos en el mismo centímetro, pero sólo en tres ocasiones. Por ello al carecer de datos fiables, se ha determinado englobar todas estas roturas en un mismo grupo. A estas roturas habrá que prestarles especial atención posteriormente, para analizar exactamente si se trata de una rotura doble, triple, etc. A medida que se vayan teniendo más datos reales sobre estas roturas, se podrá pensar en desglosar el grupo en otros grupos más específicos, pero por ahora con el reducido número de roturas de las que se ha dispuesto no es conveniente.

En cuanto el tipo 2, éste no obedece a una rotura o defecto físico, si no a una cualidad geométrica de las señales. Y se usará como delimitador de otros defectos reales.

#### 4.2.3.4. ELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS MAS CONVENIENTES.

Una vez clasificados los defectos según las categorías que se han descrito anteriormente, se ha procedido a elegir de entre los 18 parámetros o variables, los que resulten más convenientes a la hora de discriminar entre las categorías descritas. Aunque es un trabajo que realizará el programa estadístico, se pueden extraer conclusiones interesantes de la sola observación de las medias y los coeficientes de variación de estas variables según el grupo al que pertenezcan; los resultados se muestran a continuación. Así mismo se muestra una tabla de correlaciones entre variables.

Tabla 2. MEDIAS SEGÚN VARIABLES Y GRUPOS.

VARIABLE	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4	ALL GPS.
V1 Energía1	3.75573	8.26471	11.00000	19.67924	37.83333	9.22957
V2 Media1	8.79008	-19.20588	29.05660	-45.44340	-74.83334	-1.04280
V3 N.Dif1	0.05344	3.17647	4.98113	19.66981	34.00000	5.71790
V4 Sum.Dif1	0.00763	0.61765	1.04717	4.30189	12.00000	1.28794
V5 Max1	56.19084	135.58824	171.16982	303.15094	599.50000	142.42607
V6 Xmax1	0.62595	-0.94118	0.75472	-1.19811	-4.83333	0.10895
V7 FFT(1)1	7.06870	16.00000	23.39623	41.43396	77.66666	18.93774
V8 FFT(2)1	5.33969	15.20588	19.36792	39.26415	77.50000	16.72374
V9 FFT(3)1	3.55725	8.79412	9.91509	16.52830	35.83333	8.26654
V10 Energía2	2.37023	3.52941	5.85849	8.56604	16.66667	4.61090
V11 Media2	8.28244	-7.29412	17.48113	-21.19811	-38.66667	2.52140
V12 N.Dif2	1.78626	5.26471	13.43396	25.64151	44.50000	9.83658
V13 Sum.Dif2	0.05344	0.26471	0.94340	1.99057	5.33333	0.71206
V14 Max2	34.33969	55.58823	87.69811	127.39622	247.00000	68.42218
V15 Xmax2	1.53817	-2.47059	1.48113	-0.21698	-4.83333	0.82490
V16 FFT(1)2	4.43893	7.88235	12.94340	19.62264	37.83333	9.94163
V17 FFT(2)2	3.01908	5.97059	9.75472	15.80189	31.16667	7.56809
V18 FFT(3)2	2.03435	2.41176	4.00000	4.51887	9.66667	3.06615
CUENTAS	262.	34.	106.	106.	6.	514.

De la simple observación de las tablas llama la atención en primer lugar como las variables V6 y V15 tienen un coeficiente de variación extraordinariamente grande en comparación con las otras variables. Además esta variación no sólo es alta para el grupo cero, denotado en la tabla como "nada", lo cual en principio sería razonable, sino que se extiende por todos los grupos. Este hecho hace que en

**Tabla 3. COEFICIENTES DE VARIACIÓN POR GRUPOS Y VARIABLES.**

VARIABLE	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4	ALL GPS.
1 V1	0.41379	0.25329	0.40520	0.19252	0.16752	0.32461
2 V2	1.65808	-0.75841	0.63160	-0.59622	-0.69844	-18.45643
3 V3	9.77803	1.60986	1.48743	0.35954	0.09666	0.84930
4 V4	16.18641	1.64411	1.67429	0.43774	0.15811	0.94319
5 V5	0.39334	0.27505	0.44492	0.17670	0.06621	0.32514
6 V6	39.00712	-23.49753	25.96447	-16.25327	-3.90901	204.90120
7 V7	0.55650	0.25469	0.44543	0.20151	0.17927	0.36470
8 V8	0.59276	0.35388	0.52723	0.20260	0.17152	0.39353
9 V9	0.59025	0.54267	0.44697	0.31766	0.18879	0.45141
10 V10	0.41216	0.24398	0.35684	0.18721	0.13506	0.30819
11 V11	1.12194	-1.20776	0.62546	-0.69568	-0.71758	4.45884
12 V12	1.66478	0.90348	0.74467	0.28057	0.09821	0.62263
13 V13	4.52392	1.93052	1.05322	0.37655	0.09682	0.85317
14 V14	0.36169	0.22113	0.38269	0.16410	0.06021	0.29722
15 V15	16.12999	-10.32917	14.48901	-102.10506	-4.34466	28.64777
16 V16	0.53872	0.25135	0.38972	0.19774	0.11987	0.34470
17 V17	0.52468	0.34862	0.44692	0.17908	0.13060	0.35708
18 V18	0.58581	0.60490	0.48058	0.42674	0.47930	0.52655

principio estas dos variables deban ser excluidas del análisis discriminante posterior. Si se recuerda estas variables físicamente corresponden a la separación espacial entre valor

máximo y el valor mínimo en una ventana de veinte centímetros alrededor del punto en el que se están calculando los parámetros, V6 para las bobinas interiores y V15 para las exteriores. Y ciertamente si se observan los defectos se llega a la conclusión que esta variable sufre muchísima variación, pues tanto el máximo como el mínimo se presentan en una ventana espacial en posiciones bastante aleatorias, dando por tanto un coeficiente de variación enorme. De hecho esta variable se introdujo para intentar averiguar si al menos estadísticamente existía alguna relación fija entre el ancho de las transiciones y el tipo de defecto, pues tras los experimentos previos, se llegó a la conclusión que la longitud del defecto era la variable de más difícil control, y efectivamente ahora se comprueba que estadísticamente sigue siéndolo.

Excluidas pues estas variables el estudio discriminante se efectuó con las restantes. Pero antes de nada, si se observa la matriz de correlaciones, se pueden obtener algunas conclusiones útiles.

Así, aparece una clara correlación entre las variables correspondientes a las bobinas interiores y a las exteriores, salvo en las variables V3, V4 y V9 con sus correspondientes V12, V13 y V19. La explicación es evidente, las variables V3 y V12 miden el número de veces que un punto de la señal y su adyacente, exceden de un umbral, mientras que la V4 y V13 integran la cuantía de la diferencia. Por tanto resulta lógico que estas variables no estén excesivamente correlacionadas,

dado que las transiciones de las bobinas exteriores son más suaves, y por tanto dos puntos adyacentes no difieren tanto uno del otro en las bobinas exteriores como en las interiores. Por lo que resultarán de gran interés para determinar los defectos de gran magnitud.

Por tanto se podrá si se desea, descartar una de la variables de las siguientes parejas: V1 o V10 (Energía en las Bobinas Interiores o Energía en las Bobinas Exteriores), V2 o V11 (Valor medio en Bobinas Interiores o Exteriores), V5 o V14 (Valores máximos), V7 o V16 (Primeras componentes del espectro de frecuencias espaciales), y V8 o V17 (Segundas componentes del espectro de frecuencias espaciales). Dado que presentan prácticamente la misma información.

Así mismo se observa una gran correlación entre las variables V3 y V4 (Número de veces que las diferencias que exceden un umbral, y suma de la cuantía de esas diferencias en las Bobinas Exteriores), y entre las variables V12 y V13 (Número de veces que las diferencias que exceden un umbral, y suma de la cuantía de esas diferencias en las bobinas interiores), por tanto al tener una de ellas prácticamente la información de la otra, a la hora de elegir los variables para discriminar, si el proceso funciona bien, en principio sólo se debe tomar una de ellas, que en nuestro caso por simplicidad de cálculo fueron las variables V3 y V12.



**Tabla 4. MATRIZ DE CORRELACIONES.**

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
V1	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V2	-0.16894	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V3	0.79151	-0.20493	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V4	0.81090	-0.23498	0.95176	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V5	0.90364	-0.09759	0.82581	0.83875	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V6	-0.04186	-0.00025	-0.02428	-0.02774	-0.04361	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V7	0.93263	-0.15139	0.68008	0.67182	0.80711	-0.01940	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx
V8	0.89148	-0.22603	0.81301	0.84010	0.93228	-0.03967	0.76993	1.00000	xxxxxxx
V9	0.55869	-0.01686	0.63887	0.69766	0.73092	-0.03917	0.32641	0.63604	1.00000
V10	0.88825	-0.00727	0.62867	0.63022	0.74878	-0.03773	0.88512	0.69366	0.37248
V11	-0.19147	0.96497	-0.21545	-0.24217	-0.14676	0.04575	-0.17133	-0.26508	-0.06357
V12	0.74747	-0.11928	0.70909	0.67606	0.76415	-0.04759	0.69303	0.71302	0.47422
V13	0.71462	-0.10412	0.72069	0.71325	0.74835	-0.01641	0.64501	0.69474	0.52207
V14	0.80946	0.01623	0.67488	0.65909	0.86405	-0.03264	0.79033	0.76171	0.52007
V15	-0.06758	-0.04325	-0.03125	-0.02653	-0.07805	0.80442	-0.05533	-0.05749	-0.03848
V16	0.86131	0.00084	0.57154	0.56347	0.72364	0.00198	0.94169	0.64557	0.27448
V17	0.83544	-0.09546	0.72779	0.73800	0.87756	-0.05057	0.76720	0.87422	0.55487
V18	0.23225	0.08589	0.29474	0.30421	0.38635	-0.06728	0.07926	0.28965	0.55747
	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
V10	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V11	-0.01664	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V12	0.73795	-0.13465	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V13	0.69966	-0.12435	0.87698	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V14	0.84247	-0.01947	0.84025	0.81713	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V15	-0.07203	0.00758	-0.06161	-0.02299	-0.08398	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
V16	0.92793	-0.01756	0.65613	0.61013	0.79803	-0.04899	1.00000	xxxxxxx	xxxxxxx
V17	0.78850	-0.13591	0.79229	0.77545	0.90319	-0.08907	0.72076	1.00000	xxxxxxx
V18	0.27785	0.06204	0.44207	0.49877	0.53183	-0.10546	0.09272	0.41809	1.00000

#### 4.2.3.5. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA DISCRIMINACIÓN ESTADÍSTICA.

La discriminación estadística se ha efectuado con la ayuda del software estadístico BMDP, con la opción P7M, de la Universidad de California. La base teórica en la que se basa este programa se describe a continuación.

Usando la notación siguiente:

$p$  = Número de variables disponibles.

$q$  = Número de variables consideradas en un paso de la discriminación.

$t$  = Número total de grupos.

$g$  = Número de grupos usados para definir la función discriminante.

$n_i$  = Número de casos del grupo  $i$ .

$n$  = Número total de casos en el total de grupos  $g$ .

$x_{ijr}$  = Valor de la variable  $r$  en el caso  $j$  del grupo  $i$ .

$h$  = Número de hipótesis (Restricciones)

$h_{ki}$  = Coeficiente de la función discriminante para el grupo  $i$  en la hipótesis  $k$ .

$p_i$  = Probabilidad a priori del grupo  $i$ .

La determinación de los coeficientes de la función discriminante se hace tras la ejecución de los pasos que se describen a continuación:

**Paso 1.**

Los datos se leen y se calculan las medias de cada grupo.

$$\bar{X}_{ir} = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{X_{ijr}}{n_i} \quad \begin{matrix} [i=1, \dots, t \\ [r=1, \dots, p \end{matrix}$$

y las desviaciones típicas:

$$S_{ir} = \left( \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(X_{ijr} - \bar{X}_{ir})^2}{n_i - 1} \right)^{1/2} \quad \begin{matrix} [i=1, \dots, t \\ [r=1, \dots, p \end{matrix}$$

y además de calcular la suma de las desviaciones de productos cruzados dentro de los grupos:

$$W_{rs} = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ijr} - \bar{X}_{ir}) (X_{ijs} - \bar{X}_{is}) \quad \begin{matrix} [r=1, \dots, p \\ [s=1, \dots, p \end{matrix}$$

Más tarde se calculan la correlaciones dentro de los grupos como:

$$r_{ij} = \frac{W_{ij}}{(W_{ii}W_{jj})^{1/2}} \quad \begin{matrix} [i=1, \dots, p \\ [j=1, \dots, p \end{matrix}$$

**Paso 2.**

Sea H igual a  $h_{ki}$  la matriz  $h \times g$  de hipótesis restrictivas. Puesto que no se especifican restricciones, h se pone como  $g-1$  y:

$$h_{ki} = \begin{cases} 1 & i \leq k \\ -k & i = k+1 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

Estas restricciones son de igualdad de las medias de todos los grupos  $g$ .

Los siguientes pasos se definen en términos de la matrices  $W$ ; Matriz suma de productos cruzados dentro de los grupos;

$$W = (w_{rs})$$

y  $M$ , la Matriz suma de productos cruzados total, que se puede expresar como:

$$M = W + \bar{X}' H' (H N^{-1} H')^{-1} H \bar{X}$$

donde:

$$\bar{X} = (\bar{x}_{rs}) \quad \text{Matriz } g \times p$$

es la matriz de las medias, y  $N$  es la matriz diagonal de los tamaños de grupos:

$$N = \text{diag} [n_1, n_2, \dots, n_g]$$

Las entradas y salidas de las variables se definen en términos de los resultados del rastreo de los elementos de la diagonal de  $W$  y  $M$ .

Suponiendo por simplicidad que las primeras  $q$  variables han sido ya rastreadas, se tiene:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix} ; \quad M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix}$$

donde  $W_{11}$  y  $M_{11}$  son matrices de  $q \times q$ . En cada paso se hace

$$A = \begin{bmatrix} -W_{11}^{-1} & W_{11}^{-1}W_{12} \\ W_{21}W_{11}^{-1} & W_{22} - W_{21}W_{11}^{-1}W_{12} \end{bmatrix} ; \quad B = \begin{bmatrix} -M_{11}^{-1} & M_{11}^{-1}M_{12} \\ M_{21}M_{11}^{-1} & M_{22} - M_{21}M_{11}^{-1}M_{12} \end{bmatrix}$$

B no se calculará realmente, dado que sólo los elementos de la diagonal son necesarios. Estos elementos de la diagonal se calculan desde la matriz:

$$\begin{bmatrix} A & T \\ T' & C \end{bmatrix}$$

que se define en el paso cero como:

$$\begin{bmatrix} W & \bar{X} \\ \bar{X}' & 0 \end{bmatrix}$$

y es actualizada en cada paso, con el rastreo de los elementos de la diagonal de A.

Los elementos de la diagonal de B se calculan usando el hecho que:

$$B = Q'Q + A$$

donde

$$Q = (H(N^{-1} - C)H')^{-1/2}H'T'$$

Las siguientes estadísticas se calculan en cada paso:

a) Valores de F valorando las diferencias entre cada par de grupos:

$$F_{ij} = \frac{(n-g-q+1) n_i n_j}{q(n_i+n_j)} \frac{D_{ij}^2}{(n-g)} \quad i, j = 1, \dots, g$$

donde

$$D_{ij}^2 = (n-g) (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' W_{11}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j)$$

es la distancia de Mahalanobis al cuadrado, entre los grupos  $i$  y  $j$ , siendo  $\bar{X}_i$  el vector de las medias del grupo  $i$  para las  $q$  variables que han sido introducidas.

b) Valores de  $F$  para cada variable.

Si la variable  $r$  se introduce en el cálculo con  $h$  y  $(n-g-q+1)$  grados de libertad.

$$F_r = \frac{a_{rr} - b_{rr}}{b_{rr}} \cdot \frac{n-g-q+1}{h}$$

Si  $r$  no ha sido introducida

$$F_r = \frac{a_{rr} - b_{rr}}{a_{rr}} \cdot \frac{n-g-q}{h}$$

con  $h$  y  $(n-g-q)$  grados de libertad.

c) La estadística  $\Lambda$  de Wilks para la hipótesis definida en  $H$ .

$$\hat{\Lambda} = \frac{\det(W_{11})}{\det(M_{11})}$$

con  $(q, h, n-g)$  grados de libertad.  $\Lambda$  se calcula inicializándola como uno, y actualizándola en cada paso multiplicándola por

el valor  $a_{rr}/b_{rr}$ , donde  $r$  es el índice de la variable que se introduce o se retira en el paso concreto.

d) La aproximación  $F$  de  $\Lambda$

$$F = \frac{1 - \Lambda^{1/s}}{\Lambda^{1/s}} \cdot \frac{m^*s + 1 - hg/2}{hg}$$

$$\text{siendo: } m^* = n - g - \frac{1}{2}(q - h + 1)$$

$$h_{ki} = \begin{cases} \left( \frac{h^2 q^2 - 4}{h^2 + q^2 - 5} \right)^{1/2} & h^2 + q^2 \neq 5 \\ 1 & h^2 + q^2 = 5 \end{cases}$$

Los números de grados de libertad para  $F$  son  $hg$ , y  $(m^*s + 1 - hg/2)$ . La aproximación es exacta si  $h$  o  $q$  son 1 o 2.

**Paso 3.**

Para ir de un paso al siguiente, una variable es retirada o adicionada del cálculo discriminante, atendiendo al valor de  $F$ .

**Paso 4.**

Cuando los pasos se han completado, se dispone de los siguientes datos:

a) Coeficientes de la función de clasificación de grupo, definidos como:

$$\bar{B}_i = (n - g) W_{11}^{-1} \bar{X}_i \quad i = 1, \dots, g$$

y las constantes correspondientes:

donde  $p_i$  es la probabilidad a priori del grupo  $i$ .

$$\hat{\alpha}_i = \log p_i - \frac{1}{2} (n-g) \bar{X}_i' W_{11}^{-1} \bar{X}_i \quad i=1, \dots, g$$

b) Las distancias de Mahalanobis al cuadrado del caso j en el grupo i respecto de la media del grupo k

$$D_{ijk}^2 = (n-g) \sum_{r=1}^q \sum_{s=1}^q (x_{ijr} - \bar{x}_{kr}) a_{rs} (x_{ijs} - \bar{x}_{ks}) \quad \begin{array}{l} i=1, \dots, t \\ j=1, \dots, n_i \\ k=1, \dots, g \end{array}$$

c) La probabilidad a posteriori de que en el caso j del grupo i llegue a ser del grupo k:

$$P_{ijk} = \frac{p_k \exp(-\frac{1}{2} D_{ijk}^2)}{\sum_{r=1}^g \exp(-\frac{1}{2} D_{ijr}^2)} \quad \begin{array}{l} i=1, \dots, t \\ j=1, \dots, n_i \\ k=1, \dots, g \end{array}$$

Como resumen, se puede concluir que el proceso central de la elección de las variables a incluir en la función de clasificación, consiste en determinar cual de todas las variables disponibles es capaz de alejar en mayor medida a los grupos. Como medida de esta separación se usa la distancia de Mahalanobis, y como índice del poder de alejamiento entre grupos que cada variable produce, el estadístico F.



#### 4.2.3.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El análisis discriminante aplicado proporcionará en primer lugar las variables que tienen más poder discriminante, por ello se operará de forma gradual introduciendo variables y observando las correspondientes matrices de clasificación, siguiendo los pasos expuesto anteriormente. Así se llega a la tabla 6, en la que quedan reflejadas las incidencias del proceso. A destacar que el parámetro determinante es el valor del estadístico F, que determina en cada caso qué variable se debe introducir. El proceso se detiene en el momento en el cual introducir cualquier variable adicional no reporta un aumento en la aproximación de la función discriminante. En concreto, en este caso se detuvo el proceso cuando el valor del estadístico F fue menor de cinco.

Tabla 6. Resultados de los once pasos del análisis discriminante.

PASO NUMERO	VARIABLE INTROD.	VALOR DE F AL ENTRAR	VALOR DE $\Lambda$	VALOR APROX. F	GRADOS DE LIBERTAD	
1	V1	687.8707	0.1561	687.871	4	509.00
2	V2	131.1432	0.0768	331.262	8	1016.00
3	V4	52.0255	0.0545	224.093	12	1341.69
4	V3	152.2283	0.0247	227.882	16	1546.49
5	V5	27.9698	0.0202	187.826	20	1675.85
6	V11	12.7210	0.0184	157.215	24	1759.46
7	V14	12.4674	0.0167	136.792	28	1815.01
8	V9	7.0780	0.0158	120.445	32	1852.88
9	V12	6.0780	0.0151	107.740	36	1879.22
10	V13	6.0211	0.0144	97.822	40	1897.80
11	V17	5.0405	0.0138	89.607	44	1911.00

Así pues, la mejor función discriminante procede de considerar la influencia de las once variables con mayor poder de discriminación. Aunque realmente, son las siete primeras variables introducidas las que tienen un verdadero peso específico. De hecho si se comparan las matrices de discriminación obtenidas con las correspondientes funciones discriminante derivadas de tomar siete y once variables, éstas no difieren en absoluto.

La matriz de clasificación obtenida para la función discriminante de siete variables es la siguiente:

**Tabla 7. Número de casos clasificados en cada grupo.**

Grupos	Aciertos %	Nada	C-1.	Lateral	C-3	C-4	Datos Fuente
NADA	94,3	247	6	9	0	0	262
CENTRAL1	91,2	2	31	1	0	0	34
LATERAL	85,8	7	5	91	3	0	106
CENTRAL3	91,5	0	6	2	97	1	106
CENTRAL4	100,0	0	0	0	0	6	6
TOTAL CLASIFICADOS	91,8	256	48	103	100	7	514

El significado de esta tabla es el siguiente: se parte de unos datos patrón clasificados manualmente por el experto. Con ellos se diseña una función discriminante que se usa para volver a clasificar los mismos datos patrón, y que de funcionar adecuadamente, servirá para clasificar otro conjunto de datos

problema. La bondad del clasificador dependerá de si es capaz o no de clasificar los datos patrón de los cuales se tiene en principio una certeza absoluta, dado que han sido clasificados manualmente.

Esta es la mejor clasificación que se ha podido realizar obteniéndose un porcentaje de aciertos de más del noventa por ciento. Si se analizan los fallos, éstos se presentan siempre en puntos dudosos. Es decir, en puntos en los que el mismo experto humano hubiese tenido problemas a la hora de decidir a que grupo se debían asignar, coincidiendo siempre con puntos fronterizos. Además es preciso tener en cuenta, que los puntos se toman de cinco en cinco centímetros, y por fuerza tiene que existir el caso en que la ventana de puntos elegida, no esté perfectamente centrada con el defecto. Seguramente, un operador avisado, con la información obtenida de los puntos en los que ha habido una discrepancia sobre el grupo al que fue asignado a priori, y el grupo a posteriori, intentaría reclasificar los puntos dudosos, asignándolos a los grupos recomendados por el programa estadístico, con lo cual en una segunda pasada no tendría ningún fallo. Esta manera de proceder no es en absoluto lógica desde el punto de vista de la investigación, dado que el número de fallos obtenidos en primer lugar, reflejan de alguna manera, las incertidumbres acumuladas en el proceso. Incertidumbres que se pueden clasificar en tres categorías:

- Incertidumbres del Experto Humano.

- Incertidumbres en el proceso de filtrado y cálculo de variables.
- Incertidumbres introducidas por el análisis discriminante.

Si por añadir precisión al último paso (el análisis discriminante), se eliminan las incertidumbres previas a la vista de un primer resultado, se está cometiendo un error, pues en realidad no se eliminan las incertidumbres previas, sino que se trasladan al paso final.

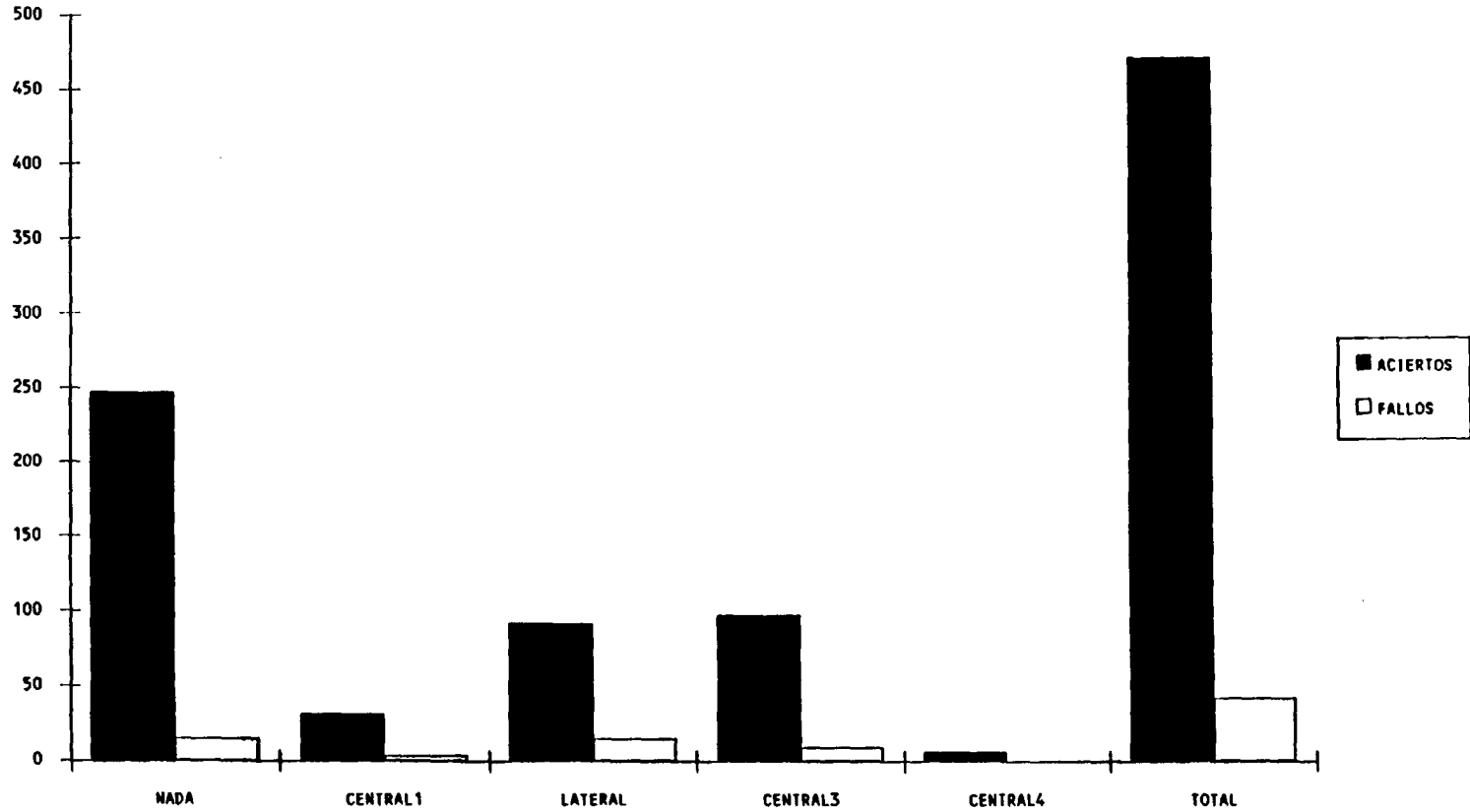
Es por este motivo, que en las tablas anteriores y en las que se expondrán a continuación, el número de fallos obtenidos, se debe interpretar no como la eficacia del análisis discriminante, que fácilmente se podría haber aumentado retocando adecuadamente los datos de partida, pues se dispone de muchos datos y pocos grupos, sino la eficacia del sistema completo incluyendo desde el muestro de las señales, el filtrado y cálculo de variables, hasta el análisis discriminante final.

Desde esta perspectiva, se analizarán ahora detalladamente los resultados obtenidos:

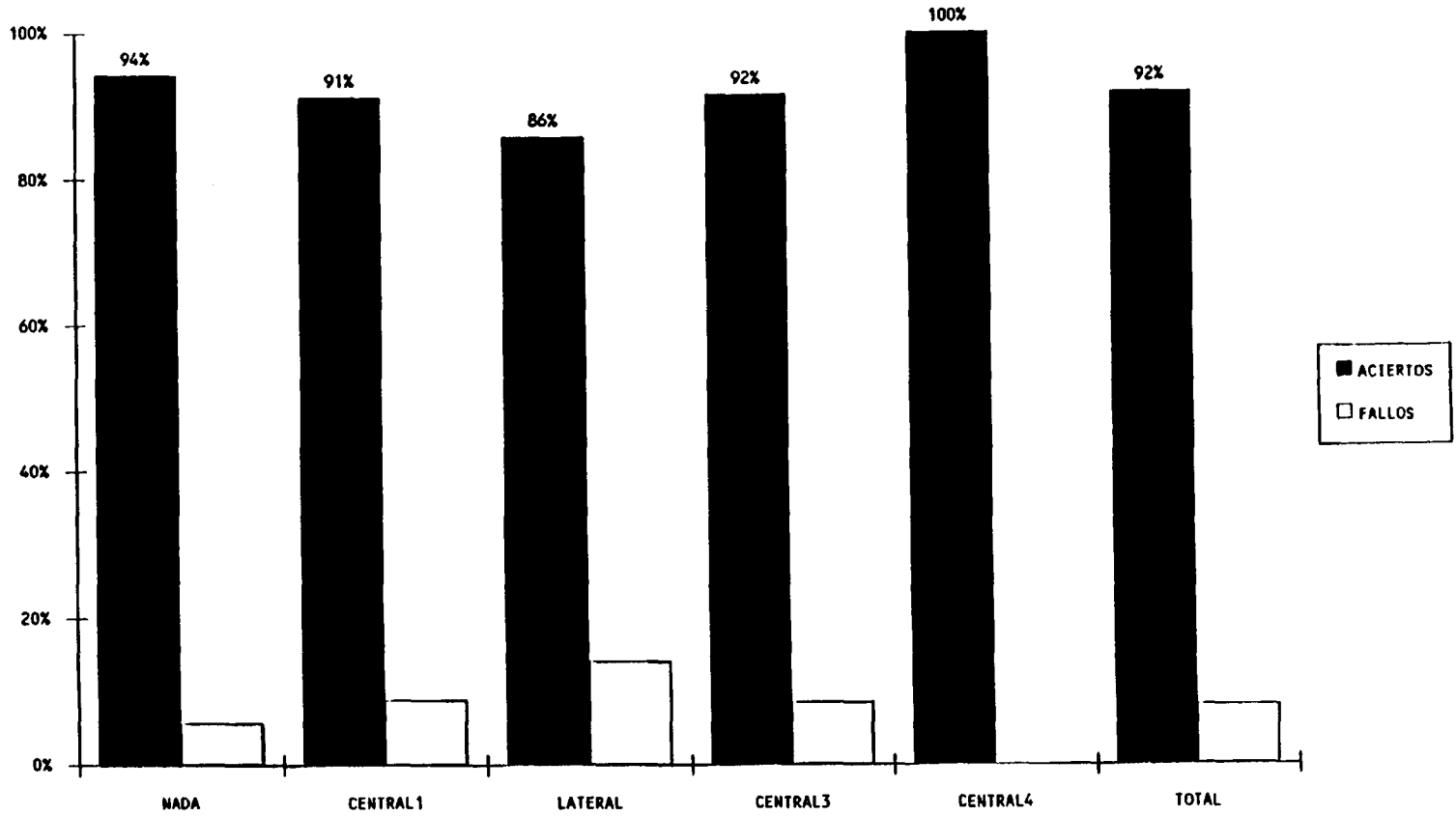
El grupo donde se da mayor porcentaje de fallos es el grupo "LATERAL", lo cual no es de extrañar dado que éste es de por sí un grupo fronterizo, y es relativamente fácil adscribir un punto a este grupo cuando en realidad pudiera ser: "NADA", "CENTRAL1" o "CENTRAL3". En todo caso, dado que este grupo se

tomó más como un delimitador de los defectos que como un defecto propio, el hecho de que se comentan fallos no es preocupante en absoluto, máxime cuando la tasa de aciertos es cercana al 85 por ciento.

### EFICACIA DE LA DISCRIMINACION.



### EFICACIA DE LA DISCRIMINACION EN %



También se aprecia como en el grupo "CENTRAL4" se obtiene un porcentaje del 100 por 100 de aciertos. Esto aunque evidentemente es muy importante, no lo es tanto si se observa que tan sólo se partía de seis puntos clasificados en principio en este grupo. Lo que si es realmente importante es el hecho que de 262 puntos clasificados como "NADA" se haya obtenido un porcentaje de aciertos de más del 93 por ciento. Lo cual en términos más corrientes viene a decirnos que si el sistema dice que no hay nada, hay una probabilidad muy alta de que así sea, y en el peor de los casos el posible defecto siempre sería un defecto menor, comparable con el ruido propio. Ahora bien, si observamos los resultados del grupo "CENTRAL3", grupo que representa las roturas a partir de las cuales es preciso tener una especial atención, dado que constituyen pérdidas de sección que empiezan a ser si no importantes, si valorables, resulta que el sistema nunca dijo que no existiese defecto cuando sí lo había; se pudo haber confundido en el sentido de cuantificar la rotura en una mayor o menor cuantía, pero no en ignorarla.

Si además se hace notar que una rotura expande su zona de influencia en el cable en una longitud de unos 15 a 20 centímetros, resultará que una secuencia de por lo menos 4 o 5 puntos contiguos, será asignada a grupos distintos del denominado "NADA". Por tanto el mayor fallo que puede cometer el sistema de diagnóstico, que sería el ignorar una rotura puntual de la menor cuantía considerada ("CENTRAL1"), es en primer lugar altamente improbable, y en segundo aún ocurriendo este evento, la merma en la seguridad del cable a la que



conduciría resultaría realmente insignificante. Más aún; un experto humano muy probablemente tampoco se apercibiría de tal defecto.

#### 4.2.3.6.1. SIMPLIFICACIONES EN LOS CÁLCULOS.

Aunque ya se ha comentado previamente, la técnica de la discriminación consiste: en una vez filtradas y acondicionadas las señales, calcular los valores de una serie de variables de las mismas, y con estos valores calcular las probabilidades de pertenencia a cada grupo. Evidentemente el grupo al que se asigna el punto, será aquel que posea mayor probabilidad. Ahora bien, este proceso conlleva una gran tiempo de cálculo, que hace que el proceso no pueda realizarse en la propia instalación industrial. Sin embargo, se puede, y de hecho así se hace, realizar una primera búsqueda rápida, que no requiera tanto tiempo de cálculo. Este procedimiento se basa en los datos expuestos en la tabla 8.

Tabla 8. Número de casos clasificados en cada grupo con una sola variable.

Grupos	Aciertos %	Nada	C-1.	Lateral	C-3	C-4	Datos Fuente
NADA	95,4	250	11	1	0	0	262
CENTRAL1	61,8	5	21	8	0	0	34
LATERAL	48,1	5	40	51	8	2	106
CENTRAL3	84,9	0	0	15	90	1	106
CENTRAL4	83,3	0	0	0	1	5	6
TOTAL CLASIFICADOS	81,1	260	72	75	99	8	514

Esta tabla refleja los resultados obtenidos en la discriminación, cuando solamente se considera una variable, la

V1, o energía de las bobinas interiores. Se observa que los resultados, si bien peores en términos generales, no lo son tanto en el grupo denominado "NADA". Este resultado relativamente bueno, tampoco debe extrañar, dado que la variable elegida es la que mayor poder discriminante posee de las dieciocho definidas en un principio. Si se observan con atención los datos, vemos que en el primer grupo (ausencia de defectos), ha aumentado el porcentaje de aciertos, esto en principio hace sospechar de la eficacia del algoritmo discriminante de once variables que posee un porcentaje de fallos superior en este grupo en concreto; realmente no es así, dado que como se explicó anteriormente, los fallos en este grupo no deben achacarse íntegramente al discriminador, sino más bien a las incertidumbres acarreadas hasta ese momento. Y resulta hasta cierto punto lógico, que disponiendo de menos información (sólo una variable) el discriminador, en lo que se refiere a este grupo, "vea las cosas más claras", o si se quiere: "opte por el camino más fácil".

En el resto de los grupos los fallos aumentan considerablemente aunque nunca en el sentido de asignar en demasía al grupo de los sin defectos, puntos que sí tenían defecto.

Por tanto, y sólo a los efectos de disponer de una primera interpretación de los datos en la mina, se ha diseñado un procedimiento de cálculo rápido en la forma que se muestra a continuación:

1- Calcular la variable  $V_1$ .

2- Comprobar con la función discriminante que tiene en cuenta como variable solamente la  $V_1$ , si el punto pertenece al grupo "NADA". Si pertenece a este grupo no se hace nada, y se continua con el siguiente punto.

3- Si perteneciese a otro grupo distinto, entonces se calculan todas las variables necesarias y se determina con exactitud el grupo al que con mayor probabilidad pueda pertenecer.

Operando de esta forma, el tiempo de cálculo se reducirá enormemente, dado que en un cable real, el 99 por ciento de los puntos no tienen defectos apreciables.

Aún así, y para evitar que algún punto se pueda escapar, sólo se pasará al punto siguiente, sin calcular el resto de las variables, en aquellos casos en que con la variable  $V_1$ , se determine, que la probabilidad de pertenencia al grupo "NADA", sea superior a 0,8. La elección de esta probabilidad no obedece a ningún argumento especial, solamente se pretende evitar en lo posible que se pase algún punto. En cualquier caso, este es un procedimiento abreviado que dará unos resultados muy próximos a los resultados ofrecidos por el procedimiento completo y prácticamente idénticos en lo que se refiere a los

grupos de roturas importantes. Incluso se podría haber dejado como definitivo, si no fuera por el gran número de fallos que comete con los puntos denominados "LATERAL". Estos puntos realmente no son defectos propios, sino más bien delimitadores de los defectos, y puede ocurrir el siguiente efecto: Un punto que realmente sea un delimitador, el procedimiento abreviado lo compute como "NADA", y sigue con el siguiente, que sea un punto central, el procedimiento abreviado lo detecta y recalcula su verdadero grupo. El resultado sería el siguiente: Si la secuencia correcta era por ejemplo: Lateral - Central - Central - Lateral (2332), el procedimiento abreviado puede dar: Central - Central (33). Lo cual realmente no es muy grave, pero puede inducir al operador a dudar del resultado, dado que la secuencia habitual en la mayor parte de los casos es 2332, o bien 232; es decir, una o más configuraciones centrales, flanqueadas por sendas configuraciones laterales. Para evitar esta pequeña anomalía, manteniendo la del procedimiento abreviado, se ha dispuesto que una vez detectado un punto que no pertenece al grupo "NADA", el sistema retrocede cuatro puntos, y vuelve a recalcular, ahora con el procedimiento completo, hasta que se detecta un punto perteneciente al grupo "NADA", continuándose entonces con el procedimiento simplificado. De esta forma lo único que puede ocurrir es que se pase por alto algún punto con un defecto menor y aislado en una zona del cable en perfectas condiciones; como ya se comentó, esta posibilidad es realmente remota.

Así pues se usarán dos funciones discriminantes. Los

coeficientes de las cuales se muestran en las tablas adjuntas:

**Tabla 9. CONSTANTES DE LA FUNCION DE DISCRIMINACION DE UNA VARIABLE.**

GRUPO VARIABLE	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
V1	0,41841	0,92073	1,22546	2,19237	4,21483
CONSTAN.	-2,39515	-5,41422	-8,34945	-23,18151	-81,33989

**Tabla 10. CONSTANTES DE LA FUNCION DE DISCRIMINACION DE SIETE VARIABLES.**

GRUPO VARIABLE	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
V1	0,37052	0,52495	1,19738	1,27743	0,88081
V2	-0,33631	-0,62895	-0,29614	-0,86914	-0,99154
V3	-0,29856	-0,05287	-0,23687	0,84963	-6,52295
V4	-2,24975	-7,33086	-5,84645	-11,40380	17,81915
V5	0,06491	0,23364	0,14252	0,26168	0,31882
V11	0,59467	0,95007	0,60214	1,27138	1,43759
V14	0,05939	-0,07088	0,06822	-0,02010	0,24526
CONSTAN.	-6,11653	-17,87517	-20,69331	-42,66284	-149,45836

La mecánica a la hora de calcular las probabilidades de pertenencia a cada grupo será la siguiente: En primer lugar se calculan las "puntuaciones" o "cuantías" de cada grupo mediante la expresión:

$$s_j = c_j + \sum_{k=1}^q V_k b_{kj}$$

donde q es el número de grupos,  $c_j$  es la constante del grupo j,  $b_{kj}$  es el coeficiente para el grupo k y la variable j, y  $V_k$  es el valor de la variable k en el punto donde se quiere calcular

la probabilidad de pertenencia.

Una vez conocidas las puntuaciones de cada grupo, las probabilidades  $p_j$ , de pertenencia al grupo  $j$  se obtienen mediante la expresión:

$$P_j = \frac{e^{(s_j)}}{\sum_{k=1}^q e^{(s_k)}}$$

#### 4.2.3.6.2. LIMITACIONES DE USO.

Se debe hacer notar que esta función discriminante se ha obtenido partiendo de datos reales procedentes de cables similares, con ello se pretendía disponer de un conjunto de registros lo más amplio y lo más homogéneo posible. Por tanto es evidente que el sistema de análisis diseñado será aplicable con la máxima fiabilidad en ensayos sobre los mismos cables a partir de los cuales se desarrolló, o bien sobre otros si no iguales, si similares en cuanto a dimensiones y composición. Ahora bien, ¿tendrá el sistema la misma fiabilidad cuando se aplique sobre cables distintos, en especial de distinto tamaño y composición? La respuesta es afirmativa, si se tienen en cuenta los siguientes detalles: En todo el proceso se ha pretendido en todo momento identificar formas y no cantidades, por supuesto que el hallazgo de un hilo roto en un cable equivale a la pérdida de una sección efectiva del mismo, pero hasta ahora si bien se conocía perfectamente la cuantía de la misma, no se ha hecho intervenir en ningún momento en el desarrollo del trabajo. De hecho, las notables diferencias que se observan en la cuantía de los señales, en por ejemplo dos cables de distintas secciones, o sobre dos registradores diferentes hacen que no se puedan homogeneizar sin una previa normalización. Estas diferencias, son por otra parte razonables. Así; es evidente que en un cable de mayor diámetro, el campo magnético será mayor que en un cable de menor diámetro, dado que la reluctancia del circuito magnético que se cierra



entre el detector y la porción de cable comprendida en él, es menor en el primer caso.

Se ha diseñado un procedimiento que reconoce ciertas formas en las señales del registrador, el paso siguiente es indicar qué efecto mecánico real tienen esas formas sobre la resistencia del cable, para ello no cabe otra posibilidad que la calibración previa del aparato y del sistema, para adecuarlos a la lectura concreta que se está realizando y al cable en particular.

#### 4.2.4. EXCENRICIDAD Y CALIBRACIÓN

##### 4.2.4.1. CALIBRACIÓN.

Como ya se comentó en el apartado anterior, el sistema desarrollado es capaz de reconocer la forma de los defectos típicos. Ahora bien a la hora de emitir un informe es preciso indicar la pérdida de sección metálica que tales defectos acarrearán. Para poder aplicar los algoritmos diseñados en cualquier tipo de cable es preciso efectuar un calibración. Este procedimiento es muy simple y consiste en simular tres roturas en el cable, adicionándole otros tantos pedazos de hilo de diámetros conocidos, y longitud controlada (normalmente seis centímetros). Las señales registradas coincidirán con las producidas por hilos rotos de igual sección en la superficie del cable, con la salvedad que las señales inductivas están invertidas, dado que se tiene ganancia de sección y no pérdida.

Una vez que se tienen las señales de los hilos de calibración, se invierten sus valores, es decir, si  $s(x)$  es el valor de una de las señales en el punto  $x$ , procedentes de la calibración se cambiará este valor por el de  $-s(x)$ , con esto se logra que la nueva señal tenga la forma de una pérdida de sección. Hecho esto se hace pasar la señal de calibración por el algoritmo de discriminación diseñado. El resultado será forzosamente que los tres defectos simulados se parecen

enormemente a los tres tipos de defectos francos que el sistema reconoce, si el cable sobre el que se hace el ensayo es idéntico a los cables sobre los que se ha basado el sistema de diagnóstico, el parecido será exacto, mientras que si no lo es, la diferencia estribará en una distinta cuantía en la amplitud de las señales. Puesto que se ha demostrado experimentalmente, y contrastado además con otros estudios, que la magnitud de la pérdida de sección varía linealmente con la amplitud de las señales inductivas, siempre y cuando se trate de defectos situados a la misma distancia del centro del cable, se puede ahora fácilmente obtener un norma respecto a la amplitud que sirva para homogeneizar los resultados que se obtengan.

Así, no sólo se podrá decir que se ha encontrado un defecto de un tipo concreto, con una probabilidad determinada, sino que además, ese defecto particular equivale a una pérdida de sección metálica definida.

Como se habrá podido observar, los tipos de defectos considerados hasta ahora, se han elegido de forma estratégica en el sentido de que intenten representar "formas" diferentes, basta para ello volver a ver la morfología de las mismas. Con ello se pretende que conocidas las formas típicas, las comparaciones que se hagan sobre nuevas formas desconocidas, se hagan considerando aquella forma que se le parece más. Así el sistema identificará la forma problema, e indicará a cual de las conocidas se parece más con mayor probabilidad, y una vez hecho esto, se le dará una pérdida de sección metálica

equivalente comparando la cuantía de la señal, mediante alguna o algunas variables apropiadas, respecto a la cuantía de la forma patrón.

Ni que decir tiene, que si se tuviesen suficientes datos de un tipo concreto de cable, con los cuales se pudiese diseñar un discriminador exclusivo para aquél, el rendimiento se vería posiblemente incrementado. Pero esta es una labor de acopio y estudio de los datos que deberá ir realizándose en el futuro a medida que se ensayen cables de diferentes secciones y composiciones. En cualquier caso cuando el técnico que realice el ensayo se enfrente por primera vez a un cable del que no tiene ninguna referencia, deberá basarse en la experiencia de otros cables similares, y aplicar el procedimiento de calibración descrito más arriba.

#### 4.2.4.2. EXCENTRICIDAD DE LOS DEFECTOS. TRATAMIENTO.

En el análisis estadístico realizado, roturas situadas a distinta profundidad pero de idéntica pérdida de sección, se incluyeron en la misma categoría. De modo que de los resultados de la discriminación, es imposible saber la profundidad a la que se encuentra cada defecto detectado. Ahora bien, conocer la posición relativa de un defecto puede ser un dato muy interesante para el analista, por ello se muestra a continuación un procedimiento para obtener esta información.

Una anomalía situada justamente en el centro del cable que se está ensayando, es decir concéntrica a las dos coronas de bobinas, afectará por igual a todas y cada una de ellas. En cambio una anomalía situada en la periferia del cable afectará en mayor medida a las bobinas más próximas a ella, mientras que lo hará en menor medida a las bobinas más alejadas. Al conectarse en serie las bobinas constituyentes de cada corona, el efecto se compensará, dado que si bien existen bobinas individuales en las que se induce una mayor tensión, existen otras en las que la tensión inducida es menor. La compensación nunca será exacta, dado que las variaciones del flujo disperso producidas por la anomalía en el cable, no es ni mucho menos lineal, sino que dependerá en el caso más simplificado de la inversa de la distancia entre el punto que produce la anomalía, y la ubicación de la bobina. No obstante si las variaciones de la excentricidad del defecto son pequeñas en comparación con

el radio de la corona de bobinas receptoras, este efecto se puede paliar. Por tanto la cuantía de las tensiones inducidas en una corona de bobinas en función de la excentricidad del defecto que induce estas tensiones, debe determinarse experimentalmente.

Ahora bien, existe una forma más simple para determinar si un defecto se encuentra situado en el interior del cable que se ensaya, o en la periferia del mismo. El método consiste en comparar las tensiones inducidas en las dos coronas de bobinas disponibles en el detector. Efectivamente, al diferir el radio de las coronas de bobinas interiores y exteriores en el orden de un diámetro del cable de ensayo, si se aprecia una notable discrepancia entre la razón de ambas señales, de lo que experimentalmente se ha determinado para una anomalía exterior, será posible entonces discernir si la anomalía en cuestión está situada en el exterior o en el interior del cable.

Para determinar la relación de tensiones entre las bobinas externas e internas, se compararán las señales producidas por un hilo de calibración colocado en el exterior del cable al comenzar el ensayo.

Así pues, cuando la razón de tensiones entre bobinas se aleje de la razón determinada experimentalmente para roturas externas en favor de las bobinas interiores, querrá ello decir, que nos encontramos con una rotura externa en la que el extremo de uno de los hilos sobresale del cable. Mientras que si la

razón de tensiones se aleja en favor de las bobinas exteriores nos encontraremos ante una rotura interna. La cuantificación de las desviaciones de esta razón de tensiones es un proceso que deberá efectuarse experimentalmente, y que dependerá del tipo de cable ensayado y de la configuración del detector. Además será preciso evaluar la información suministrada con sumo cuidado dado que por ejemplo en la rotura de un hilo, al estar el cable trenzado, el hilo roto en cuestión, tras un paso de trenzado ocupa todas las posiciones posibles en el cable, desde la más interna a la más externa. Los fabricantes de equipos de detección electromagnético suministran unos gráficos en los que se relacionan la profundidad del defecto y la razón entre tensiones en los dos juegos de bobinas. Estas tablas se han comprobado experimentalmente en el laboratorio para cables contruidos especialmente para ello. Pero su traslación a un caso práctico es sumamente comprometida por lo dicho anteriormente. Se dan muchos otros factores además de la profundidad del defecto, para que la forma de la señal pueda cambiar ostensiblemente. Y además el dato de la profundidad del defecto no es una información crucial para el analista. De hecho la misma merma en la seguridad produce un hilo roto por ejemplo a un centímetro de la superficie del cable, que otro hilo situado dos milímetros más hacia el centro. En cambio, cuando el dato de la excentricidad puede ser interesante, es en el caso de presentarse corrosión externa o interna, o simplemente entallas.

Una vez planteado el problema la resolución práctica

implica la elección de los parámetros a comparar entre las bobinas externas e internas. Teniendo en cuenta como se ha planteado la solución al problema, se dispone de tres parejas de datos de ambas bobinas, susceptibles de ser comparados entre sí; estos parámetros son los siguientes: valor eficaz de las señales, valor medio, y valor de pico a pico; todos ellos calculados cada cinco centímetros de cable, y sobre una ventana de veinte centímetros, afectada de una ponderación del tipo Hamming de parámetro 0.5; se han calculado y observado las razones de excentricidad de estos tres parámetros, llegando a las siguientes conclusiones:

1.- La razón entre los valores medios no es conveniente usarla, dado que cuando las señales son pequeñas, estos valores están muy cercanos a cero, pudiendo dar una discrepancia grande entre las razones de excentricidad de puntos contiguos.

2.- Descartando la razón entre los valores medios, de los otros dos parámetros restantes se debe tomar como medida de la excentricidad la razón entre los valores de pico a pico en la ventana en cuestión, dado que esta relación será la que en principio nos de más aproximación.

3.- No tiene sentido evaluar la excentricidad de las señales en aquellas zonas donde no existan defectos, es decir donde sólo se tenga ruido. La razón es obvia.



4.- En los defectos francos, en los que se aprecia una zona central más o menos grande en cuanto a cuantía se refiere, flanqueada por dos zonas laterales, se ha observado como la razón de excentricidad afecta de distinta forma a las zonas laterales que a las centrales. El dato que se debe suministrar al experto que supervisa la realización del ensayo debe ser el correspondiente a las zonas centrales, dado que en ellas reside la verdadera naturaleza del defecto, y no sobre la zonas laterales, zonas que de un modo u otro son añadidas por el mecanismo de detección inductiva. En cualquier caso el dato objetivo resultante de la observación de las razones de excentricidad, en defectos francos localizados en el exterior del cable, indican que las zonas laterales del defecto estarían más profundas que la zona central, hecho que por supuesto no tiene sentido, dado que el defecto solamente se puede encontrar a una profundidad. Resulta pues verdaderamente preocupante que para un mismo defecto no se conserve la razón de proporcionalidad entre las señales inducidas en las bobinas externas e internas, si se comparan zonas del mismo defecto. Para poder explicar este hecho hemos de referirnos a lo apuntado en el apartado 3 de estas conclusiones parciales, al decir que no tiene sentido opinar sobre la excentricidad del ruido; realmente, las zonas que flanquean a un defecto son zonas contiguas al ruido; y lógicamente en ellas se manifestarán tanto los efectos del ruido como los efectos de los defectos. Hablando de una forma más ilustrativa, se podría

decir que es más fiable la información de las zonas centrales de los defectos, que la de las zonas laterales.

Por tanto y resumiendo, cuando se localice un defecto "central" de la cuantía que fuese, se deberá calcular y suministrar el dato de la excentricidad relativa respecto a la rotura de calibración más próxima. Este dato reflejará por tanto la excentricidad del fallo. Siendo de especial interés en los casos en los que se demuestre que el defecto es superficial. Efectivamente un hilo roto que sobresale del cable, induce una tensión realmente exagerada en las bobinas interiores, tensión que no corresponde en su amplitud con la pérdida de sección que la produce. En otras palabras la señal en las bobinas es muy aparatosa pero no lo es tanto la pérdida de sección. El mismo efecto nos encontramos cuando nos enfrentamos a una rotura muy interna, en este caso las señales inducidas tendrán una magnitud relativamente pequeña, que podría hacer pensar en un defecto menor de lo que realmente es; la razón de excentricidad relativa resolverá este dilema.

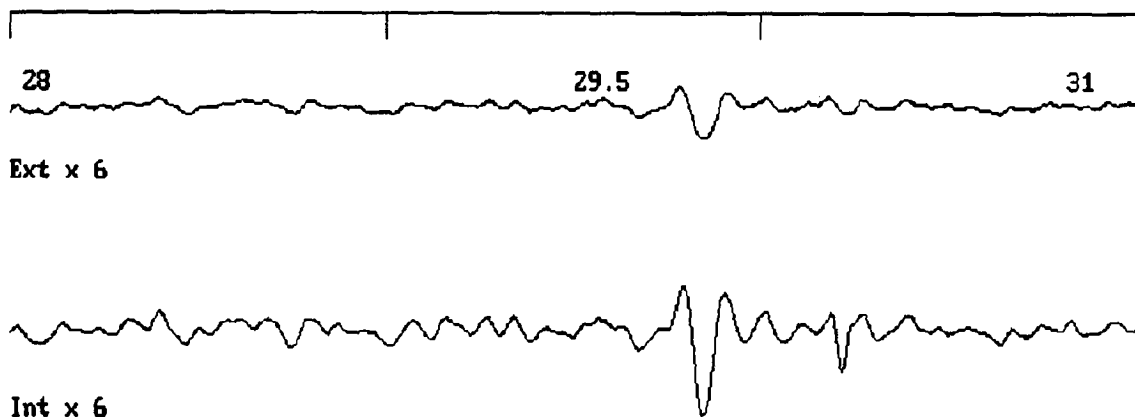
Aunque los datos de excentricidad relativa varían en un intervalo continuo, y de hecho se puede hacer una correlación entre el dato de la excentricidad y la profundidad del defecto, el disponer de este dato con una gran precisión, no es ni mucho menos decisivo de cara a la seguridad del cable. Aunque sí interesa saber si el defecto es externo o interno. Por ello se han determinado tres zonas: Defectos superficiales, (Excentricidad entre 0,8 y 1,1); Defectos sobresalientes, (Excentricidad

mayor de 1,1); y Defectos internos. (Excentricidad menor de 0,8). Estos márgenes se han determinado tras observación de los datos reales de varios cables.

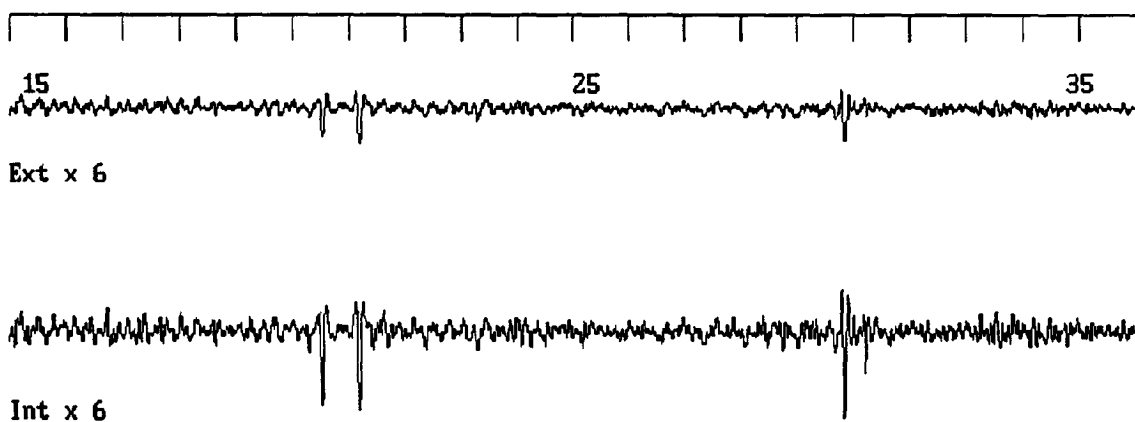
#### 4.2.5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Se han desarrollado tres grupos de programas para la presentación de los datos. Un primer grupo muestra en pantalla de una forma rápida las lecturas efectuadas, (Ver figuras 27 y 28). El tratamiento dado a los datos consiste solamente en la corrección de velocidad de las lecturas, de esta forma el operador puede de una forma rápida visualizar las lecturas e inspeccionar si lo cree oportuno de una forma directa las zonas en las que aparezcan mayor número de anomalías, o simplemente una observación dudosa. Así mismo se ha diseñado dentro de este grupo, un programa de búsqueda rápida de defectos, en el que solamente se localizan las zonas donde puede encontrarse alguna anomalía, pero sin entrar en la determinación del defecto en cuestión. Con ayuda de estos dos programas el operador puede en la propia mina obtener una primera impresión sobre el estado del cable de una forma rápida, y examinar, e incluso abrir el cable si lo considera oportuno.

Un segundo grupo de programas, con una carga de cálculo más elevada, se han diseñado para ser ejecutados en el gabinete, aunque si se desea puede ejecutarse en la misma mina, pero no en toda la extensión del cable, sino sólo en aquellas zonas donde se sospeche que puedan encontrarse defectos. En esencia estos programas repasan metro a metro todo el cable, realizando las rutinas de filtrado y discriminación expuestas en apartados anteriores, y tienen como salida un dato cada



**Figura 27. Presentación rápida de lecturas. (3 metros).**



**Figura 28. Presentación rápida de lecturas. (20 metros).**

cinco centímetros de cable, dando una opinión sobre el posible defecto que se puede encontrar en esa zona, la probabilidad de pertenencia al grupo más próximo, la excentricidad y la energía relativas respecto al defecto de calibración más próximo. Un ejemplo de una de estas salidas se presenta en figura 29.

Un tercer grupo de programas examina los datos suministra-

Pozo Posic. Tipo Prob. Exce. Energ.

```

=====
CAN1dn 199.00 0 0.96
CAN1dn 199.05 0 1.00
CAN1dn 199.10 0 0.62
CAN1dn 199.15 2 0.69 0.7 0.9
CAN1dn 199.20 3 1.00 0.8 0.8
CAN1dn 199.25 3 1.00 0.6 0.8
CAN1dn 199.30 2 1.00 0.5 0.9
CAN1dn 199.35 ? 0.00
CAN1dn 199.40 3 1.00 0.9 0.7
CAN1dn 199.45 3 1.00 0.6 0.7
CAN1dn 199.50 2 0.93 0.4 0.8
CAN1dn 199.55 0 1.00
CAN1dn 199.60 0 1.00
CAN1dn 199.65 0 0.99
CAN1dn 199.70 0 1.00
CAN1dn 199.75 0 1.00
CAN1dn 199.80 0 1.00
CAN1dn 199.85 0 1.00
CAN1dn 199.90 0 1.00
CAN1dn 199.95 0 1.00

```

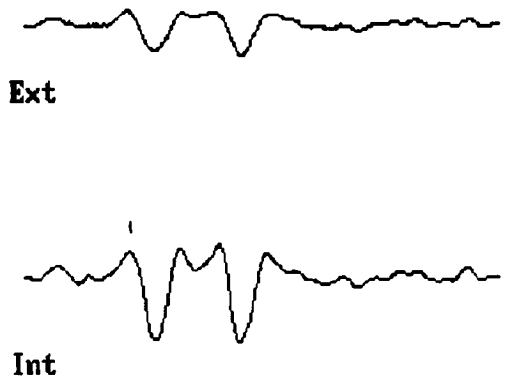


Figura 29. Análisis de un metro de cable.

dos por los programas anteriores, interpretando y dando una opinión sobre la naturaleza del defecto en concreto a que las secuencias de datos encontrados anteriormente conducen. Así se encontrarán salidas como la siguiente:

- Hilo roto exterior en la posición 45,45. Pérdida de sección estimada: 3.14 mm<sup>2</sup>
- Zona de entallas internas entre la posición 23.23 y 26.23. Pérdida de sección estimada 5.14 mm<sup>2</sup>
- Secuencia de dos hilos rotos entre las posiciones 126.40 y 126.55. Pérdida de sección estimada 6.28 mm<sup>2</sup>.

La redacción de estos mensajes se realiza en un lenguaje lo más próximo al que se deberá de emplear en el dictamen sobre

el estado del cable.

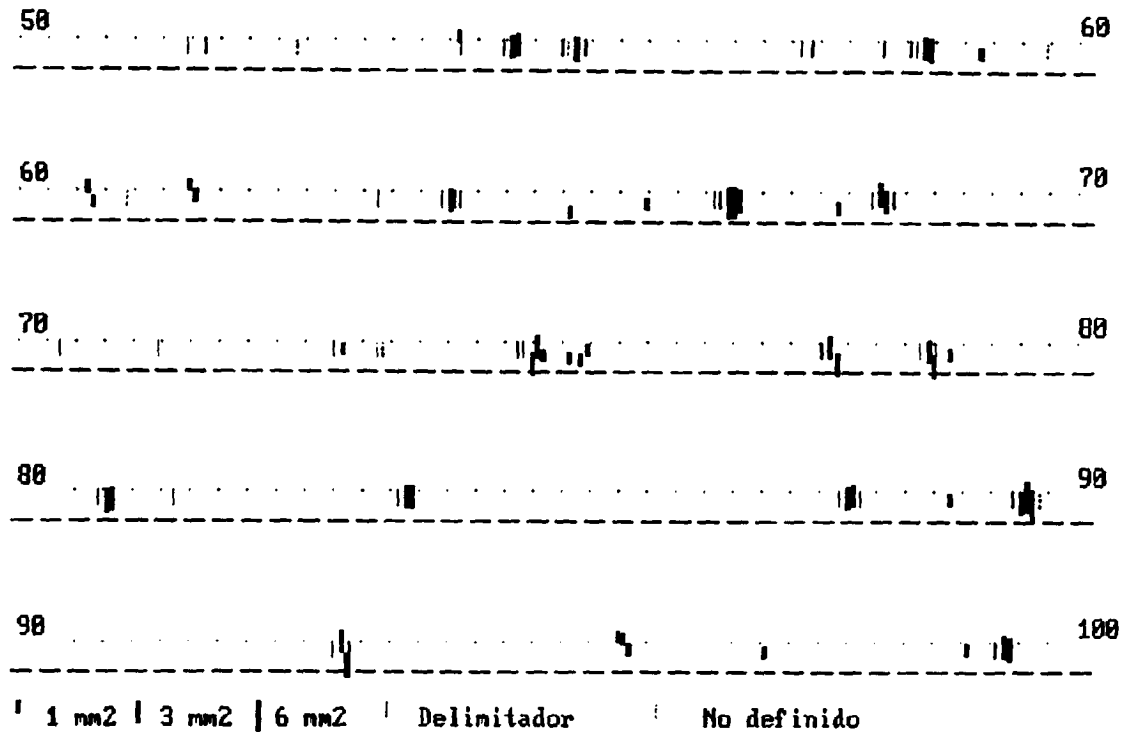


Figura 30. Croquis de 50 metros de cable.

Se acompaña este listado con un croquis del cable, (Ver Figura 30), situando en él los defectos hallados, de forma que en un sólo golpe de vista se obtenga una idea general del conjunto del cable. Se muestran con mayor detalle las zonas donde exista una acumulación mayor de defectos, y se hace una estadística de los mismos. Estos datos servirán de base para futuras inspecciones, y en ese caso se mostrarán conjuntamente con los defectos obtenidos en la última inspección, de modo que se tendrá así mismo una idea muy clara sobre la evolución del estado del cable en el periodo de tiempo transcurrido entre ambas inspecciones.

Como se puede colegir inmediatamente, la posibilidad de disponer en un soporte magnético los datos del cable, da multitud de posibilidades de comparación entre dos o más registros del mismo, aquí tan sólo se han presentado algunas de las muchas posibles.

Por otro lado una de las características más interesantes del algoritmo de discriminación es la capacidad de aprendizaje. Como ya se comentó, si bien para cables similares en distintas instalaciones, los registros que se obtienen son naturalmente muy parecidos, lo cierto es que cada cable tiene su propia característica, y es posible ir corrigiendo los parámetros del algoritmo discriminador, a medida que se van conociendo e identificando nuevos defectos. Por esto se ha contemplado la posibilidad de rediseño de parámetros y constantes a medida que se van conociendo nuevos tipos o agrupaciones de defectos. Por ello, cuando el programa localiza una anomalía que no es capaz de clasificar en ninguno de los tipos que tiene memorizados, entonces muestra un aviso al operador de este hecho, dibujando además en una salida especial, el metro o metros de cable donde se localizó dicha anomalía no clasificada, para que sea el operador quién diga la última palabra sobre el asunto. Puede ocurrir que la anomalía en cuestión pertenezca a uno de los grupos disponibles, pero que el programa por no disponer de una certidumbre razonable se abstenga de dar una respuesta (en concreto, si la probabilidad de pertenencia a un grupo determinado es inferior a 0.6, el programa adscribe la anomalía en el grupo "no clasificable"); o bien puede ocurrir que se



trate de una anomalía que por su escasa frecuencia de aparición no se haya clasificado como tal. En el primer caso se dispondrá de un nuevo registro para mejorar o ampliar la función discriminante, en el segundo, de un nuevo tipo de defecto que amplíe los grupos ya existentes.

Cuando se hayan realizado varias inspecciones de un determinado tipo de cable, el algoritmo estará lo suficientemente depurado de forma tal que el número de veces que se reserva la opinión sea muy pequeño.

En cualquier caso siempre debe quedar muy claro, que el conjunto de programas diseñados no pretenden en modo alguno eliminar al experto humano, dado que se ha pretendido crear una herramienta de ayuda al diagnóstico, siendo el experto ayudado de otros elementos de juicio, como son medidas puntuales de diámetros del cable, alargamientos, aspecto general, etc, quién debe dar la última palabra.

## **5. DISCUSIÓN.**

Son varios los temas de discusión que se abren con el presente trabajo de investigación, tanto en lo que se refiere a los métodos usados en él, como a las líneas de investigación dentro del mismo, que no se han completado en su totalidad. Algunos de estos temas ya se han comentado de pasada en otros puntos del texto, ahora se hará una discusión más crítica de los siguientes ítemes:

- 1.- Posibilidad de uso de un sistema operativo multitarea en vez del convencional MSDOS.
- 2.- Inclusión de más categorías de defectos tipo en el análisis estadístico.
- 3.- Posibilidad de autocorrección de los programas.
- 4.- Construcción de un ordenador "ad hoc".

### **5.1. USO DEL SISTEMA OPERATIVO MSDOS.**

El uso de un sistema operativo multitarea, en el ordenador de control, hubiera dado sin duda al sistema de captura de datos, una elegancia y consistencia mucho mayores de la que ahora tiene, en lo que se refiere a la programación. Se podría haber soslayado la argucia de programación que ha sido

necesario diseñar para que el conjunto realice dos operaciones simultáneamente, cuando en realidad sólo puede realizar una, y sobre todo se podrían haber ampliado las posibilidades gráficas en la captura de datos. En el sentido de que al no tener problemas de tiempo, a medida que se leen datos, éstos se podrían presentar en pantalla, en lugar de sólo hacerlo así; y además de forma resumida; cuando "hay tiempo" suficiente.

Por contra, el haber usado un Sistema Operativo como el MSDOS, hace que el sistema sea fácilmente instalable en prácticamente la totalidad de los Ordenadores Personales. Además se tiene la facilidad de compatibilidad del software de la inmensa mayoría de las tarjetas de adquisición de datos, y por supuesto el bajo coste de los equipos.

## **5.2. OTRAS CATEGORÍAS DE DEFECTOS.**

Las categorías de los defectos que han sido usados son realmente pocas en valor absoluto, y quizás por ello los resultados de la discriminación estadística son bastante brillantes. Ciertamente es que en un cable real a ensayar, se pueden presentar otros defectos además de los estandarizados como podrían ser:

- Roturas de secciones superiores a las consideradas.
  
- Defectos debidos a calentamientos puntuales.

- Pérdidas de sección graduales imposibles de detectar por los sensores inductivos.

Respecto a las pérdidas de sección graduales, mientras el sistema use un detector solamente inductivo, no podrá localizarlas. Para conseguirlo, se debería usar un sensor sensible no sólo a los cambios del campo magnético, sino además a la cuantía del mismo, como son los sensores Hall. Para la realización de este trabajo se han usado solamente sensores inductivos, si bien el equipo concreto que se utilizó incorporaba dos células Hall que nunca llegaron a funcionar adecuadamente. Tal fue el interés mostrado para que su funcionamiento fuese coherente que para solventar los problemas encontrados, se rediseñó completamente el sistema de alimentación, acondicionamiento y medida de las células, sin que se obtuviese ningún éxito. Los motivos por los cuales las células Hall no funcionaron correctamente se han achacado al hecho de que la tensión de referencia que suministran es muy alta (del orden de voltios), mientras que las variaciones en esta tensión debidas a defectos usuales son muy pequeñas (del orden de milivoltios), variando además esta tensión de referencia con el movimiento de masas metálicas próximas. Así por ejemplo en una zona de varias decenas de metros en las proximidades de la jaula, las medidas no son en absoluto fiables, dado que el descenso del campo magnético que se produce es extraordinario si se compara con la cuantía de las posibles roturas. Por otro lado, el hecho de que en el equipo usado existiesen solamente dos células Hall situadas en un diámetro de la corona sensora,

hace sospechar que si los defectos se hallan en ese diámetro serán detectados por los sensores, mientras que si se presentan en un diámetro perpendicular al de las células, no serán detectadas, o lo serán en un mucho menor cuantía.

Se han contrastado las dificultades encontradas en la puesta a punto del Hall, con otros usuarios de este tipo de equipos de ensayo, y todos ellos han confirmado las mismas dificultades. Incluso se observa en los fabricantes de equipos una marcada tendencia a eliminar de sus productos los sensores Hall, sin duda debido a las enormes dificultades a que dan lugar la interpretación de las señales que producen.

En cualquier caso, esta es una línea de investigación que habría que completar.

En cuanto a otro tipo de defectos que si pueden ser detectados por los sensores inductivos, se debe decir en descargo de los reflejado en este proyecto, que son defectos extremadamente difíciles de encontrar en un cable en servicio. Así por ejemplo roturas de la denominadas grandes (que incluyan más de tres hilos en la misma sección) apenas se encuentran, lo cual es perfectamente lógico; si estos defectos estuviesen en un cable, entonces éste sería sustituido por otro. En todo caso, tal y como se han diseñado los programas de discriminación, para que éste los pueda reconocer con suficiente precisión deberían disponerse del máximo de casos posibles y tratándose de defectos ocasionales, esto no es factible. Hasta

tal punto los cables en servicio apenas presentan anomalías, que incluso para disponer de datos para completar la categoría denominada CENTRAL4, hubo serias dificultades. Este hecho se deriva sin duda de los enormes coeficientes de seguridad utilizados en el diseño de los cables.

Por todo lo anterior, se ha concluido que es más conveniente encuadrar los defectos no clasificados en una categoría adicional de "no clasificable", y que sea el operador quien interprete el registro. Por supuesto si un determinado defecto se convirtiese en usual, con unas sencillas modificaciones sería posible incluirlo como una categoría más de la discriminación.

De igual forma a medida que se vayan realizando ensayos, el operador siempre tendrá la posibilidad de incorporar nuevos defectos en el programa que calcula los coeficientes de la función discriminante, con lo que la fiabilidad de estos coeficientes se incrementaría. Incluso si ello fuera posible, se podría determinar una serie de parámetros exclusivos de un tipo concreto de cable.

### 5.3. ORDENADOR "AD HOC".

Por último, también se ha contemplado la posibilidad de construir un ordenador específico para ser usado por el sistema, más por el hecho de que el ambiente donde va a trabajar es extraordinariamente agresivo, que por motivos puramente técnicos. Pues como ya se comentó, el sistema se puede implantar en un PC de relativamente modestas características. Hasta la fecha, tanto las pruebas como los ensayos de rutina realizados se han efectuado con un ordenador Portátil TOSHIBA 3200, y la necesidad de disponer de un ordenador robusto, resistente al polvo y a los golpes, con disco duro autoaparcable, sistema operativo en ROM, se han hecho patentes durante todo este tiempo.

Un segundo paso en la especialización del ordenador que deba controlar el proceso es el de incorporar en él una tarjeta de las denominadas D.S.P. (Proceso Digital de Señales). Estas tarjetas además de muestrear las señales son capaces de ejecutar autonomamente (con independencia del procesador del ordenador base), las operaciones de filtrado que se le programen, y a una velocidad tal, que sería posible conseguir que prácticamente en tiempo real, se realizasen no sólo la adquisición de datos; como hasta ahora; sino además la cuantiosa carga de cálculo del filtrado y la discriminación. Como ejemplo, pueden calcular la transformada de Fourier de una serie de 1024 puntos en tan sólo 9,4 ms.

## 6. CONCLUSIONES.

Las conclusiones de la investigación se resumen en la enumeración de los objetivos alcanzados. Así, se puede decir que con los materiales, equipos y métodos descritos, se ha conseguido:

- Automatizar e informatizar el muestreo y archivo de las señales generadas en el ensayo electromagnético de cables de extracción.

- Diseñar e Implementar un conjunto de filtros digitales para atenuar los ruidos de las señales, y compensado el efecto de las variaciones de la velocidad de lectura.

- Diseñar e Implementar un conjunto de programas capaces de determinar de forma automática si los defectos hallados en un cable pertenecen a alguna de las categorías de defectos tipo consideradas. Aportando además la cuantía de la pérdida de sección metálica, referidas a una pérdida patrón, así como a la situación relativa del defecto en el interior del cable.

Como conclusión general, se puede decir que el personal encargado de realizar las inspecciones de cables, dispondrá de una poderosa herramienta de diagnóstico a la hora de emitir sus informes.



## 7. BIBLIOGRAFÍA.

Referencia n°: 1.

Autor(s): Bergander y J. Mark.

Título: Magnetic Flux Inspection of Wire Rope.

Editado: NDT International. 1983.

Referencia n°: 2.

Autor(s): BMDP Statistical Software. INC.

Título: BMDP7M Step Discriminant Analisis.

Editado: Regents of University of California. (1980).

Referencia n°: 3.

Autor(s): Centrum Naukowo-Produkcyjnej Systemow Sterowania.

Título: Magnetic Inspection of Steel Wire Ropes.

Editado: Meraster. 1983.

Referencia n°: 4.

Autor(s): C. H. Chen.

Título: Signal Processing and Pattern Recognition in  
Nondestructive. Evaluation of Materials.

Editado: Nato ASI Series. (1988).

Referencia n°: 5.

Autor(s): D. Courtens.

Título: Contrôle magéto-inductif des câbles métalliques.

Editado: La Normandie Industrielle. 1986.

Referencia n°: 6.

Autor(s): Digital Signal Processing Committe IEEE. (Varios Autores).

Título: Programs for Digital Signal Processing.

Editado: IEEE. PRESS (1979).

Referencia n°: 7.

Autor(s): E. Erbendruth.

Título: Diameter Inspection for Wire and Cable.

Editado: Wireworld. 1988.

Referencia n°: 8.

Autor(s): D. Fuchs y R. Schröder

Título: New Developments in and Aplications of wire rope NDT equipment.

Editado: WBK Ropetesting Institute. Bochum. 1990.

Referencia n°: 9.

Autor(s): Yuzo Fujinaka, J. Kakado.

Título: Electromagnetic Inspection Of Wire Rope in the terminal Socket.

Editado: Faculty of Engineering (Kyoto).

Referencia n°: 10.

Autor(s): D. A. Hill y J. R. Wait.

Título: Theory of Electromagnetic Methods for Nondestructive Testing of Wire Ropes.

Editado: U. S. Bureau of Mines. 1979.

Referencia n°: 11.

Autor(s): D. A. Hill y J. R. Wait.

Título: Electrmagnetic Fields Perturbation by an Internal Void in a Conducting Cylinder Excited by a Wire Loop.

Editado: Applied Physics. 1979.

Referencia n°: 12.

Autor(s): International Organization for Standarization (ISO).

Título: Wire Rope for Litting Applicances. Code of practice for Examination and Discard. (ISO 4309-1981 (E)).

Editado: ISO. 1981.

Referencia n°: 13.

Autor(s): E. Kalwa y K. Piekarski.

Título: Design of Inductive Sensors for Magnetic Testing of Steel Ropes.

Editado: N.D.T. International. Volume 20. Noumber 6. (1988).

Referencia n°: 14.

Autor(s): E. Kalwa y K. Piekarski.

Título: Determination of flaws located in the section of Steel Rope.

Editado: NDT International. 1988.

Referencia n°: 15.

Autor(s): E. Kalwa y K. Piekarski.

Título: Qualitative and Quantitative Determination of  
Densely Occurring Defects in Steel Ropes by Magne-  
tic Testing.

Editado: The American Society for N.D.T. (1988).

Referencia n°: 16.

Autor(s): Mera-Ster-Zaklad Doswiadczalny.

Título: Magnetic test method for steel wire rope examina-  
tion.

Editado: Wire Industry. 1982.

Referencia n°: 17.

Autor(s): Mera-Ster-Zaklad Doswiadczalny.

Título: Determination of Rope Wear by Magnetic Tests.

Editado: Wire Industry. 1985.

Referencia n°: 18.

Autor(s): Ministerio de Industria y Energía.

Título: Normas Básicas de Seguridad Minera.

Editado: Ministerio de Industria y Energía.

Referencia n°: 19.

Autor(s): C. Piao, Y. Fujinaka, K. Hanasaki y K. Tsukada.

Título: Electromagnetic Inspection of Steel Wire Rope with  
Hall Element Detector.

Editado: Faculty of Engineering (Kyoto).

Referencia nº: 20

Autor(s): L. Rabiner y C. Rader.

Título: Digital Signal Processing.

Editado: IEEE. PRESS. (1972).

Referencia nº: 21.

Autor(s): D. Di Santolo y B. Crisman.

Título: Sull'interpretazione dei diagrammi magneto-induc-  
tivi.

Editado: Técnica Italiana 1979.

Referencia nº: 22.

Autor(s): W. Schaberl, TU Graz.

Título: Computers and Rope Testing.

Editado: Internationale Seilbahn-Rundschau 1988.

Referencia nº: 23.

Autor(s): W. Swider.

Título: Magnetic Test Method for Steel Wire Ropes.

Editado: British Jouernall of N.D.T. (1988).

Referencia nº: 24.

Autor(s): L. Udpa y W. Lord.

Título: A Search Based Imaging System for Electromagnetic  
Nosdestructive Testing.

Editado: I.E.E.E. Expert (1989).

Referencia nº: 25.

Autor(s): J. R. Wait.

Titulo: Review of Electromagnetic Methods in Nondestructive Testing of Wire Ropes.

Editado: Proceedings of the IEEE 1979.

Referencia nº: 26.

Autor(s): H. R. Weischedel.

Titulo: The Inspection of Wire Ropes in Service.

Editado: Wire Journal. 1985.

Referencia nº: 27.

Autor(s): Wang Yangsheng, Shi Hanmin y Yang Shuzi

Titulo: Quantitative Wire Rope Inspection.

Editado: N.D.T. International. Volume 21. Number 5. (1988).

## Anexo (I).

### Electrónica complementaria de los Generadores de Efecto Hall.

#### I.1. Alimentación de las Células Hall.

Las células Hall es preciso alimentarlas con una intensidad constante, para ello se construye el siguiente circuito:

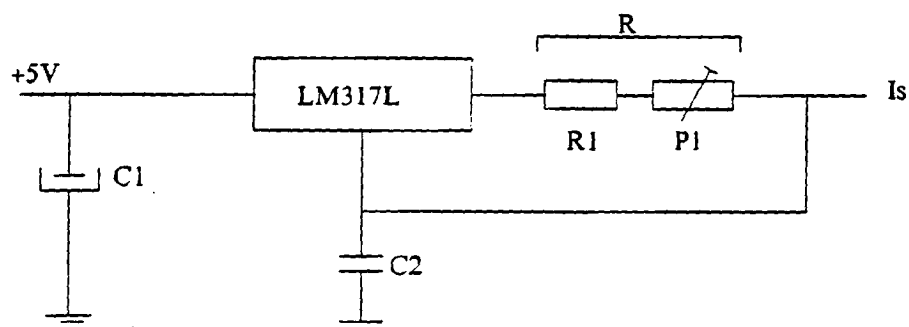


Figura I,1. Fuente de corriente.

El circuito integrado LM317L es un regulador de tensión, de forma que entre los terminales 2 y 3 siempre presenta una tensión constante de 0,78 V.

Haciendo la conexión de la figura I,1., resulta que independientemente de la corriente de salida  $I_s$ , se debe cumplir (siempre que se esté dentro de los límites de trabajo del integrado) que:

de modo que si R es variable, se tiene una fuente de

$$I_s R = \text{cte}$$

intensidad variable.

Las especificaciones del Hall Siemens SV 200C-3, indican que estas células deben funcionar a una intensidad de 20 mA, por lo que se ajusta la resistencia R mediante un potenciómetro, hasta conseguir la intensidad deseada.

Con el circuito mencionado se han construido dos fuentes de intensidad, una para cada célula Hall.

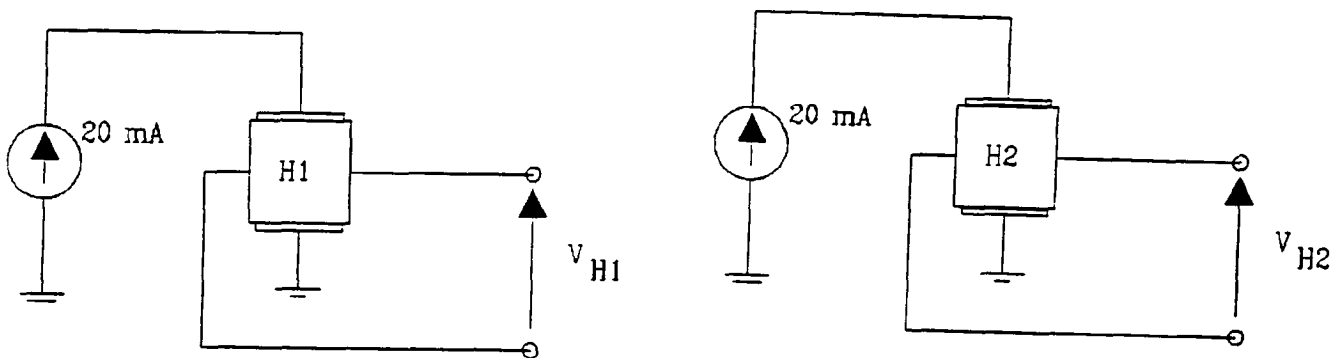


Figura I,2.

Las tensiones que aparecen en las placas de campo de las células Hall, una vez excitadas, son del orden de milivoltios (10-30mV), dado que la tarjeta de adquisición de datos utilizada tiene una ganancia constante para todos los canales, es preciso amplificar la salida de las Hall, hasta llevarla a la escala de los Voltios (dado que la máxima transición previsible en las bobinas inductivas es de 1 Voltio).



Por ello se dispone de un amplificador diferencial para cada una de las células del tipo que se indica en la figura I,3:

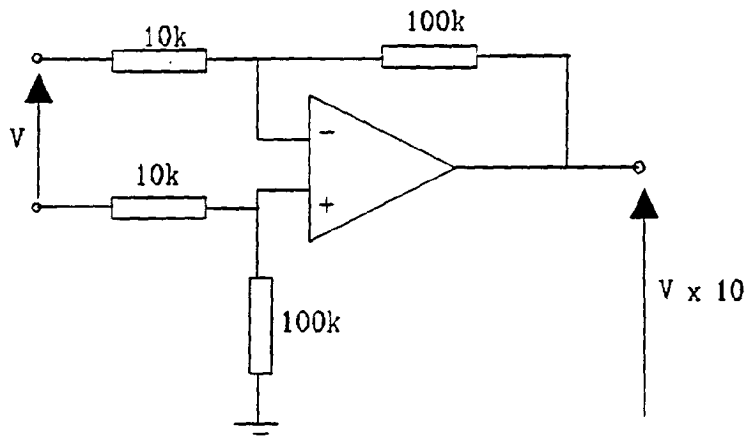


Figura I,3. Amplificador diferencial.

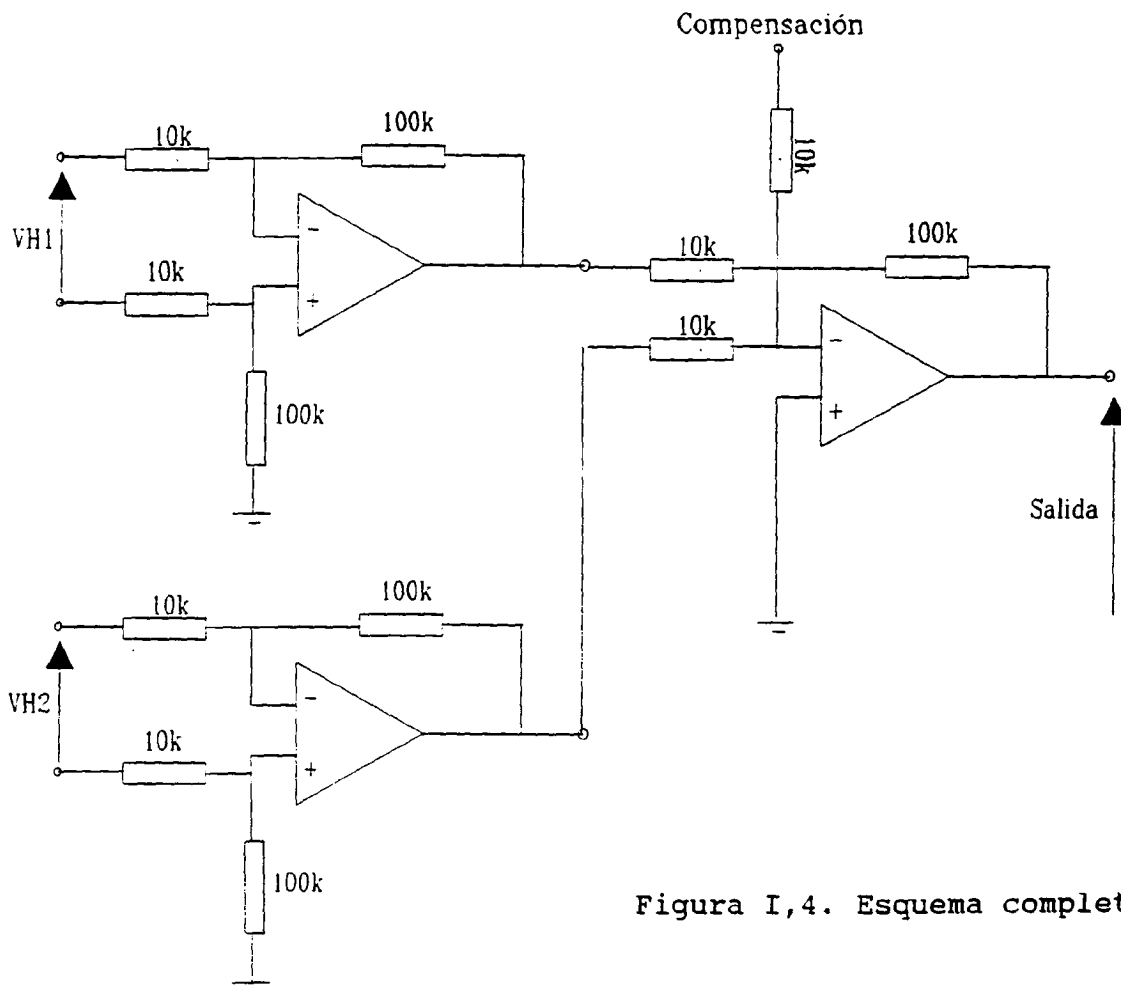


Figura I,4. Esquema completo.

La salida de cada uno de estos amplificadores se introduce en un nuevo amplificador sumador de ganancia 10, por lo que se ha aumentado en 100 veces la tensión de campo Hall. El esquema completo se indica en la figura I,4.

La salida es por tanto:

$$V_{salida} = 10 (10 V_{H1} + 10 V_{H2})$$

en forma general, la tensión de salida será:

$$V_{salida} = K (K_1 V_{H1} + K_2 V_{H2}) .$$

Dependiendo del campo magnético que afecte a cada célula, la tensión de salida de cada una ellas será distinta y proporcional a este campo. En nuestro caso lo que interesa no es medir la cuantía absoluta del campo magnético presente, sino las variaciones del mismo sobre un valor de equilibrio. En otras palabras: las células tienen un "offset", que es preciso compensar. Así las tensiones  $V_{H1}$  y  $V_{H2}$  se pueden expresar como:

$$\begin{aligned} V_{H1} &= V_{off1} + V_{h1} \\ V_{H2} &= V_{off2} + V_{h2} \end{aligned}$$

donde  $V_{off1}$  y  $V_{off2}$  son las tensiones de offset de cada una de ellas. Estas tensiones varían mucho de una célula a otra, siendo por lo general del orden de 20 mV, para los campos magnéticos presentes en el detector. Por tanto en la salida del proceso de amplificación tendremos:

$$V_{salida} = K_1 (V_{off1} + V_{h1}) + K_2 (V_{off2} + V_{h2}) = V_{off} + V_h$$

donde lo que interesa es el segundo sumando, el primero indica solamente el nivel de equilibrio del campo, sobre el cual se tienen las oscilaciones de interés. Además este offset puede llegar a saturar el último amplificador, pues por ejemplo si las ganancias de los primeros amplificadores son 10, y su tensión de offset de 25 mV, la tensión de offset total será de 5 Voltios. Dado que la alimentación es de +/- 5 V, el último amplificador está saturado, y por tanto incapacitado para cumplir su misión.

La forma de compensar este efecto consiste en añadir al último amplificador una nueva entrada conectada a una fuente de tensión variable, de forma que ésta compense la tensión de offset. El objeto de automatizar al máximo, y dado que esta es una labor tediosa y a veces peligrosa, en el sistema diseñado, la tensión de compensación se envía directamente desde el ordenador. Para ello en el programa de adquisición de datos se ha dispuesto una rutina que lee la tensión de offset, y envía una señal de tensión continua a la última etapa de amplificación hasta que ésta señal se sitúa en cero voltios.

## ANEXO II

### Estabilidad Térmica de las Células Hall.

Los sensores Hall, siempre han tenido un funcionamiento aparentemente anómalo, en concreto de forma casi aleatoria aparecían alteraciones en las señales del Hall, que de hacerles caso indicarían que en el cable deberían presentarse anomalías de una magnitud realmente extraordinarias, puesto que el nivel de Hall variaba enormemente sin aparente causa.

Para intentar aislar y cuantificar las posibles influencias externas sobre las células Hall, se diseñaron una serie de experimentos cuyos resultados se indican a continuación.

#### Condiciones de los ensayos.

Las células se exponen a un campo magnético constante, alejando de su proximidad cualquier interferencia magnética, producida por masas magnéticas próximas. (Se ha comprobado la enorme sensibilidad de estas células, hasta el punto que el paso por las proximidades de las mismas, de un simple destornillador, produce cambios en la tensión de campo, de cuantías superiores a las de la rotura de varios hilos).

#### Experimento 1. Deriva de la alimentación.

Se alimentan las Hall con una intensidad de 20 mA, y se deja que se estabilice. La alimentación se hace mediante una fuente

no estabilizada para observar en primera instancia si en las células de producen cambios apreciables debidos al calentamiento (Si se utiliza una fuente estabilizada en corriente, los posibles cambios quedarán enmascarados). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tiempo	Alimentación	Salida	Ganancia	Desviación
(Minutos)	(mA)	(mV)	(mV/mA)	%
0	20,1	22,5	1,119403	0,26%
5	20,3	22,7	1,1182266	0,15%
10	20,5	22,9	1,1170732	0,05%
15	20,6	23	1,1165049	0,00%
20	20,6	23	1,1165049	0,00%
25	20,7	23,1	1,115942	-0,05%
30	20,8	23,2	1,1153846	-0,10%
35	20,8	23,2	1,1153846	-0,10%
40	20,9	23,3	1,1148325	-0,15%
45	20,7	23,1	1,115942	-0,05%
50	20,8	23,2	1,1153846	-0,10%
55	20,7	23,1	1,115942	-0,05%
60	20,6	23	1,1165049	0,00%
65	20,8	23,2	1,1153846	-0,10%
70	20,7	23,1	1,115942	-0,05%

Tiempo	Alimentación	Salida	Ganancia	Desviación
(Minutos)	(mA)	(mV)	(mV/mA)	%
75	20,6	23	1,1165049	0,00%

Las derivas en la intensidad de alimentación, y en la tensión de campo son realmente insignificantes, 0,8 mA para la intensidad y 0,8 mV para la tensión. Y esto dejando al dispositivo que evolucione libremente, es decir: sin forzar que la intensidad sea constante. En la tabla se observa además como la ganancia de la célula (Tensión de Salida/Intensidad de Alimentación) permanece prácticamente constante. En la última columna se muestra la desviación de esta ganancia en tanto por ciento respecto a la ganancia de equilibrio, tomada ésta como la obtenida setenta y cinco minutos después de la conexión, cuando se observó que no había variación apreciable alguna.

#### **Influencia de la temperatura.**

Cuando la célula se alimentó con la fuente de intensidad diseñada especialmente para ella, no se apreció variación alguna de la tensión de salida, tras más de dos horas de conexión.

Otro efecto que se suponía podría causar problemas, era la influencia de la temperatura en la tensión de salida de las células Hall, por ello se introdujeron en cámaras climáticas, alimentándolas con la intensidad nominal de 20 mA, manteniendo constante la intensidad del campo magnético, y obteniéndose los

siguientes resultados.

Temperatura	Salida1	Salida2
°C	(mV)	(mV)
	Subiendo T	Bajando T
0	20	20
5	20,1	19,6
10	20,1	19,4
15	19,9	19,2
20	19,9	19,1
25	19,8	19
30	19,7	19
35	19,5	19
40	19,3	19
45	19	19

La columna Salida1 representa las lecturas obtenidas cuando se fue incrementando la temperatura desde cero grados hasta 45, y la columna Salida2, cuando se fue reduciendo la temperatura desde 45 hasta cero.

Conclusiones:

Las desviaciones en la salida de las Hall son realmente insignificantes, tanto por efecto de la temperatura como por las derivas de los dispositivos tras un periodo de funcionamiento prolongado. Por tanto las irregularidades observadas en los ensayos de campo deben ser debidas a efectos externos, es decir a la proximidad del detector de masas metálicas próximas en movimiento. De hecho se ha constatado la imposibilidad de obtener datos fiables de las células Hall en las proximidades de los extremos de los cables, dado que tanto las jaulas como los

contrapesos enmascaran considerablemente las lecturas: tanto que si las variaciones de las lecturas de las células se correspondiesen con pérdidas de sección reales equivaldrían a mermas o ganancias del orden de la sección total de los cables.

La información suministrada por los sensores Hall debe ser interpretada siempre en conjunción con otros síntomas, como son las lecturas de los sensores inductivos, medidas del diámetro del cable, deformaciones, etc. Nunca aisladamente, pues dada la extremada sensibilidad de los sensores siempre cabe la posibilidad de que las variaciones de las señales de los mismos sean debidas a causas ajenas a la estructura del cable que se está examinando.

Las lecturas de los sensores Hall en las zonas intermedias de los cables (excluyendo siempre los extremos) determinarán las pérdidas de sección continuadas debidas bien a la corrosión, alargamiento, o rozamientos, siempre que la calibración se haga correctamente.



### **ANEXO III.**

#### **Interpretación de las lecturas de los sensores Hall.**

Como se ha comentado en el Anexo II, la interpretación de los datos de los sensores Hall, debido principalmente a su extrema sensibilidad, no se pueden interpretar de forma aislada, sino que se deben interpretar conjuntamente con la información disponible de las bobinas y las observaciones directas hechas sobre el cable. Los sensores inductivos, son capaces de localizar roturas puntuales en el cable, y con la ayuda de los métodos diseñados en este proyecto es posible realizar esta labor de forma automática, con lo cual se obtiene un considerable avance sobre los métodos utilizados actualmente. Los sensores Hall no son capaces de localizar estas roturas puntuales, a no ser que los extremos libres de la rotura estén separados más de 20 cm, en cuyo caso la variación de campo magnético ya es lo suficientemente importante para que se deje notar su efecto en las células Hall. Por contra, estos sensores sí detectan las pérdidas de sección continuada, cosa que los sensores inductivos no hacen.

Por tanto ambos sensores tienen cualidades complementarias, que es preciso explotar conjuntamente. Dado que el mecanismo de detección inductivo es más fiable, la forma de operar con la información de las células Hall, será la de utilizarla a modo de confirmación de lo ya conocido con los sensores inductivos. Un ejemplo típico de lo expuesto ocurre cuando en una porción de cable se encuentra una secuencia de hilos rotos muy próximos unos

a otros, esto suele suceder al romperse un hilo, y propagarse esta rotura unos metros a ambos lados de la rotura, pues al quedar el hilo "flojo", se suele romper en muchos otros puntos cercanos a la rotura inicial, debido al simple rozamiento (sobre todo en planos inclinados). Pues bien, una interpretación solamente inductiva únicamente indicaría la presencia de las roturas, pero no diría nada si se trata del mismo hilo roto por distintas partes, o varios hilos rotos en distintas posiciones. El sensor Hall aclara definitivamente este extremo. Otro supuesto donde la colaboración del Hall es imprescindible, se da cuando se tienen cables con un fuerte desgaste externo por rozamiento, en esos casos una vista de la lectura del Hall en una zona amplia del cable nos indicará el grado en que éste ha sido desgastado y en que zonas.

A continuación se presentan dos gráficos en los que se ilustra la interpretación de las lecturas del Hall. En ellos se muestra dos registros, en la parte inferior la lecturas de las bobinas interiores, y en la superior, la lectura del Hall.

En la figura III,1. Se muestran cinco metros de datos correspondientes a los registros de las bobinas interiores (registro inferior) y al sensor Hall (registro superior). Se observa en primer lugar, la presencia clara entre los metros 310 y 311 de la rotura franca de un hilo, esto se aprecia perfectamente en la señal inductiva, mientras que en el Hall, sólo se percibe un descenso de la señal en la cuantía correspondiente a la pérdida de un hilo, pero inmediatamente la

señal se recupera, de hecho es posible observar este descenso debido al hecho de que la rotura es bastante extensa (del orden de 20 cm). En el resto del metro 311, solamente hay ruido. En el metro 312 y principio del 313 se observan en las señales inductivas una serie de hilos rotos, estas series son típicas de las roturas de hilos externos que al quedar flojos una vez producida la primera rotura se fracturan por varios sitios próximos. Y efectivamente en la señal del Hall se tiene la confirmación de lo dicho. Correspondiendo con las roturas detectadas mediante la señal inductiva, aparecen descensos y ascensos en el nivel del Hall que indican que se trata en concreto de las pérdidas y recuperaciones de dos hilos del cable. Por último, en el resto del metro 313 y 314, solamente aparece ruido y quizás una rotura menor que no tiene incidencia en el Hall.

Actuando de esta forma es posible dictaminar con un grado de exactitud considerable, lo que está ocurriendo en el cable, confirmando y asegurando lo indicado por las bobinas.

En la figura III,2. se muestran 10 metros de cable entre las posiciones 270 y 280. En ellos las bobinas muestran diversas roturas francas con un nivel de ruido considerable. Se trataba de un registro procedente de un cable muy deteriorado en el que se superponen roturas con un nivel de desgaste considerable. En la señal inductiva se deduce inmediatamente que el cable presenta muchos defectos, pero con ayuda de la lectura del Hall, se comprueba que efectivamente ésto es así, observándose que en los

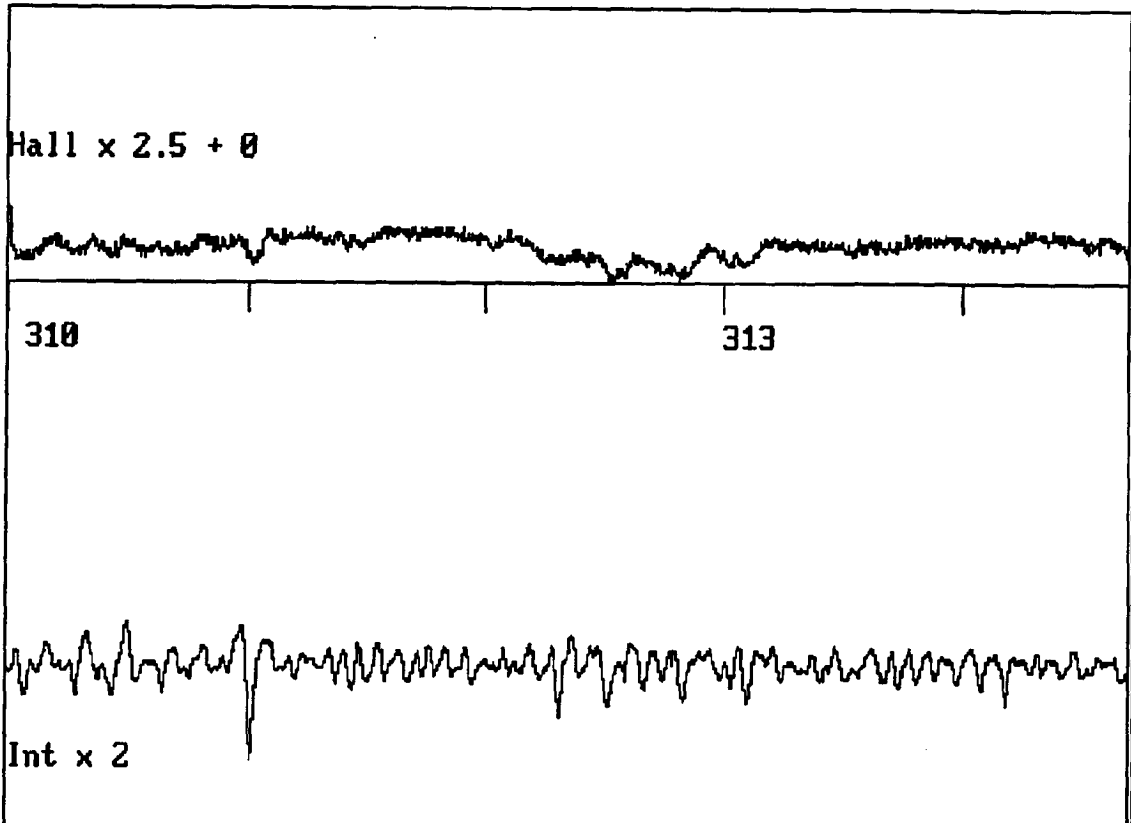


Figura III,1.

diez metros que se muestran, la sección metálica efectiva a sufrido una variación del orden de la sección de cuatro hilos.

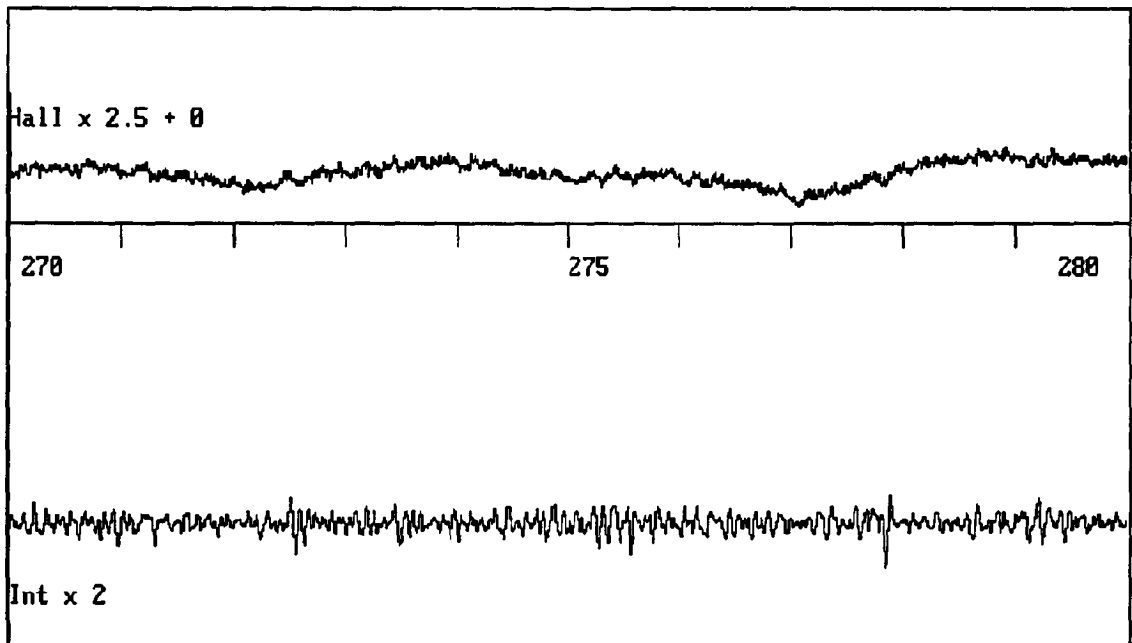


Figura III,2.

## **ANEXO IV.**

### **PROGRAMA GRABAR.**

Nota Previa: Los programas han sido escritos en QUICKBASIC de Microsoft, versión 4.5, y compilados para ser ejecutados autónomamente.

El programa GRABAR es el encargado de efectuar el muestreo y archivo de las señales analógicas generadas por la tarjeta de adquisición de datos DAS16F. El archivo de los datos muestreados se efectúa por Acceso Directo a Memoria (DMA). El muestreo está comandado por una señal externa de "Trigger" de modo que cada vez que hay una transición en esta señal se efectúa una conversión analógica/digital. Al tener tres canales analógicos, se necesitan tres cambios en la señal de Trigger para que se vuelva a leer un dato en el mismo canal. Las lecturas se realizarán de forma continua salvando en disco virtual todos los datos.

Antes de iniciar la pasada se procede a la calibración automática del Hall. Además cada metro se comprueba que la señal de los Hall no ha saturado la escala, si esto fuera así se corrige dicho nivel del Hall, anotando los cambios en un archivo especial llamado HALLCORR.DAT.

El mecanismo de archivo, ya se comentó en el documento principal, en la figura IV,1 se muestran dos esquemas de las maniobras que se realizan en este programa.

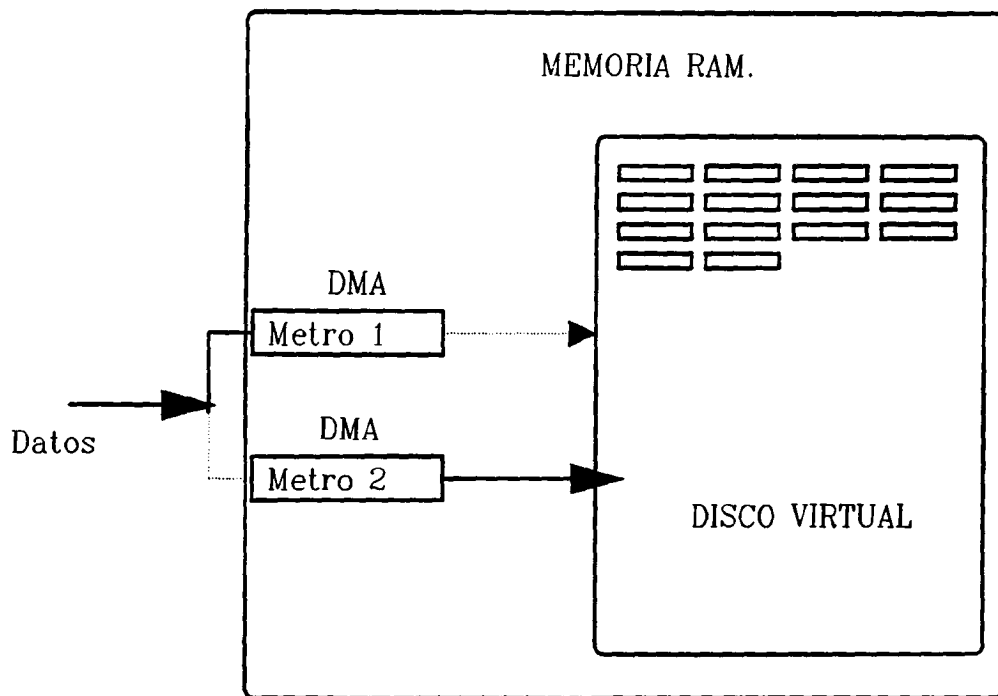
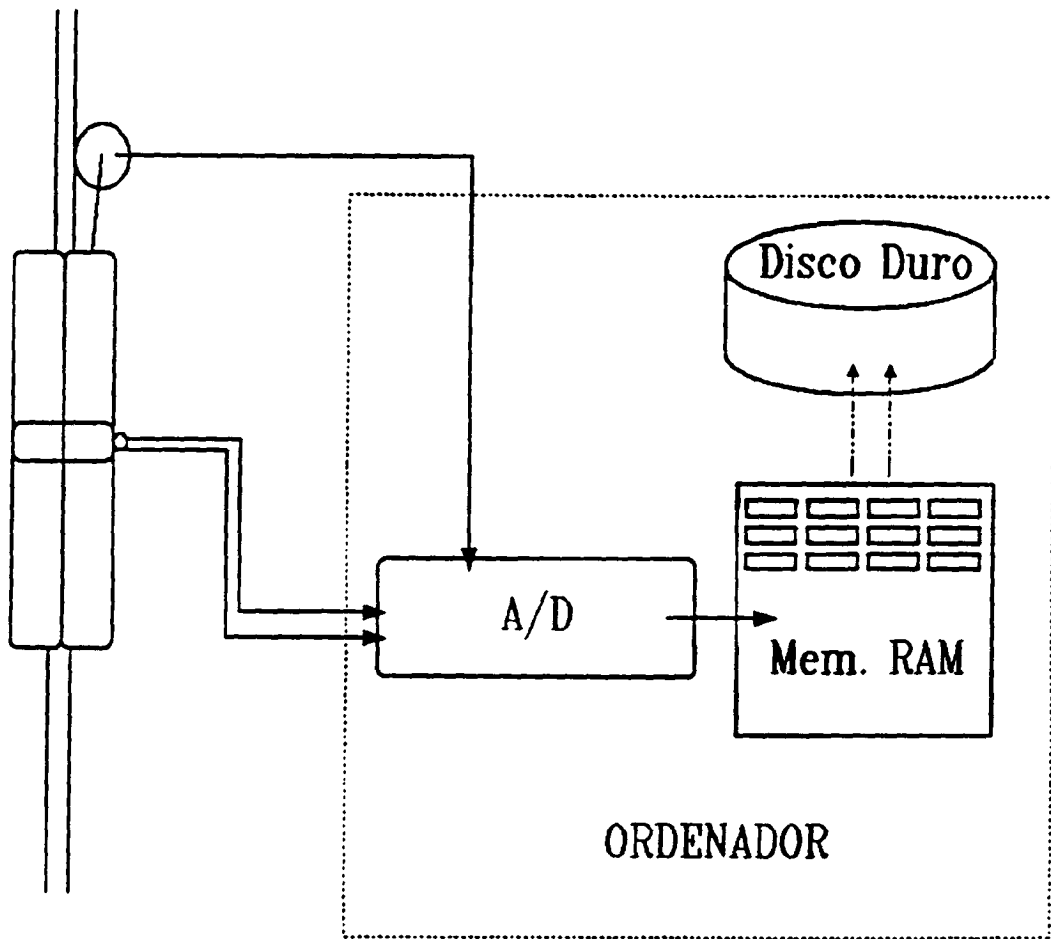


Figura IV,1. Esquema de la adquisición de datos.

## Dimensionado de variables y matrices:

Por cada metro de avance del cable, el generador de impulsos para el muestreo genera 2000 pulsos, por cada uno de ellos se realiza una conversión del canal que aquel momento se encuentre en disposición de ser muestreado, (los canales activados se leen cíclicamente). El valor de la lectura se codifica en 12 bit, y el canal a que corresponde en 4 bits adicionales, por tanto son necesarios 16 bits para almacenar la información de un muestreo, es decir, dos bytes; la misma longitud que la de una variable entera, por ello la dimensión asignada a las matrices dat1% y dat2% donde se almacenarán los datos de dos metros sucesivos es de 2001, de los cuales los 2000 primeros corresponderán a los datos del metro y la última se reserva para grabar la velocidad media de lectura del metro en cuestión.

Además, para facilitar la lectura de los datos que se irán almacenando directamente en memoria, el dimensionado de estas matrices se hace de forma estática, es decir: siempre se alojarán en la misma posición de memoria, de esta forma, para salvar los datos sólo habrá que especificar la primera posición de memoria donde se alojan y la longitud total. También se dimensiona la matriz dio%, necesaria para la activación de la tarjeta:

```
DIM dio%(4)
' $DYNAMIC
DIM dat1%(2001), dat2%(2001)
' $STATIC
COMMON SHARED dio%()
COMMON SHARED ncanal%, tf, d, cero, top, boton, numero%
```

## Declaración de rutinas:

```
DECLARE SUB findma ()
DECLARE SUB inicializar ()
DECLARE SUB calibrarmanu ()
DECLARE SUB comhall (dd!)
DECLARE SUB rotulo ()
DECLARE SUB dibuja (numeros%, ncanal%, dato1%(), canal1%())
DECLARE SUB calibra ()
DECLARE SUB funciones ()
DECLARE SUB activadma1 (lecturas%, dat1%(), trigger%, recicle%)
DECLARE SUB activadma2 (lecturas%, dat2%(), trigger%, recicle%)
DECLARE SUB das16 (MODE%, BYVAL dummy%, flag%)
```

## Gestión del flujo del programa mediante teclas de función:

```
ON KEY(1) GOSUB f1' parartemp
ON KEY(2) GOSUB f2'
ON KEY(10) GOSUB f10' fin definitivo
ON KEY(12) GOSUB f12' calibrar hall
ON KEY(13) GOSUB f13' calibrar hall
```

## Activación de las teclas de función.

```
KEY(1) ON
KEY(2) ON
KEY(10) ON
KEY(12) ON
KEY(13) ON
```

## Presentación del programa:

```
SCREEN 0
CLS
LOCATE 5, 15
PRINT " ----- PROGRAMA TRITON -----"
LOCATE 6, 15
PRINT " ====="
LOCATE 10, 1
PRINT " IDENTIFICACIÓN DE ESTA PASADA "
PRINT " -----"
PRINT
PRINT "En caso de que los datos de esta pasada se graben en disco duro"
PRINT "una vez efectuada la pasada, debe asignarle un nombre adecuado"
PRINT "Por ejemplo PASADA02"
FILES "d:\\"
PRINT "Estos son los directorios usados en el disco duro"
PRINT "y el espacio disponible."
BEEP
INPUT "Nombre para esta pasada ", pasada$
REM Se inicializa el numero de pulsos que constituyen un metro de cable
REM por defecto se toma 2000 pulsos
INPUT "Número de pulsos por metro (por defecto 2000 pulsos) ", numero%
IF numero% <= 0 THEN numero% = 2000

GOTO main
```

## Gestión de las teclas función:

```
f1:
tf = 1
findma
RETURN
```



```
f2:
tf = 2
RETURN
```

```
f10:
tf = 10
BEEP
BEEP
RETURN
```

```
f12:
d = d + 1
IF d > 4095 THEN d = 0
RETURN
```

```
f13:
d = d - 1
IF d < 0 THEN d = 4095
RETURN
```

```
main:
tf = 0
funciones
SELECT CASE tf
CASE 1
  REM parartemporalmente
  GOTO main
CASE 2
  REM Se inicializa el proceso
  inicializar
  CLS
  LOCATE 4, 15
  PRINT " ----- PROGRAMA TRITON -----"
  LOCATE 5, 15
  PRINT " ====="
  PRINT
  PRINT "I.T.G.E.    Area Seguridad Minera."
  PRINT
  LOCATE 10, 1
  PRINT "      DATOS IDENTIFICATIVOS "
  PRINT "      -----"

  OPEN "e:\a0\comentar.bas" FOR OUTPUT AS #4
  PRINT " A continuación se van a grabar los comentarios de esta pasada"
  PRINT " ====="
  PRINT
  INPUT "POSICIÓN INICIAL DEL CABLE EN METROS "; cuenta
  WRITE #4, "POSICIÓN", cuenta

ascen:
PRINT "INCREMENTANDO O DECREMENTANDO LA CUENTA INICIAL (I/D) "
PRINT "1- Incrementando"
PRINT "2- Decrementando"
PRINT
INPUT ascen
SELECT CASE ascen
CASE 1
  ascenden = 1
  escen$ = "Creciente "
CASE 2
  ascenden = -1
  cuentamax = cuenta
  ascen$ = "Decreciente"
CASE ELSE
  GOTO ascen
END SELECT
WRITE #4, "Sentido:", ascenden
LINE INPUT "VELOCIDAD# "; nota$
WRITE #4, "VELOCIDAD", nota$
LINE INPUT "COMENTARIOS# "; nota$
WRITE #4, "COMENTARIO", nota$
LINE INPUT "COMENTARIOS# "; nota$
WRITE #4, "COMENTARIO", nota$
LINE INPUT "COMENTARIOS# "; nota$
WRITE #4, "COMENTARIO", nota$
CLOSE #4
```

```

        GOTO empezar
CASE 10
        GOTO terminar1
END SELECT

```

empezar:

```

REM Inicio del muestreo
BEEP
inicializar
PRINT " Contador de metros inicializado, cuando el cable se mueva"
PRINT " empezará el proceso de conteo y detección."
PRINT
PRINT "Pulse una tecla para comenzar el muestreo . . ."
a$ = INPUT$(1)
SCREEN 0
CLS
rotulo
LOCATE 12, 30
PRINT "PASADA : "; pasada$

LOCATE 15, 20
PRINT "Metro grabado :"
LOCATE 16, 20: PRINT "Sentido del avance :"; ascen$
LOCATE 17, 20: PRINT "velocidad en m/s "

```

### Bloque de lectura y archivo.

```

REM Se lee el primer metro de cable en dma2
activadma2 numero%, dat2%(), 0, 0
REM tiempo de inicio del primer metro
tiempo2i = TIMER
LOCATE 15, 38
PRINT cuenta

IF tf = 1 THEN GOTO terminar:

REM Espera a que se completen todas las lecturas del DMA2
md% = 8
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
WHILE (dio%(2) < numero%) AND (tf <> 1)
    CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
    LOCATE 22, 10
    PRINT dio%(2)
WEND

findma
tiempo2f = TIMER
IF tf = 1 THEN GOTO terminar
arriba:

REM Se lee un metro de cable en dma1
activadma1 numero%, dat1%(), 0, 0

REM tiempo de inicio del primer metro
tiempo2f = TIMER
tiempo1i = TIMER

REM incrementar el conteo de los metros
cuenta = cuenta + ascenden

REM grabar los datos de dat2%()
REM determinar el nombre del archivo nombre$
a$ = "e:\a" + MID$(STR$(cuenta \ 100), 2) + "\" + MID$(STR$(cuenta), 2)

REM Grabar el tiempo transcurrido en la última posición de la matriz.
dat2%(numero%) = INT((tiempo2f - tiempo2i) * 100)
dat2%(numero% + 1) = cuenta

REM Grabar los datos de dat2% en disco virtual.
DEF SEG = VARSEG(dat2%(0))
BSAVE a$, VARPTR(dat2%(0)), (numero% + 1) * 2

REM Actualizar cuenta y velocidad en la pantalla.

```

```

LOCATE 15, 38
PRINT cuenta
IF dat2%(numero%) <> 0 THEN
  LOCATE 17, 40
  PRINT USING " ##.## "; 100 / dat2%(numero%)
ELSE
  PRINT "No mensurable"
END IF

REM Espera a que se completen todas las lecturas del DMA1
md% = 8
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
WHILE (dio%(2) < numero%) AND (tf <> 1)
  CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
  LOCATE 23, 10
  PRINT dio%(2)
WEND

findma
IF tf = 1 THEN GOTO terminar

REM empieza el proceso con la memoria2
activadma2 numero%, dat2%(), 0, 0

tiempo1f = TIMER
tiempo2i = TIMER
REM incrementar el conteo de los metros
cuenta = cuenta + ascenden

REM Comprobación de anomalías en el canal 0 (bobinas ext o int).

REM determinar el nombre del archivo nombre$
a$ = "e:\a" + MID$(STR$(cuenta \ 100), 2) + "\" + MID$(STR$(cuenta), 2)
dat1%(numero%) = INT((tiempo1f - tiempo2i) * 100)
dat1%(numero% + 1) = cuenta
DEF SEG = VARSEG(dat1%(0))
BSAVE a$, VARPTR(dat1%(0)), (numero% + 1) * 2

LOCATE 15, 38
PRINT cuenta

IF dat1%(numero%) <> 0 THEN
  LOCATE 17, 40
  PRINT USING " ##.## "; 100 / dat1%(numero%)
ELSE
  PRINT "No mensurable"
END IF

REM Espera a que se completen todas las lecturas del DMA2
md% = 8
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
WHILE (dio%(2) < numero%) AND (tf <> 1)
  CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
  LOCATE 22, 10
  PRINT dio%(2)
WEND

findma
IF tf = 1 THEN GOTO terminar
GOTO arriba

```

## Mensajes de salida y advertencias.

```

terminar:
IF ascenden = 1 THEN cuentamax = cuenta
BEEP
BEEP
findma

PRINT "----- ATENCIÓN -----"
PRINT
PRINT " En este momento se ha interrumpido la adquisición de datos"
PRINT " de esta pasada. "
PRINT
PRINT " Tiene las siguientes opciones:"
PRINT " 1- Grabando datos en Disco Duro"
PRINT " 2- Pasada nula. Destrucción de los datos"
PRINT " 3- No Hacer nada"

```

```

INPUT " Elija la que desee: ", salvando
SELECT CASE salvando
CASE 1
  REM salvar en disco duro y destruir del disco virtual
  SCREEN 0
  PRINT
  PRINT "Atención se van a traspasar los datos leídos en esta serie desde"
  PRINT "la memoria principal hasta el disco duro, donde permanecerán"
  PRINT "de forma indefinida hasta que se pasen a diskettes."
  PRINT
  FILES "d:\\"
  PRINT "Estos son los directorios usados en el disco duro"
  PRINT "y el espacio disponible."
  PRINT "De un nombre de ocho letras máximo para el directorio"
  PRINT "donde se grabarán los datos de esta pasada."
  BEEP
  otravez:
  PRINT "Este es el nombre del directorio donde se van a grabar"
  PRINT "los datos", pasada$
  INPUT "Confirme si es correcto (s/n) ", sino$
  IF sino$ = "s" OR sino$ = "S" THEN

  SHELL "c:\cables\hazdir " + pasada$

  SCREEN 0
  numdir = cuentamax \ 100

  FOR i = 0 TO numdir
    nombredir1$ = "a" + MID$(STR$(i), 2)
    nombredir$ = pasada$ + "\" + nombredir1$
    nombredir$ = nombredir1$ + " " + nombredir$
    SHELL "c:\cables\copiadur " + nombredir$
  NEXT i
  PRINT "Atención:"
  PRINT "Los datos existentes en memoria virtual (RAM)"
  PRINT "se van a destruir"
  INPUT "Pulse 's' para continuar ", sino$
  IF sino$ = "s" OR sino$ = "S" THEN
    PRINT "Se van borrar los datos de los 10 directorios RAM"
    PRINT "pulse 's' para confirmar la destrucción de los datos"
    PRINT "de cada uno de los directorios"
    SHELL "c:\cables\machacar.bat"
  ELSE
    GOTO main
  END IF
  ELSE
    INPUT "Introduzca nuevo nombre ", pasada$
    GOTO otravez
  END IF
CASE 2
  REM machacar del disco virtual.
  SCREEN 0
  PRINT "Atención:"
  PRINT "Los datos existentes en memoria virtual (RAM)"
  PRINT "se van a destruir"
  INPUT "Pulse 's' para continuar ", sino$
  IF sino$ = "s" OR sino$ = "S" THEN
    PRINT "Se van borrar los datos de los 10 directorios RAM"
    PRINT "pulse 's' para confirmar la destrucción de los datos"
    PRINT "de cada uno de los directorios"
    SHELL "c:\cables\machacar.bat"
  ELSE
    GOTO main
  END IF
CASE 3
  GOTO main
CASE ELSE
  GOTO terminar
END SELECT

GOTO main

terminar1:
REM terminar definitivamente.
PRINT "Atención se termina definitivamente el trabajo"
INPUT "¿Está seguro (s/n)? ", sino$
IF sino$ = "s" OR sino$ = "S" THEN END ELSE RETURN

```

## LISTA DE SUBROUTINA.

Subrutina de adquisición de datos por Acceso Directo a Memoria-Modo 6. Muestra la señal, la convierte en una palabra analógica y ésta es almacenada directamente en una posición de memoria prefijada.

lecturas% es el número de datos que se van a leer  
dat%() es la localización en memoria de los datos incluye además del dato el canal a que corresponde el dato de modo que su dimensión debe ser lecturas% \* 2  
canales% es el número de canales que se están leyendo  
triger 1 timer, 0 triger externo  
recicle% 1 recicle, 0 un solo ciclo.

SUB activadma1 (lecturas%, dat1%(), triger%, recicle%) STATIC

```
IF lecturas% = 0 THEN PRINT "Error: Lecturas a efectuar 0": STOP
dio%(0) = lecturas%
dio%(1) = VARSEG(dat1%(0))
dio%(2) = triger%
dio%(3) = recicle%
md% = 6
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error utilizando modo 6 = "; flag%
    STOP
END IF
```

END SUB

SUB activadma2 (lecturas%, dat2%(), triger%, recicle%) STATIC

```
IF lecturas% = 0 THEN PRINT "Error: Lecturas a efectuar 0": STOP

dio%(0) = lecturas%
dio%(1) = VARSEG(dat2%(0))
dio%(2) = triger%
dio%(3) = recicle%
md% = 6

CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)

IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error utilizando modo 6 = "; flag%
    STOP
END IF
```

END SUB

Rutina de calibración de los sensores Hall, bien de modo automático, o manualmente utilizando las teclas de los cursores se puede conseguir ajustar la tensión de los Hall al nivel del campo magnético que se presente en el cable, evitando así que los amplificadores de saturen.

A esta parte del programa se entra nada más iniciar la ejecución del mismo. Y también cuando se desee, pero una vez suspendida temporalmente la ejecución del programa mediante la tecla de función F1.

SUB calibra STATIC

```
CLS
SCREEN 9
WINDOW (0, 0)-(numero%, 5000)
REM se ponen los límites del scanner para leer solamente el hall
dio%(0) = 2 'lower limit
dio%(1) = 2 'upper limit
```

```

md% = 1      'mode 1 - set scan limits
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
IF flag% <> 0 THEN
  PRINT "Error #"; flag%; " in setting scan limits"
END IF

cero = 0
top = 0
boton = 0
j = 0
d = numero%
dh% = INT(d / 16)
dl% = d - 16 * dh%
dl% = 16 * dl%
OUT &H304, dl%
OUT &H305, dh%
salto = numero%

bucle1:
LOCATE 1, 10
PRINT "CALIBRACIÓN DEL HALL. DETERMINACIÓN DE LIMITES"

LINE (0, 4500)-(numero%, 4500), , , &H1
LINE (0, 500)-(numero%, 500), , , &H1
LINE (0, 2500)-(numero%, 2500), , , &HFF0

LOCATE 2, 1
PRINT " Para SALIR apriete la tecla F1, y espere a completar la página"

FOR i = 0 TO numero%
  md% = 3 'mode 3 - do one A/D conversion
  CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
  IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error #"; flag%; " en mode 3"
    STOP
  END IF
  PSET (i, (dio%(0) + 2500))
  LOCATE 5, 1: PRINT dio%(0); d

  IF ABS(dio%(0)) < 100 THEN
    cero = d
    GOTO etiqueta1
  END IF

  signo = SGN(SGN(dio%(0)) + signo)

  SELECT CASE dio%(0)
    CASE IS > 101
      d = d + 1
      IF d > 4095 THEN d = 4095
    CASE IS < -100
      d = d - 1
      IF d < 0 THEN d = 0
  END SELECT

  dh% = INT(d / 16)
  dl% = d - 16 * dh%
  dl% = 16 * dl%
  OUT &H304, dl%
  OUT &H305, dh%

etiqueta1:
IF tf = 1 THEN
  tf = 1
  GOTO etiqueta3
END IF
NEXT i

CLS
GOTO bucle1

etiqueta2:
LOCATE 1, 10
PRINT "DETERMINACIÓN DE LIMITES. Tenga un poco de paciencia"

LINE (0, 4500)-(numero%, 4500), , , &H1
LINE (0, 500)-(numero%, 500), , , &H1

```

```

LINE (0, 2500)-(numero%, 2500), , , &HFF0

LOCATE 2, 1
PRINT " Cuando el proceso esté concluido apriete la tecla F1, y espere"

etiqueta2:
FOR i = 0 TO numero%
  mdi% = 3 'mode 3 - Hace una conversión A/D.
  CALL das16(mdi%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
  IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error #"; flag%; " en mode 3"
    STOP
  END IF
  PSET (i, (dio%(0) + 2500))
  LOCATE 5, 1: PRINT dio%(0); d; top; cero; boton
  IF top = 0 THEN
    IF dio%(0) > 1900 THEN
      top = d
      BEEP: BEEP
      d = cero
      dh% = INT(d / 16)
      dl% = d - 16 * dh%
      dl% = 16 * dl%
      OUT &H304, dl%
      OUT &H305, dh%
      GOTO etiqueta3
    END IF

    d = d - 1
    IF d < 0 THEN d = 4095
    dh% = INT(d / 16)
    dl% = d - 16 * dh%
    dl% = 16 * dl%
    OUT &H304, dl%
    OUT &H305, dh%
  ELSE
    IF boton = 0 THEN
      IF dio%(0) < -1900 THEN
        boton = d
        BEEP: BEEP
        d = cero
        dh% = INT(d / 16)
        dl% = d - 16 * dh%
        dl% = 16 * dl%
        OUT &H304, dl%
        OUT &H305, dh%
        GOTO etiqueta3
      END IF

      d = d + 1
      IF d > 4095 THEN d = 0
      dh% = INT(d / 16)
      dl% = d - 16 * dh%
      dl% = 16 * dl%
      OUT &H304, dl%
      OUT &H305, dh%
    END IF
  END IF

etiqueta3:
IF tf = 1 THEN
  tf = 0
  top = top - cero
  boton = boton - cero
  CLS
  SCREEN 0
  EXIT SUB

END IF

NEXT i
CLS
GOTO etiqueta2

```

END SUB

## Calibración Manual.

A esta parte del programa se entra nada más iniciar la ejecución del mismo. Y también cuando se desee, pero una vez suspendida temporalmente la ejecución del programa mediante la tecla de función F1

SUB calibramanu STATIC

```
CLS
SCREEN 9
WINDOW (0, 0)-(numero%, 5000)
REM se ponen los límites del scanner para leer solamente el hall
dio%(0) = 2 'lower limit
dio%(1) = 2 'upper limit
md% = 1 'mode 1 - set scan limits
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error #"; flag%; " en setting scan limits"
END IF

d = numero%
dh% = INT(d / 16)
dl% = d - 16 * dh%
dl% = 16 * dl%
OUT &H304, dl%
OUT &H305, dh%
salto = numero%

buc:
LOCATE 1, 10
PRINT "CALIBRACIÓN DEL HALL. Usar las Teclas IZQ DER."

LINE (0, 4500)-(numero%, 4500), , , &H1
LINE (0, 500)-(numero%, 500), , , &H1
LINE (0, 2500)-(numero%, 2500), , , &HFF0

LOCATE 2, 1
PRINT " Para SALIR apriete la tecla F1, y espere a completar la página"

FOR i = 0 TO numero%
    md% = 3 'mode 3 - do one A/D conversion
    CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)
    IF flag% <> 0 THEN
        PRINT "Error #"; flag%; " en mode 3"
        STOP
    END IF
    PSET (i, (dio%(0) + 2500))
    dh% = INT(d / 16)
    dl% = d - 16 * dh%
    dl% = 16 * dl%
    OUT &H304, dl%
    OUT &H305, dh%
    LOCATE 4, 1
    PRINT "Actual :"; d
    IF tf = 1 THEN
        KEY(3) OFF
        KEY(4) OFF
        KEY(5) OFF
        tf = 0
    END IF
    CLS
    SCREEN 0
    EXIT SUB
END IF

NEXT i
CLS
GOTO buc
```

END SUB

```
SUB comhall (dd) STATIC
    d = d + dd
    dh% = INT(d / 16)
    dl% = d - 16 * dh%
```



```

dl% = 16 * dl%
OUT &H304, dl%
OUT &H305, dh%

```

END SUB

Fin de las operaciones de acceso a memoria usando modo 7.

SUB findma STATIC

```

md% = 7
CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)

```

END SUB

Rutina de Explicación de las teclas de función.

SUB funciones STATIC

```

CLS
tf = 0: escape = 0
SCREEN 0
PRINT "F1 - Salir"
PRINT
PRINT "F2 - Comenzar el muestreo"
PRINT
PRINT "F10 - FIN DE LA SESION"
DO
LOOP UNTIL (tf <> 0)

```

END SUB

Inicialización.

SUB inicializar STATIC

```

REM Inicialización de parámetros

dio%(0) = &H300           'Dirección base
dio%(1) = 2               'Nivel de interrupción
dio%(2) = 1               'Nivel D.M.A
flag% = 0                 'Control de error
md% = 0                   'Modo 0 - Inicialización

CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)

IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error de instalación"
    STOP
END IF
REM Declaración del numero de canales a utilizar y secuencia de adquisición de datos

ncanal% = 3
dio%(0) = 0               ' Canal inferior
dio%(1) = 2               ' Canal superior
md% = 1                   ' Modo 1 - Elección de canales

CALL das16(md%, VARPTR(dio%(0)), flag%)

IF flag% <> 0 THEN
    PRINT "Error #"; flag%; " en elección de canales"
    STOP
END IF
PRINT "Inicializados "; ncanal%; " canales"

```

END SUB

SUB rotulo STATIC

```

CLS
LOCATE 1, 20
PRINT " Para salir apriete -- F1 --"
LOCATE 2, 20
PRINT "===== "

```

END SUB

## **ANEXO V.**

### **PROGRAMA DE DISCRIMINACION.**

En este programa se da una apreciación de forma secuencial de los posibles defectos encontrados en el cable. El mecanismo utilizado para ello consiste en ir desplazando una ventana de veinte centímetros de amplitud a lo largo del cable. En esta ventana entran solamente los datos una vez filtrados, sobre ellos se aplica una ponderación del tipo Hamming, y el resultado son los puntos que sirven de base para calcular los parámetros de la discriminación. Con estos parámetros se calculan las distancias a los grupos previamente definidos, y se asigna el punto a aquel grupo para el cual la distancia es menor.

La secuencia de operaciones sería la siguiente:

- 0.- Formar una ventana de quince centímetros de datos filtrados. Que sirva de inicialización.
- 1.- Añadir cinco centímetros de datos filtrados.
- 2.- Aplicar la ventana de ponderación Hamming, sobre los veinte centímetros de datos.
- 3.- Calcular los parámetros para la discriminación.
- 4.- Calcular las distancias a los grupos.

- 5.- Determinar el grupo de mayor probabilidad.
- 6.- Anotar las incidencias.
- 7.- Volver al paso 1, hasta que se agoten los datos.

El listado del programa es el siguiente:

Declaración de subrutinas y funciones:

```

DECLARE SUB clasifica (tipo$, probable!)
DECLARE SUB filtro2 (y0!, y1!, y2!)
DECLARE FUNCTION mediana! (a!, b!, c!)
DECLARE SUB filtro1 (y0!, y1!, y2!)

```

Dimensionado de matrices

```

DIM datoin(700), datoex(700), datoha(700), w(700)
DIM datoin0(700), datoex0(700), datoha0(700)

```

En estas matrices se almacenan los datos correspondientes a un metro de cable, se dimensionan vectores de datos de tipo real y longitud 700, aunque con una longitud de 2000/3 hubiese bastado. (Dos mil es el número de muestras de un metro, tres es el número de canales, dos para las bobinas y uno para las células Hall.

```

DIM c0(20), c1(20), c2(20)      Vectores instrumentales.
COMMON SHARED numero%
COMMON SHARED dat1%()
COMMON SHARED pasada$
COMMON SHARED tope, pi2, ventana, masa
COMMON SHARED datoin(), datoex(), datoha(), w()
COMMON SHARED c0(), c1(), c2()

```

```

' $DYNAMIC
DIM dat1%(3000)
' $STATIC

```

```

pi2 = 3.1415926# * 2

```

Asignación de constantes para la discriminación: Estas constantes

se obtienen tras ejecutar el programa de discriminación de la BMDP. En ellas se refleja los conocimientos que hasta ahora se conocen acerca de las distintas roturas. A medida que se vayan adquiriendo nuevos ejemplos de roturas se podrá incrementar la precisión de estas constantes.

```
a10 = .37052; a11 = .52495; a12 = 1.19738; a13 = 1.27743; a14 = .88081
a20 = -.33631; a21 = -.62895; a22 = -.29614; a23 = -.86914; a24 = -.99154
a30 = -.29856; a31 = -.05287; a32 = -.23687; a33 = .84963; a34 = -6.52295
a40 = -2.24975; a41 = -7.33086; a42 = -5.84645; a43 = -11.4038; a44 = 17.81915
a50 = .06491; a51 = .23364; a52 = .14252; a53 = .26168; a54 = .31882
a60 = .59467; a61 = .95007; a62 = .60214; a63 = 1.27138; a64 = 1.43759
a70 = .05939; a71 = -.07088; a72 = .06822; a73 = -.0201; a74 = .24526
c0 = -6.11653; c1 = -17.87517; c2 = -20.69331; c3 = -42.66284; c4 = -149.45836#
```

Asignación del número de pulsos que componen un metro de lecturas.

```
numero% = 2000
```

Determinación de la pasada y del número de metros a investigar.

```
READ pasada$
READ primermetro, ultimometro

rem Ejemplo de datos de entrada: Pasada canlds, primer metro 1, último metro 500

DATA "canlds",1,500
```

```
REM se compone la raíz de los nombres de los metros.
aa$ = "c:\cables\datos\" + pasada$ + "\"
```

```
REM determinacion del numero de punto equivalentes a centímetros.
```

```
tope = numero% \ 3 - 1
cinco = INT(tope * .05)
veinte = INT(tope * .2)
REM comprobación de que veinte es par
IF 2 * veinte \ 2 <> veinte THEN veinte = veinte - 1
diez = INT(tope * .1)
ventana = veinte
masa = 0
```

Cálculo de los coeficientes de ponderación de la ventana Hamming.

La variable masa se usará para normalizar las variables, media y energía .

```
FOR i = -ventana / 2 TO ventana / 2
  w(i + ventana / 2) = .5 + .5 * (COS(pi2 * (2 * i + 1) / (2 * (ventana - 1))))
  masa = masa + w(i + ventana / 2)
NEXT i
```

Comienzo del bucle princial: Desde el primer metro hasta el último, de metro en metro.

```
FOR metro = primermetro TO ultimometro
  REM inicializar los puntos liedos en un metro
  puntosleidos = 0
```

"Puntosleidos", es una variable que se inicializa cada metro, y en la que se almacena el número de puntos de un metro que ya se han leído, esto es necesario, dado que se debe evitar intentar leer más puntos de los que tiene un metro (el máximo de puntos de un metro se guarda en la variable "tope").

Debe recordarse que nos encontramos dentro de un bucle en el que se van leyendo datos de metro en metro, pero una ventana de puntos se extiende en una zona de veinte centímetros, de modo que en el tránsito de un metro a otro habrá una zona en la que la ventana toma puntos del metro precedente, y otras en la que toma puntos del metro posterior. Para salvar este inconveniente, en datoxx0() se almacenan en primer lugar los quince últimos centímetros del metro anterior. De esta forma, con otros cinco centímetros de datos leídos del nuevo metro se tendrán veinte centímetros de datos, diez a cada lado del origen del punto cero del nuevo metro.

```
REM se trasladan de sitio los diez ultimos centímetros leídos
FOR l = 1 TO quince
  datoin0(l) = datoin0(tope + quince)
  datoex0(l) = datoex0(tope + quince)
  datoah0(l) = datoah0(tope + quince)
NEXT l
```

Se sacan los puntos correspondientes a ese metro para conversión. Es preciso sacar los datos del metro entero, sin decodificar y trasladarlos a una matriz de datos dat1%().

```

LOCATE 1, 1: PRINT metro, pasada$
REM determinar el nombre del archivo nombre$
a$ = aa$ + "a" + MID$(STR$(metro \ 100), 2) + "\"
a$ = a$ + MID$(STR$(INT(metro)), 2)
REM se sacan los datos del fichero fuente
DEF SEG = VARSEG(dat1%(0))
BLOAD a$, VARPTR(dat1%(0))

```

Tambien se lee la velocidad a la que fueron gradados los datos, para proceder a la corrección de velocidad. Se ignoran velocidades inferiores a 0,5 m/s y superiores a 3 m/s, dado que se supone que la velocidad de grabación oscilará en torno al metro por segundo. Si la lectura se efectuara a otra velocidad, sería preciso corregir estos límites.

```

factor = dat1%(numero%) * .01
IF factor < .5 OR factor > 3 THEN factor = 1

```

En dat1%() se almacenan los datos de un metro, pero sin determinar a que canal corresponde cada dato y cual es la magnitud. Así en este bloque se desglosan los datos por canales: Bobinas interiores, exteriores y Hall. A medida que se van desglosando los datos se les afecta del factor de velocidad a las lecturas inductivas, en cambio a las lecturas del Hall se les corrige el cero.

La lectura se hace de metro en metro, y dentro de cada metro de tres en tres datos.

```

FOR j = 1 TO numero% - 4 STEP 3
  FOR i = j TO j + 3
    IF (15 AND dat1%(i)) = 0 THEN
      y0 = (((dat1%(i) / 16) AND 4095) - 2048) * factor
      GOTO sigue
    END IF
    IF (15 AND dat1%(i)) = 1 THEN
      y1 = (((dat1%(i) / 16) AND 4095) - 2048) * factor
      GOTO sigue
    END IF
    IF (15 AND dat1%(i)) = 2 THEN
      y2 = (((dat1%(i) / 16) AND 4095) - 2048) + cerohall
      GOTO sigue
    END IF
    sigue:
  NEXT i

```

Aquí ya están disponibles en y0, y1 e y2 un nuevo dato en cada uno de los tres canales. En caso de que hubiese habido un fallo en la secuencia de muestreo, uno de los datos sería repetición del precedente, esto no es significativo, puesto que se ha comprobado que los fallos en la secuencia ocurren muy esporádicamente, y además la siguiente etapa es justamente el filtrado, con lo cual no se afecta para nada este tipo de errores.

```
REM se mandan los tres puntos y0,y1 e y2 a los filtros
filtro1 y0, y1, y2
filtro2 y0, y1, y2
  Filtro1 es el filtro no lineal.
  Filtro2 es el filtro lineal.
puntosleidos = puntosleidos + 1
```

Los puntos una vez filtrados se guardan en las variables correspondientes para cada canal esto es: datoin0 (interiores), datoex0 (exteriores), datohall0 (Hall), pero apartir de los quince centímetros correspondientes al metro anterior, que se han colocado en primer lugar. (El 14 se resta para compensar el cero de la tarjeta).

```
datoin0(puntosleidos + quince) = y0 - 14
datoex0(puntosleidos + quince) = y1 - 14
datoha0(puntosleidos + quince) = y2 - 14
NEXT j
```

Ya se ha completado la lectura de un metro de datos, ahora de cinco en cinco centímetros se afectan las operaciones de clasificación. Los datos correspondientes a los quince últimos centímetros del metro anterior y el metro en curso se encuentran almacenados en la matrices datoxx0() (xx = interiores, exteriores o hall), para mandarlos al clasificador, se empaquetan en grupos

de veinte y se les afecta de la ponderacion, en las matrices datoxx()).

El proceso se empieza mandando el primer paquete de veinte centímetros para la posición  $x=-0,15$ , es decir faltando quince centímetros para completar el metro anterior, dado que como se ha comentado se han trasladado los quince últimos puntos de ese metro al principio de datoxx0(). Y se continua hasta  $x= 0.85$ , es decir faltando quince centímetros para el final.

```

FOR x = 0 TO .95 STEP .05
  REM se procede a aplicar la ventana y mandar los datos afuera
  FOR i = 0 TO ventana - 1
    sitio = x * ventana + i
    datoin(i) = datoin0(sitio) * w(i)
    datoex(i) = datoex0(sitio) * w(i)
    datoha(i) = datoha0(sitio) * w(i)
  NEXT i
  posición = metro + x - 0.15
  clasifica tipo$, probable

  IF tipo$ <> "0" THEN
    WRITE #2, pasada$, posicion, tipo$, probable
  END IF
  PRINT pasada$,
  PRINT USING "###.## "; metro + x;
  PRINT tipo$, probable
NEXT x

NEXT metro

```

Rutina de clasificación: en ella se calculan las variables, y las distancias a los grupos.

```

SUB clasifica (tipo$, probable) STATIC

SHARED a10, a20, a30, a40, a50, a60, a70
SHARED a11, a21, a31, a41, a51, a61, a71
SHARED a12, a22, a32, a42, a52, a62, a72
SHARED a13, a23, a33, a43, a53, a63, a73
SHARED a14, a24, a34, a44, a54, a64, a74
SHARED c0, c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7

  REM inicializacion de variables.
  max = datoin(0)
  min = datoin(0)
  duabs = 0
  du = 0
  suma = 0
  energia = 0
  umbral = 15
  suma1 = 0
  max1 = datoex(0)
  min1 = datoex(0)

  REM primero se determina si no es ruido usando solamente la energia, si no es ruido se siguen calculando
  variables.

  FOR i = 1 TO ventana - 1

```



```

    energia = energia + datoin(i) ^ 2
NEXT i

energia = energia ^ .5 / masa

IF energia < 5 THEN
    tipo$ = "0"
    EXIT SUB
ELSE
    FOR i = 1 TO ventana - 1
        IF max < datoin(i) THEN
            max = datoin(i)
        END IF
        IF min > datoin(i) THEN
            min = datoin(i)
        END IF

        suma = suma + datoin(i)
        IF ABS(datoin(i) - datoin(i - 1)) > umbral THEN
            du = du + 1
            duabs = duabs + ABS(datoin(i) - datoin(i - 1))
        END IF
    NEXT i
    media = suma / masa
    du = du * 100 / ventana
    duabs = duabs / ventana
    salto = (max - min)

    REM calculo del resto de parametros de las bob. exteriores
    FOR i = 1 TO ventana - 1
        IF max1 < datoex(i) THEN
            max1 = datoex(i)
        END IF
        IF min1 > datoex(i) THEN
            min1 = datoex(i)
        END IF
        suma1 = suma1 + datoex(i)
    NEXT i

    media1 = suma1 / masa
    salto1 = (max1 - min1)

```

### Cálculo de distancias:

```

dist0 = c0 + a10 * energia + a20 * media + a30 * du + a40 * duabs
dist0 = dist0 + a50 * salto + a60 * media1 + a70 * salto1

dist1 = c1 + a11 * energia + a21 * media + a31 * duabs + a41 * duabs
dist1 = dist1 + a51 * salto + a61 * media1 + a71 * salto1

dist2 = c2 + a12 * energia + a22 * media + a32 * du + a42 * duabs
dist2 = dist2 + a52 * salto + a62 * media1 + a72 * salto1

dist3 = c3 + a13 * energia + a23 * media + a33 * du + a43 * duabs
dist3 = dist3 + a53 * salto + a63 * media1 + a73 * salto1

dist4 = c4 + a14 * energia + a24 * media + a34 * du + a44 * duabs
dist4 = dist4 + a54 * salto + a64 * media1 + a74 * salto1
IF dist4 > 700 THEN dist4 = 700

prob0# = EXP(dist0)
prob1# = EXP(dist1)
prob2# = EXP(dist2)
prob3# = EXP(dist3)
prob4# = EXP(dist4)

probt# = prob0# + prob1# + prob2# + prob3# + prob4#
prob0# = prob0# / probt#
prob1# = prob1# / probt#
prob2# = prob2# / probt#
prob3# = prob3# / probt#
prob4# = prob4# / probt#
'PRINT USING "#.### "; prob0#; prob1#; prob2#; prob3#; prob4#

IF prob0# > .5 THEN tipo$ = "0": probable = prob0#: EXIT SUB

```

```

IF prob1# > .5 THEN tipo$ = "1": probable = prob1#: EXIT SUB
IF prob2# > .5 THEN tipo$ = "2": probable = prob2#: EXIT SUB
IF prob3# > .5 THEN tipo$ = "3": probable = prob3#: EXIT SUB
IF prob4# > .5 THEN tipo$ = "4": probable = prob4#: EXIT SUB
tipo$ = "?"

END IF

END SUB

```

### Filtro no lineal:

```

SUB filtro1 (y0, y1, y2) STATIC

REM actualización
y03 = y02
y02 = y01
y01 = y0
y0 = mediana(y01, y02, y03)
y13 = y12
y12 = y11
y11 = y1

y1 = mediana(y11, y12, y13)
y23 = y22
y22 = y21
y21 = y2
y2 = mediana(y21, y22, y23)

END SUB

```

### Filtro lineal:

```

SUB filtro2 (y0, y1, y2) STATIC

REM sea nvent el ancho de la ventana completa que será un número impar
REM de modo que (nvent-1)/2 es un número entero

nvent = 11

REM primero se actualizan los datos guardados

FOR i = 1 TO nvent - 1
c0(i) = c0(i + 1)
NEXT i
REM el último se hace igual al dato que entra
c0(nvent) = y0

y0 = 0
REM se hace el cálculo
FOR i = 1 TO nvent
  REM caso particular
  y0 = y0 + c0(i) / nvent
NEXT i

y0 = INT(y0)

REM para el canal dos bobinas exteriores

REM primero se actualizan los datos guardados

FOR i = 1 TO nvent - 1
c1(i) = c1(i + 1)
NEXT i
REM el último se hace igual al dato que entra
c1(nvent) = y1

y1 = 0
REM se hace el cálculo

```

implica la elección de los parámetros a comparar entre las bobinas externas e internas. Teniendo en cuenta como se ha planteado la solución al problema, se dispone de tres parejas de datos de ambas bobinas, susceptibles de ser comparados entre sí; estos parámetros son los siguientes: valor eficaz de las señales, valor medio, y valor de pico a pico; todos ellos calculados cada cinco centímetros de cable, y sobre una ventana de veinte centímetros, afectada de una ponderación del tipo Hamming de parámetro 0.5; se han calculado y observado las razones de excentricidad de estos tres parámetros, llegando a las siguientes conclusiones:

1.- La razón entre los valores medios no es conveniente usarla, dado que cuando las señales son pequeñas, estos valores están muy cercanos a cero, pudiendo dar una discrepancia grande entre las razones de excentricidad de puntos contiguos.

2.- Descartando la razón entre los valores medios, de los otros dos parámetros restantes se debe tomar como medida de la excentricidad la razón entre los valores de pico a pico en la ventana en cuestión, dado que esta relación será la que en principio nos de más aproximación.

3.- No tiene sentido evaluar la excentricidad de las señales en aquellas zonas donde no existan defectos, es decir donde sólo se tenga ruido. La razón es obvia.

4.- En los defectos francos, en los que se aprecia una zona central más o menos grande en cuanto a cuantía se refiere, flanqueada por dos zonas laterales, se ha observado como la razón de excentricidad afecta de distinta forma a las zonas laterales que a las centrales. El dato que se debe suministrar al experto que supervisa la realización del ensayo debe ser el correspondiente a las zonas centrales, dado que en ellas reside la verdadera naturaleza del defecto, y no sobre la zonas laterales, zonas que de un modo u otro son añadidas por el mecanismo de detección inductiva. En cualquier caso el dato objetivo resultante de la observación de las razones de excentricidad, en defectos francos localizados en el exterior del cable, indican que las zonas laterales del defecto estarían más profundas que la zona central, hecho que por supuesto no tiene sentido, dado que el defecto solamente se puede encontrar a una profundidad. Resulta pues verdaderamente preocupante que para un mismo defecto no se conserve la razón de proporcionalidad entre las señales inducidas en las bobinas externas e internas, si se comparan zonas del mismo defecto. Para poder explicar este hecho hemos de referirnos a lo apuntado en el apartado 3 de estas conclusiones parciales, al decir que no tiene sentido opinar sobre la excentricidad del ruido; realmente, las zonas que flanquean a un defecto son zonas contiguas al ruido; y lógicamente en ellas se manifestarán tanto los efectos del ruido como los efectos de los defectos. Hablando de una forma más ilustrativa, se podría

decir que es más fiable la información de las zonas centrales de los defectos, que la de las zonas laterales.

Por tanto y resumiendo, cuando se localice un defecto "central" de la cuantía que fuese, se deberá calcular y suministrar el dato de la excentricidad relativa respecto a la rotura de calibración más próxima. Este dato reflejará por tanto la excentricidad del fallo. Siendo de especial interés en los casos en los que se demuestre que el defecto es superficial. Efectivamente un hilo roto que sobresale del cable, induce una tensión realmente exagerada en las bobinas interiores, tensión que no corresponde en su amplitud con la pérdida de sección que la produce. En otras palabras la señal en las bobinas es muy aparatosa pero no lo es tanto la pérdida de sección. El mismo efecto nos encontramos cuando nos enfrentamos a una rotura muy interna, en este caso las señales inducidas tendrán una magnitud relativamente pequeña, que podría hacer pensar en un defecto menor de lo que realmente es; la razón de excentricidad relativa resolverá este dilema.

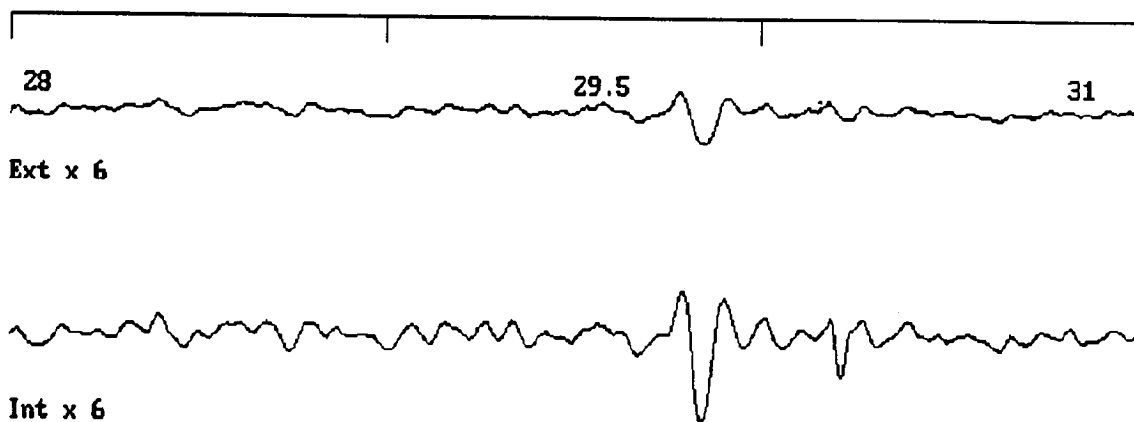
Aunque los datos de excentricidad relativa varían en un intervalo continuo, y de hecho se puede hacer una correlación entre el dato de la excentricidad y la profundidad del defecto, el disponer de este dato con una gran precisión, no es ni mucho menos decisivo de cara a la seguridad del cable. Aunque sí interesa saber si el defecto es externo o interno. Por ello se han determinado tres zonas: Defectos superficiales, (Excentricidad entre 0,8 y 1,1); Defectos sobresalientes, (Excentricidad

mayor de 1,1); y Defectos internos. (Excentricidad menor de 0,8). Estos márgenes se han determinado tras observación de los datos reales de varios cables.

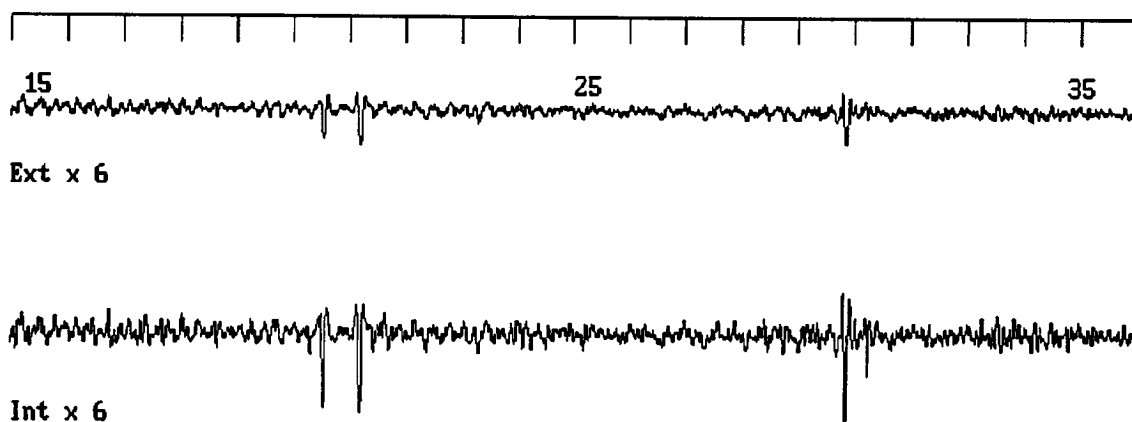
#### 4.2.5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Se han desarrollado tres grupos de programas para la presentación de los datos. Un primer grupo muestra en pantalla de una forma rápida las lecturas efectuadas, (Ver figuras 27 y 28). El tratamiento dado a los datos consiste solamente en la corrección de velocidad de las lecturas, de esta forma el operador puede de una forma rápida visualizar las lecturas e inspeccionar si lo cree oportuno de una forma directa las zonas en las que aparezcan mayor número de anomalías, o simplemente una observación dudosa. Así mismo se ha diseñado dentro de este grupo, un programa de búsqueda rápida de defectos, en el que solamente se localizan las zonas donde puede encontrarse alguna anomalía, pero sin entrar en la determinación del defecto en cuestión. Con ayuda de estos dos programas el operador puede en la propia mina obtener una primera impresión sobre el estado del cable de una forma rápida, y examinar, e incluso abrir el cable si lo considera oportuno.

Un segundo grupo de programas, con una carga de cálculo más elevada, se han diseñado para ser ejecutados en el gabinete, aunque si se desea puede ejecutarse en la misma mina, pero no en toda la extensión del cable, sino sólo en aquellas zonas donde se sospeche que puedan encontrarse defectos. En esencia estos programas repasan metro a metro todo el cable, realizando las rutinas de filtrado y discriminación expuestas en apartados anteriores, y tienen como salida un dato cada



**Figura 27. Presentación rápida de lecturas. (3 metros).**



**Figura 28. Presentación rápida de lecturas. (20 metros).**

cinco centímetros de cable, dando una opinión sobre el posible defecto que se puede encontrar en esa zona, la probabilidad de pertenencia al grupo más próximo, la excentricidad y la energía relativas respecto al defecto de calibración más próximo. Un ejemplo de una de estas salidas se presenta en figura 29.

Un tercer grupo de programas examina los datos suministra-



Pozo Posic. Tipo Prob. Exce. Energy.

=====						
Pozo	Posic.	Tipo	Prob.	Exce.	Energy	
CAN1dn	199.00	0	0.96			
CAN1dn	199.05	0	1.00			
CAN1dn	199.10	0	0.62			
CAN1dn	199.15	2	0.69	0.7	0.9	
CAN1dn	199.20	3	1.00	0.8	0.8	
CAN1dn	199.25	3	1.00	0.6	0.8	
CAN1dn	199.30	2	1.00	0.5	0.9	
CAN1dn	199.35	?	0.00			
CAN1dn	199.40	3	1.00	0.9	0.7	
CAN1dn	199.45	3	1.00	0.6	0.7	
CAN1dn	199.50	2	0.93	0.4	0.8	
CAN1dn	199.55	0	1.00			
CAN1dn	199.60	0	1.00			
CAN1dn	199.65	0	0.99			
CAN1dn	199.70	0	1.00			
CAN1dn	199.75	0	1.00			
CAN1dn	199.80	0	1.00			
CAN1dn	199.85	0	1.00			
CAN1dn	199.90	0	1.00			
CAN1dn	199.95	0	1.00			

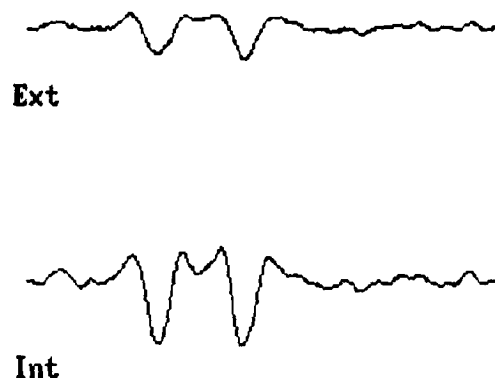


Figura 29. Análisis de un metro de cable.

dos por los programas anteriores, interpretando y dando una opinión sobre la naturaleza del defecto en concreto a que las secuencias de datos encontrados anteriormente conducen. Así se encontrarán salidas como la siguiente:

- Hilo roto exterior en la posición 45,45. Pérdida de sección estimada: 3.14 mm<sup>2</sup>
- Zona de entallas internas entre la posición 23.23 y 26.23. Pérdida de sección estimada 5.14 mm<sup>2</sup>
- Secuencia de dos hilos rotos entre las posiciones 126.40 y 126.55. Pérdida de sección estimada 6.28 mm<sup>2</sup>.

La redacción de estos mensajes se realiza en un lenguaje lo más próximo al que se deberá de emplear en el dictamen sobre

```

FOR i = 1 TO nvent
  y1 = y1 + c1(i) / nvent
NEXT i

y1 = INT(y1)

REM para el canal tres Hall

FOR i = 1 TO nvent - 1
  c2(i) = c2(i + 1)
NEXT i
REM el último se hace igual al dato que entra
c2(nvent) = y2

y2 = 0

REM se hace el cálculo
FOR i = 1 TO nvent
  REM caso particular
  y2 = y2 + c2(i) / nvent
NEXT i

y2 = INT(y2)

END SUB

FUNCTION mediana (a, b, c) STATIC

REM esta función calcula la mediana de los puntos a,b,c
IF ABS(a - c) = ABS(a - b) + ABS(b - c) THEN mediana = b: EXIT FUNCTION
IF ABS(b - c) = ABS(b - a) + ABS(a - c) THEN mediana = a: EXIT FUNCTION
mediana = c

END FUNCTION

```

## ANEXO VI. RESULTADOS PROGRAMA DISCRIMINACIÓN.

La base teórica se indica en el documento principal, aquí se van a reflejar tanto el programa concreto utilizado, como los resultados y datos de partida.

El paquete estadístico usado es el siguiente:

BMDP7M - STEPWISE DISCRIMINANT ANALYSIS.

BMDP STATISTICAL SOFTWARE, INC.

1964 WESTWOOD BLVD. SUITE 202

LOS ANGELES, CA 90025

(213) 475-5700

PROGRAM REVISED FOR PC VERSION MAY 1984

MANUAL REVISED -- 1983

COPYRIGHT (C) 1983 REGENTS OF UNIVERSITY OF CALIFORNIA

### Programa de control.

```
/ PROBLEM      TITLE IS 'ELECCION DEL TIPO DE defecto'.
/ INPUT        VARIABLES ARE 19.
                FORMAT IS '(T17,I5,I5,I5,I5,I5,I5,I5,I5,I5,
                I6,I5,I5,I5,I5,I5,I5,I5,I2)'.
                FILE IS 'PATROL.DAT'.
/ VARIABLE     NAMES ARE V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7,V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18,
                TIPO.
                GROUPING IS TIPO.
/ GROUP        CODES(19) ARE 0,1,2,3,4.
                NAMES(19) ARE NADA, CENTRAL1, LATERAL, CENTRAL3, CENTRAL4.
/ DISCRIMINAT LEVEL=1,2,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,0.
                FORCE=2.
/ PRINT        CORR.
/ END
```

### Variables usadas:

1 V1	2 V2	3 V3	4 V4	5 V5
6 V6	7 V7	8 V8	9 V9	10 V10
11 V11	12 V12	13 V13	14 V14	15 V15

	16 V16	17 V17	18 V18	19 TIPO		
TOLERANCIA . . . . .			0.010			
F-PARA ENTRAR. . . . .			4.000	4.000		
F-PARA ELIMINAR. . . . .			3.996	3.996		
METHOD . . . . .			1			
MAXIMO NIVEL FORZADO . . . . .			2			
MAXIMO NUMERO DE PASOS . . . . .			38			
NUMERO DE GRUPOS . . . . .			5			
PROBABILIDADES A PRIORI. . . . .	0.20000	0.20000	0.20000	0.20000	0.20000	0.20000
NUMERO DE CASOS LEIDOS. . . . .						514

Medias por grupos y variables:

VARIABLE	GRUPO = NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4	ALL GPS.
1 V1	3.75573	8.26471	11.00000	19.67924	37.83333	9.22957
2 V2	8.79008	-19.20588	29.05660	-45.44340	-74.83334	-1.04280
3 V3	0.05344	3.17647	4.98113	19.66981	34.00000	5.71790
4 V4	0.00763	0.61765	1.04717	4.30189	12.00000	1.28794
5 V5	56.19084	135.58824	171.16982	303.15094	599.50000	142.42607
6 V6	0.62595	-0.94118	0.75472	-1.19811	-4.83333	0.10895
7 V7	7.06870	16.00000	23.39623	41.43396	77.66666	18.93774
8 V8	5.33969	15.20588	19.36792	39.26415	77.50000	16.72374
9 V9	3.55725	8.79412	9.91509	16.52830	35.83333	8.26654
10 V10	2.37023	3.52941	5.85849	8.56604	16.66667	4.61090
11 V11	8.28244	-7.29412	17.48113	-21.19811	-38.66667	2.52140
12 V12	1.78626	5.26471	13.43396	25.64151	44.50000	9.83658
13 V13	0.05344	0.26471	0.94340	1.99057	5.33333	0.71206
14 V14	34.33969	55.58823	87.69811	127.39622	247.00000	68.42218
15 V15	1.53817	-2.47059	1.48113	-0.21698	-4.83333	0.82490
16 V16	4.43893	7.88235	12.94340	19.62264	37.83333	9.94163
17 V17	3.01908	5.97059	9.75472	15.80189	31.16667	7.56809
18 V18	2.03435	2.41176	4.00000	4.51887	9.66667	3.06615
COUNTS	262.	34.	106.	106.	6.	514.

Desviaciones estandar por grupos y variables:

VARIABLE	GRUPO = NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4	ALL GPS.
1 V1	1.55409	2.09341	4.45720	3.78857	6.33772	2.99604
2 V2	14.57461	14.56600	18.35202	27.09422	52.26631	19.24639
3 V3	0.52249	5.11368	7.40911	7.07204	3.28634	4.85620
4 V4	0.12356	1.01548	1.75327	1.88311	1.89737	1.21477
5 V5	22.10221	37.29337	76.15678	53.56826	39.69257	46.30901
6 V6	24.41667	22.11532	19.59583	19.47326	18.89356	22.32387
7 V7	3.93373	4.07505	10.42130	8.34953	13.92360	6.90655
8 V8	3.16516	5.38111	10.21141	7.95500	13.29286	6.58137
9 V9	2.09966	4.77226	4.43174	5.25032	6.76511	3.73159
10 V10	0.97691	0.86112	2.09052	1.60368	2.25093	1.42101
11 V11	9.29242	8.80953	10.93377	14.74702	27.74647	11.24253
12 V12	2.97372	4.75655	10.00383	7.19416	4.37035	6.12454
13 V13	0.24174	0.51102	0.99360	0.74954	0.51640	0.60751
14 V14	12.42029	12.29219	33.56108	20.90599	14.87279	20.33669
15 V15	24.81063	25.51914	21.46014	22.15487	20.99921	23.63162
16 V16	2.39133	1.98120	5.04424	3.88024	4.53505	3.42688
17 V17	1.58405	2.08145	4.35958	2.82984	4.07022	2.70239
18 V18	1.19175	1.45888	1.92230	1.92839	4.63321	1.61447

Coefficientes de variación:

VARIABLE	GRUPO = NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4	ALL GPS.
1 V1	0.41379	0.25329	0.40520	0.19252	0.16752	0.32461
2 V2	1.65808	-0.75841	0.63160	-0.59622	-0.69844	-18.45643
3 V3	9.77803	1.60986	1.48743	0.35954	0.09666	0.84930
4 V4	16.18641	1.64411	1.67429	0.43774	0.15811	0.94319
5 V5	0.39334	0.27505	0.44492	0.17670	0.06621	0.32514

6 V6	39.00712	-23.49753	25.96447	-16.25327	-3.90901	204.90120
7 V7	0.55650	0.25469	0.44543	0.20151	0.17927	0.36470
8 V8	0.59276	0.35388	0.52723	0.20260	0.17152	0.39353
9 V9	0.59025	0.54267	0.44697	0.31766	0.18879	0.45141
10 V10	0.41216	0.24398	0.35684	0.18721	0.13506	0.30819
11 V11	1.12194	-1.20776	0.62546	-0.69568	-0.71758	4.45884
12 V12	1.66478	0.90348	0.74467	0.28057	0.09821	0.62263
13 V13	4.52392	1.93052	1.05322	0.37655	0.09682	0.85317
14 V14	0.36169	0.22113	0.38269	0.16410	0.06021	0.29722
15 V15	16.12999	-10.32917	14.48901	-102.10506	-4.34466	28.64777
16 V16	0.53872	0.25135	0.38972	0.19774	0.11987	0.34470
17 V17	0.52468	0.34862	0.44692	0.17908	0.13060	0.35708
18 V18	0.58581	0.60490	0.48058	0.42674	0.47930	0.52655

### Matriz de correlaciones:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
V1	1.00000								
V2	-0.16894	1.00000							
V3	0.79151	-0.20493	1.00000						
V4	0.81090	-0.23498	0.95176	1.00000					
V5	0.90364	-0.09759	0.82581	0.83875	1.00000				
V6	-0.04186	-0.00025	-0.02428	-0.02774	-0.04361	1.00000			
V7	0.93263	-0.15139	0.68008	0.67182	0.80711	-0.01940	1.00000		
V8	0.89148	-0.22603	0.81301	0.84010	0.93228	-0.03967	0.76993	1.00000	
V9	0.55869	-0.01686	0.63887	0.69766	0.73092	-0.03917	0.32641	0.63604	1.00000
V10	0.88825	-0.00727	0.62867	0.63022	0.74878	-0.03773	0.88512	0.69366	0.37248
V11	-0.19147	0.96497	-0.21545	-0.24217	-0.14676	0.04575	-0.17133	-0.26508	-0.06357
V12	0.74747	-0.11928	0.70909	0.67606	0.76415	-0.04759	0.69303	0.71302	0.47422
V13	0.71462	-0.10412	0.72069	0.71325	0.74835	-0.01641	0.64501	0.69474	0.52207
V14	0.80946	0.01623	0.67488	0.65909	0.86405	-0.03264	0.79033	0.76171	0.52007
V15	-0.06758	-0.04325	-0.03125	-0.02653	-0.07805	0.80442	-0.05533	-0.05749	-0.03848
V16	0.86131	0.00084	0.57154	0.56347	0.72364	0.00198	0.94169	0.64557	0.27448
V17	0.83544	-0.09546	0.72779	0.73800	0.87756	-0.05057	0.76720	0.87422	0.55487
V18	0.23225	0.08589	0.29474	0.30421	0.38635	-0.06728	0.07926	0.28965	0.55747

	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
V10	1.00000								
V11	-0.01664	1.00000							
V12	0.73795	-0.13465	1.00000						
V13	0.69966	-0.12435	0.87698	1.00000					
V14	0.84247	-0.01947	0.84025	0.81713	1.00000				
V15	-0.07203	0.00758	-0.06161	-0.02299	-0.08398	1.00000			
V16	0.92793	-0.01756	0.65613	0.61013	0.79803	-0.04899	1.00000		
V17	0.78850	-0.13591	0.79229	0.77545	0.90319	-0.08907	0.72076	1.00000	
V18	0.27785	0.06204	0.44207	0.49877	0.53183	-0.10546	0.09272	0.41809	1.00000

Ahora se inicia el proceso mediante el cual se van adicionando variables al mecanismo discriminador, hasta que la inclusión de una variable adicional no represente una discriminación adicional.

### Paso 0

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	510		*	DF = 4	509		*
			*	1 V1	687.87	1	1.00000
			*	2 V2	252.56	2	1.00000
			*	3 V3	361.67	3	1.00000

* 4 V4	356.15	3	1.00000
* 5 V5	702.87	3	1.00000
* 6 V6	0.24	3	1.00000
* 7 V7	595.64	3	1.00000
* 8 V8	639.46	3	1.00000
* 9 V9	321.42	3	1.00000
* 10 V10	501.47	3	1.00000
* 11 V11	208.69	3	1.00000
* 12 V12	351.57	3	1.00000
* 13 V13	289.60	3	1.00000
* 14 V14	549.67	3	1.00000
* 15 V15	0.38	3	1.00000
* 16 V16	503.15	3	1.00000
* 17 V17	566.32	3	1.00000
* 18 V18	83.54	3	1.00000

El parámetro F representa el poder discriminante a priori de cada una de las variables: como se observa las variables V5 y V1 son las que poseen un F mayor. En la ejecución del programa a pesar de que V5 tiene una F superior, se ha forzado como primera variable a introducir la V1, pues ambas variables, según se observa en la matriz de correlaciones presentan prácticamente la misma información.

Paso 1. (Introducción forzada de V1).

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN.	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA
1 V1	687.87	1	1.00000	*	2 V2	131.14	2	0.97146
				*	3 V3	44.82	3	0.37352
				*	4 V4	65.24	3	0.34245
				*	5 V5	9.13	3	0.18343
				*	6 V6	0.15	3	0.99825
				*	7 V7	4.76	3	0.13020
				*	8 V8	7.43	3	0.20526
				*	9 V9	6.71	3	0.68786
				*	10 V10	33.31	3	0.21102
				*	11 V11	98.95	3	0.96334
				*	12 V12	12.13	3	0.44129
				*	13 V13	14.75	3	0.48932
				*	14 V14	22.51	3	0.34477
				*	15 V15	0.53	3	0.99543
				*	16 V16	20.57	3	0.25815
				*	17 V17	12.11	3	0.30204
				*	18 V18	9.28	3	0.94606

Se observa que al introducir la variable V1, se produce un gran aclarado en el resto de las variables, así por ejemplo la variable V5 que poseía un peso muy grande en el paso cero, ahora prácticamente es irrelevante, esto es lógico, dado que como se mencionó V1 y V5 están correlacionadas.

En los siguientes pasos, el programa estadístico va introduciendo las variables con mayor poder de discriminación, eligiendo la variable a introducir por el valor del estadístico F, así por ejemplo, en la tabla precedente, se observa que una vez eliminada V1, la siguiente variable como F mayor es V2, que es precisamente la variable que se introduce en el paso 2.

Paso 2. (Introducción de V2)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
1 V1	427.00	1	0.97146 *	3 V3	27.53	3	0.36830
2 V2	131.14	2	0.97146 *	4 V4	52.03	3	0.33256
				* 5 V5	10.93	3	0.18031
				* 6 V6	0.15	3	0.99819
				* 7 V7	3.48	3	0.13016
				* 8 V8	1.37	3	0.19940
				* 9 V9	7.43	3	0.68167
				* 10 V10	6.07	3	0.19003
				* 11 V11	9.16	3	0.06801
				* 12 V12	10.73	3	0.44124
				* 13 V13	13.81	3	0.48904
				* 14 V14	7.47	3	0.32068
				* 15 V15	0.79	3	0.99236
				* 16 V16	1.94	3	0.23610
				* 17 V17	6.27	3	0.29990
				* 18 V18	4.57	3	0.92994

Paso 3. (Introducción de V4)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
1 V1	197.06	1	0.34195 *	3 V3	152.23	3	0.09269
2 V2	113.31	2	0.94342 *	5 V5	28.62	3	0.14290
4 V4	52.03	3	0.33256 *	* 6 V6	0.16	3	0.99810
				* 7 V7	5.32	3	0.10903
				* 8 V8	10.70	3	0.16329
				* 9 V9	25.31	3	0.49005
				* 10 V10	13.47	3	0.17282
				* 11 V11	8.71	3	0.06785
				* 12 V12	13.98	3	0.42623
				* 13 V13	3.63	3	0.43388
				* 14 V14	7.84	3	0.31969
				* 15 V15	0.95	3	0.99080
				* 16 V16	8.47	3	0.19266
				* 17 V17	9.66	3	0.28713
				* 18 V18	6.62	3	0.88029

Paso 4. (Introducción de V3)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
DF = 4	506			DF = 4	505		
1 V1	159.38	1	0.33798 *	5 V5	27.97	3	0.14106
2 V2	107.51	2	0.94014 *	* 6 V6	0.15	3	0.99798
3 V3	152.23	3	0.09269 *	* 7 V7	8.50	3	0.10528
4 V4	196.47	3	0.08369 *	* 8 V8	9.12	3	0.16324
				* 9 V9	27.47	3	0.48191
				* 10 V10	11.99	3	0.17256

*	11 V11	8.50	3	0.06781
*	12 V12	5.63	3	0.39515
*	13 V13	7.08	3	0.42214
*	14 V14	10.98	3	0.31069
*	15 V15	0.95	3	0.99073
*	16 V16	8.67	3	0.19159
*	17 V17	9.67	3	0.28593
*	18 V18	6.55	3	0.88019

### Paso 5. (Introducción de V5)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	505			*	DF = 4	504		*
1 V1	9.81	1	0.17084	*	6 V6	0.19	3	0.99757
2 V2	110.86	2	0.89409	*	7 V7	6.57	3	0.10450
3 V3	150.86	3	0.09149	*	8 V8	3.58	3	0.10070
4 V4	198.16	3	0.08162	*	9 V9	10.10	3	0.34122
5 V5	27.97	3	0.14106	*	10 V10	9.06	3	0.16270
				*	11 V11	12.72	3	0.06196
				*	12 V12	8.79	3	0.37208
				*	13 V13	9.30	3	0.40328
				*	14 V14	11.48	3	0.21894
				*	15 V15	1.16	3	0.98756
				*	16 V16	7.01	3	0.18748
				*	17 V17	8.70	3	0.21964
				*	18 V18	2.54	3	0.76790

### Paso 6. (Introducción de V11)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	504			*	DF = 4	503		*
1 V1	9.61	1	0.16750	*	6 V6	0.51	3	0.96751
2 V2	32.88	2	0.06012	*	7 V7	6.58	3	0.10446
3 V3	148.88	3	0.09148	*	8 V8	3.26	3	0.10027
4 V4	199.95	3	0.08087	*	9 V9	10.41	3	0.34009
5 V5	32.76	3	0.12889	*	10 V10	9.64	3	0.16092
11 V11	12.72	3	0.06196	*	12 V12	9.71	3	0.36934
				*	13 V13	9.35	3	0.40290
				*	14 V14	12.47	3	0.21658
				*	15 V15	1.56	3	0.95873
				*	16 V16	7.08	3	0.18712
				*	17 V17	8.33	3	0.21961
				*	18 V18	2.70	3	0.76650

### Paso 7 (Introducción V14).

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	503			*	DF = 4	502		*
1 V1	8.10	1	0.16017	*	6 V6	0.50	3	0.96750
2 V2	33.20	2	0.05993	*	7 V7	3.16	3	0.09655
3 V3	153.06	3	0.09001	*	8 V8	3.87	3	0.09627
4 V4	213.35	3	0.07604	*	9 V9	7.42	3	0.32259
5 V5	34.61	3	0.09038	*	10 V10	1.40	3	0.08097
11 V11	13.72	3	0.06130	*	12 V12	6.09	3	0.24368
14 V14	12.47	3	0.21658	*	13 V13	2.41	3	0.26012
				*	15 V15	1.63	3	0.95803
				*	16 V16	2.53	3	0.14122
				*	17 V17	4.91	3	0.13527
				*	18 V18	1.93	3	0.55734



Paso 8. (Introducción V9)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
DF = 4 502				DF = 4 501			
1 V1	12.01	1	0.13784 *	6 V6	0.51	3	0.96742
2 V2	33.49	2	0.05959 *	7 V7	0.38	3	0.06333
3 V3	156.51	3	0.08652 *	8 V8	4.81	3	0.09095
4 V4	219.94	3	0.06784 *	10 V10	1.36	3	0.08097
5 V5	12.55	3	0.06404 *	12 V12	6.08	3	0.24337
9 V9	7.42	3	0.32259 *	13 V13	3.01	3	0.25776
11 V11	13.83	3	0.06122 *	15 V15	1.58	3	0.95778
14 V14	9.43	3	0.20544 *	16 V16	1.44	3	0.12550
				17 V17	5.57	3	0.13401
				18 V18	0.21	3	0.35231

Paso 9. (Introducción V12).

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
DF = 4 501				DF = 4 500			
1 V1	11.68	1	0.13701 *	6 V6	0.60	3	0.96500
2 V2	34.29	2	0.05926 *	7 V7	0.43	3	0.06143
3 V3	121.01	3	0.08224 *	8 V8	4.20	3	0.09058
4 V4	209.16	3	0.06755 *	10 V10	1.32	3	0.08096
5 V5	10.16	3	0.06312 *	13 V13	6.02	3	0.17934
9 V9	7.40	3	0.32217 *	15 V15	1.59	3	0.95766
11 V11	13.91	3	0.06116 *	16 V16	0.64	3	0.12076
12 V12	6.08	3	0.24337 *	17 V17	5.21	3	0.13384
14 V14	6.73	3	0.13685 *	18 V18	0.16	3	0.35132

Paso 10. (Introducción V13)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
DF = 4 500				DF = 4 499			
1 V1	10.52	1	0.13645 *	6 V6	0.67	3	0.96156
2 V2	33.98	2	0.05908 *	7 V7	0.45	3	0.06139
3 V3	108.71	3	0.08218 *	8 V8	4.16	3	0.09056
4 V4	132.54	3	0.06464 *	10 V10	1.34	3	0.08094
5 V5	9.94	3	0.06148 *	15 V15	1.81	3	0.95101
9 V9	8.07	3	0.31953 *	16 V16	0.77	3	0.12024
11 V11	13.70	3	0.06091 *	17 V17	5.04	3	0.13384
12 V12	9.15	3	0.16932 *	18 V18	0.15	3	0.34729
13 V13	6.02	3	0.17934 *				
14 V14	4.26	3	0.12204 *				

Paso 11 (Introducción V17)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL FORZADO	TOLERAN. *	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL FORZADO	TOLERANCIA *
DF = 4 499				DF = 4 498			
1 V1	9.48	1	0.13603 *	6 V6	0.72	3	0.96088
2 V2	32.87	2	0.05879 *	7 V7	0.98	3	0.05762
3 V3	110.94	3	0.08122 *	8 V8	1.17	3	0.06157
4 V4	137.01	3	0.06265 *	10 V10	1.28	3	0.08090
5 V5	10.38	3	0.05994 *	15 V15	1.90	3	0.95018
9 V9	8.76	3	0.31648 *	16 V16	0.61	3	0.11237
11 V11	13.12	3	0.06030 *	18 V18	0.19	3	0.34645
12 V12	8.55	3	0.16919 *				
13 V13	5.85	3	0.17934 *				
14 V14	3.95	3	0.09301 *				
17 V17	5.04	3	0.13384 *				

En esta tabla se observa como al introducir la variable V17, el

peso de la V14, representado por el valor del estadístico F, desciende por debajo de 4, es el límite para incluir o no una variable, por ello en el paso siguiente, se elimina la variable V14.

### Paso 12. (Eliminación V14)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	500		*	DF = 4	499		*
1 V1	9.46	1	0.13610 *	6 V6	0.72	3	0.96115
2 V2	33.03	2	0.05888 *	7 V7	1.48	3	0.06453
3 V3	115.33	3	0.08122 *	8 V8	2.35	3	0.08286
4 V4	132.45	3	0.06559 *	10 V10	4.10	3	0.11729
5 V5	14.27	3	0.07108 *	14 V14	3.95	3	0.09301
9 V9	10.23	3	0.32341 *	15 V15	1.91	3	0.95054
11 V11	13.44	3	0.06109 *	16 V16	2.41	3	0.15393
12 V12	7.33	3	0.17824 *	18 V18	1.09	3	0.46882
13 V13	9.38	3	0.19528 *				
17 V17	5.35	3	0.17561 *				

Al eliminar V14, el peso de V10 supera el límite de 4, para entrar a formar parte del sistema de discriminación. Por ello se incluye en el paso siguiente.

### Paso 13. (Introducción V10)

VARIABLE	F PARA QUITAR	NIVEL TOLERAN. FORZADO	*	VARIABLE	F PARA ENTRAR	NIVEL TOLERANCIA FORZADO	*
DF = 4	499		*	DF = 4	498		*
1 V1	7.14	1	0.05600 *	6 V6	0.71	3	0.96101
2 V2	32.98	2	0.05888 *	7 V7	1.05	3	0.06008
3 V3	109.38	3	0.08118 *	8 V8	1.33	3	0.06527
4 V4	134.88	3	0.06489 *	14 V14	1.14	3	0.06416
5 V5	14.92	3	0.06377 *	15 V15	1.90	3	0.95007
9 V9	9.31	3	0.32114 *	16 V16	0.35	3	0.09413
10 V10	4.10	3	0.11729 *	18 V18	0.42	3	0.44606
11 V11	12.99	3	0.06051 *				
12 V12	8.04	3	0.17525 *				
13 V13	7.53	3	0.19082 *				
17 V17	5.27	3	0.16201 *				

En este punto el proceso se da por finalizado, dado que no hay ninguna variable de las excluidas con un F superior a 4.

Coeficientes de la función de clasificación:

GRUPO =	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
VARIABLE					
1 V1	-0.50360	0.31259	0.58294	0.64083	-2.49234
2 V2	-0.38600	-0.69875	-0.36416	-0.94938	-1.12544
3 V3	0.12913	0.59758	0.35156	1.58879	-5.59705
4 V4	-3.88087	-9.82788	-8.44703	-14.17365	13.99706
5 V5	0.08306	0.18463	0.10686	0.20704	0.52530
9 V9	0.52454	0.97305	0.96443	1.12940	0.28799
10 V10	2.64121	2.03499	2.57904	2.89924	8.20336
11 V11	0.62688	0.99564	0.65971	1.32542	1.52395
12 V12	-0.30134	-0.50987	-0.22294	-0.42638	-1.71734
13 V13	-2.01546	-2.69096	-3.65149	-4.73728	7.61372
17 V17	0.23673	0.11350	0.88530	0.70882	-0.41580
CONSTANTE	-7.98310	-22.92131	-24.32357	-49.12902	-162.53513

Matriz de clasificación:

GRUPO PORCENT. NUMERO DE CASOS CLASIFICADOS EN GRUPOS CORRESTOS.

GRUPO	PORCENT.	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
NADA	93.1	244	6	12	0	0
CENTRAL1	91.2	2	31	1	0	0
LATERAL	84.9	8	5	90	3	0
CENTRAL3	90.6	0	7	2	96	1
CENTRAL4	100.0	0	0	0	0	6
TOTAL	90.9	254	49	105	99	7

Tabla resumen:

PASO NUMERO	VARIABLE INTRODUCIDA	VALOR DE F	NUMERO DE VARIABLES	U-ESTADISTICO	VALOR APROXIMADO DE F	GRADOS DE LIBERTAD
1	V1	687.8707	1	0.1561	687.871	4.00
2	V2	131.1432	2	0.0768	331.262	8.00
3	V4	52.0255	3	0.0545	224.093	12.00
4	V3	152.2283	4	0.0247	227.882	16.00
5	V5	27.9698	5	0.0202	187.826	20.00
6	V11	12.7210	6	0.0184	157.215	24.00
7	V14	12.4674	7	0.0167	136.792	28.00
8	V9	7.4208	8	0.0158	120.445	32.00
9	V12	6.0780	9	0.0151	107.740	36.00
10	V13	6.0211	10	0.0144	97.822	40.00
11	V17	5.0405	11	0.0138	89.607	44.00
12	V14	3.9534	10	0.0142	98.145	40.00
13	V10	4.1029	11	0.0138	89.648	44.00

Análisis de las clasificaciones erróneas.

GRUPO	CLASIFICACIONES INCORRECTAS		DISTANCIA DE MAHALANOBIS Y PROBABILIDAD A POSTERIORI DE CADA UNO DE LOS GRUPOS.				
	NADA		NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
CASO							
1			5.9 0.999	22.1 0.000	22.3 0.000	61.9 0.000	257.2 0.000
6			2.3 0.999	19.5 0.000	16.6 0.001	56.2 0.000	255.7 0.000
7			1.0 0.999	16.4 0.000	19.0 0.000	55.1 0.000	260.6 0.000
13			7.2 1.000	28.3 0.000	27.5 0.000	68.7 0.000	266.7 0.000
14			2.4 0.947	8.2 0.052	15.4 0.001	43.5 0.000	242.7 0.000
15		CENTRAL1	6.4 0.371	5.4 0.627	17.2 0.002	36.4 0.000	236.0 0.000
16			4.3 0.997	16.1 0.003	23.2 0.000	53.9 0.000	246.7 0.000
17			2.6 1.000	22.1 0.000	22.3 0.000	63.5 0.000	274.8 0.000
18			3.4 0.994	15.2 0.003	14.7 0.004	50.7 0.000	251.1 0.000
19			5.3 0.859	9.9 0.088	10.9 0.053	44.5 0.000	239.5 0.000
20			21.4 0.772	23.8 0.227	37.0 0.000	62.4 0.000	263.8 0.000
21			8.9 0.941	14.5 0.059	26.5 0.000	52.1 0.000	261.5 0.000
22			2.6 1.000	19.1 0.000	24.8 0.000	61.5 0.000	274.2 0.000
23			4.8 1.000	21.3 0.000	27.7 0.000	62.3 0.000	275.0 0.000

24		1.7	1.000	20.0	0.000	21.4	0.000	61.2	0.000	266.7	0.000
25	CENTRAL1	7.6	0.444	7.1	0.555	18.9	0.002	37.6	0.000	235.4	0.000
31	CENTRAL1	9.6	0.249	7.5	0.733	14.9	0.018	38.7	0.000	239.4	0.000
32	CENTRAL1	6.2	0.338	4.9	0.651	13.1	0.011	36.4	0.000	237.6	0.000
33		5.2	0.974	12.5	0.026	22.0	0.000	49.4	0.000	262.2	0.000
34		8.1	0.996	19.0	0.004	28.6	0.000	56.2	0.000	259.1	0.000
37	CENTRAL1	9.3	0.253	7.2	0.715	13.5	0.031	37.4	0.000	238.6	0.000
38		4.0	0.796	6.9	0.186	11.6	0.018	37.5	0.000	231.4	0.000
43	LATERAL	9.0	0.262	13.8	0.023	7.0	0.715	44.2	0.000	238.1	0.000
44		3.6	0.999	16.7	0.001	24.4	0.000	60.2	0.000	264.9	0.000
45		1.9	0.998	20.1	0.000	14.9	0.002	59.5	0.000	261.4	0.000
49		6.4	0.768	14.2	0.015	8.9	0.217	44.7	0.000	244.2	0.000
50		3.0	1.000	18.6	0.000	25.7	0.000	59.8	0.000	274.1	0.000
51		1.3	0.996	12.6	0.003	18.3	0.000	50.0	0.000	249.6	0.000
52	LATERAL	13.2	0.275	21.9	0.004	11.3	0.722	50.3	0.000	236.5	0.000
57		1.5	0.996	12.5	0.004	18.2	0.000	49.5	0.000	249.1	0.000
58		3.5	1.000	20.8	0.000	27.2	0.000	63.1	0.000	276.2	0.000
59		5.9	1.000	26.3	0.000	34.1	0.000	72.1	0.000	278.7	0.000
60		2.1	0.999	21.1	0.000	16.5	0.001	60.4	0.000	262.4	0.000
65		2.8	0.996	17.6	0.001	14.3	0.003	55.0	0.000	259.7	0.000
66	LATERAL	13.5	0.297	21.6	0.005	11.8	0.698	53.6	0.000	242.2	0.000
78		7.5	0.996	18.8	0.004	27.5	0.000	56.6	0.000	265.1	0.000
79		4.8	0.997	16.3	0.003	26.9	0.000	53.6	0.000	265.5	0.000
80		4.1	0.996	15.4	0.003	20.4	0.000	56.7	0.000	275.0	0.000
83		3.3	0.956	11.5	0.016	10.4	0.028	44.3	0.000	241.4	0.000
84		2.9	0.983	11.2	0.015	15.1	0.002	48.7	0.000	259.7	0.000
89		6.8	0.973	23.8	0.000	14.0	0.027	61.0	0.000	262.3	0.000
90		3.2	0.997	15.2	0.003	18.1	0.001	50.9	0.000	259.4	0.000
91		7.6	0.965	20.5	0.001	14.3	0.033	52.1	0.000	251.7	0.000
93		6.3	0.942	13.2	0.030	13.3	0.029	44.7	0.000	243.4	0.000
94		2.1	0.999	16.8	0.001	21.4	0.000	57.6	0.000	256.9	0.000
100		2.0	0.999	18.2	0.000	16.3	0.001	55.6	0.000	254.0	0.000
101		5.1	0.974	12.4	0.026	23.5	0.000	50.8	0.000	256.8	0.000
102		13.4	0.875	24.5	0.003	17.4	0.121	53.6	0.000	239.2	0.000
107		2.5	1.000	25.7	0.000	23.9	0.000	69.1	0.000	278.2	0.000
108		3.9	1.000	27.1	0.000	24.7	0.000	68.9	0.000	286.3	0.000
109		9.9	0.979	27.2	0.000	17.7	0.020	67.6	0.000	280.8	0.000
110	LATERAL	22.3	0.001	9.4	0.360	8.2	0.639	21.1	0.001	184.0	0.000
113	LATERAL	6.5	0.336	6.9	0.279	6.2	0.385	36.1	0.000	237.7	0.000
114		2.8	1.000	19.3	0.000	26.0	0.000	62.3	0.000	279.3	0.000
115		1.2	1.000	18.8	0.000	17.3	0.000	59.9	0.000	267.6	0.000
125		2.0	1.000	20.7	0.000	20.8	0.000	60.9	0.000	270.7	0.000
126		2.5	0.999	20.2	0.000	17.1	0.001	60.5	0.000	268.2	0.000
131	LATERAL	17.0	0.353	24.8	0.007	15.8	0.640	59.0	0.000	269.3	0.000
132		1.9	0.994	12.5	0.005	16.2	0.001	51.7	0.000	254.0	0.000
137		5.0	0.954	13.6	0.013	11.7	0.033	49.5	0.000	262.1	0.000
138		3.9	0.976	11.4	0.023	18.8	0.001	48.3	0.000	248.5	0.000
143		14.7	0.618	25.8	0.002	15.7	0.380	57.8	0.000	245.2	0.000
144		9.2	1.000	33.8	0.000	37.6	0.000	83.3	0.000	292.2	0.000
145		2.7	1.000	25.0	0.000	22.7	0.000	66.7	0.000	276.5	0.000
146		3.0	0.999	22.9	0.000	18.1	0.001	63.7	0.000	265.9	0.000
151		2.5	0.948	8.4	0.049	13.7	0.004	44.8	0.000	244.5	0.000
152		4.8	0.983	14.9	0.006	13.9	0.011	52.1	0.000	256.9	0.000
157		4.6	0.975	17.7	0.001	12.0	0.024	52.8	0.000	254.7	0.000
158		4.1	1.000	26.9	0.000	30.8	0.000	73.0	0.000	284.1	0.000
159		6.3	0.932	21.7	0.000	11.5	0.068	56.9	0.000	277.2	0.000
164		0.8	0.999	15.7	0.001	17.9	0.000	54.9	0.000	262.0	0.000
165		2.1	0.999	16.8	0.001	23.4	0.000	58.8	0.000	270.1	0.000
166		3.3	0.997	14.9	0.003	20.6	0.000	56.4	0.000	269.6	0.000
167		3.0	0.997	17.8	0.001	15.3	0.002	56.7	0.000	268.5	0.000
172	LATERAL	9.2	0.149	16.0	0.005	5.7	0.846	43.8	0.000	249.4	0.000
173		3.6	1.000	22.3	0.000	27.0	0.000	65.2	0.000	280.1	0.000
174		2.4	0.999	16.1	0.001	19.3	0.000	52.5	0.000	258.8	0.000
175		5.0	0.937	12.9	0.019	11.1	0.044	42.8	0.000	244.7	0.000
180		4.0	0.996	20.0	0.000	15.3	0.003	54.8	0.000	256.4	0.000
181		6.5	1.000	27.9	0.000	29.9	0.000	68.8	0.000	277.4	0.000
182		5.1	1.000	27.5	0.000	24.0	0.000	67.8	0.000	281.0	0.000
183		6.7	0.912	12.5	0.052	13.2	0.036	45.7	0.000	251.2	0.000
188		10.0	0.896	16.6	0.033	15.1	0.070	45.7	0.000	253.8	0.000
189		3.6	0.987	14.2	0.005	13.2	0.008	48.9	0.000	249.3	0.000
190		4.0	0.999	19.0	0.001	24.8	0.000	58.4	0.000	274.4	0.000
191		3.6	1.000	22.3	0.000	26.9	0.000	64.6	0.000	265.8	0.000
197		6.1	1.000	27.2	0.000	22.9	0.000	69.0	0.000	280.1	0.000
198		3.4	0.975	10.8	0.024	19.8	0.000	50.5	0.000	259.3	0.000
199		5.7	0.999	23.9	0.000	20.8	0.001	62.2	0.000	273.8	0.000
203		5.0	1.000	25.4	0.000	22.0	0.000	65.4	0.000	279.0	0.000
204		4.2	0.974	11.6	0.024	16.1	0.002	46.4	0.000	253.8	0.000
205	LATERAL	15.0	0.374	18.1	0.079	14.2	0.547	47.4	0.000	254.1	0.000

208		3.9 0.894	8.6 0.085	11.4 0.021	43.1 0.000	254.0 0.000
209		4.4 0.992	14.0 0.008	22.7 0.000	53.2 0.000	261.4 0.000
210		6.4 0.999	21.1 0.001	20.6 0.001	60.8 0.000	260.8 0.000
211		9.2 0.999	29.6 0.000	23.1 0.001	63.7 0.000	259.3 0.000
215		2.3 0.987	13.5 0.003	11.6 0.009	51.0 0.000	247.7 0.000
216		3.6 1.000	19.7 0.000	24.4 0.000	60.9 0.000	263.0 0.000
217		2.6 0.999	19.1 0.000	16.5 0.001	56.5 0.000	255.1 0.000
222		8.1 0.999	27.0 0.000	22.0 0.001	65.7 0.000	293.3 0.000
223		6.9 0.994	17.5 0.005	19.9 0.001	53.2 0.000	270.6 0.000
224		1.5 0.998	14.5 0.001	19.4 0.000	51.8 0.000	255.9 0.000
225		6.0 0.932	16.9 0.004	11.4 0.064	51.3 0.000	248.4 0.000
230		4.0 1.000	27.0 0.000	26.4 0.000	68.5 0.000	280.0 0.000
231		8.6 1.000	32.1 0.000	31.1 0.000	71.9 0.000	270.3 0.000
232		4.8 1.000	21.9 0.000	28.7 0.000	67.7 0.000	278.8 0.000
233		8.5 0.784	12.0 0.132	12.9 0.084	41.2 0.000	247.6 0.000
237		3.6 1.000	23.8 0.000	25.3 0.000	68.0 0.000	286.1 0.000
238		4.2 1.000	20.7 0.000	26.7 0.000	66.2 0.000	279.7 0.000
239		3.6 1.000	21.4 0.000	27.1 0.000	64.5 0.000	275.7 0.000
240		3.0 0.991	13.8 0.005	13.8 0.004	49.7 0.000	249.6 0.000
245		9.0 0.993	24.8 0.000	19.1 0.006	63.4 0.000	255.3 0.000
246		4.1 0.999	18.4 0.001	20.0 0.000	56.1 0.000	267.8 0.000
247		3.7 0.850	7.2 0.146	14.9 0.003	40.8 0.000	245.0 0.000
248		1.4 0.999	17.5 0.000	18.1 0.000	56.4 0.000	266.6 0.000
249		3.0 1.000	23.5 0.000	23.5 0.000	64.7 0.000	274.2 0.000
255		2.6 0.994	13.0 0.006	19.7 0.000	49.7 0.000	257.5 0.000
256		8.3 1.000	30.8 0.000	37.2 0.000	78.7 0.000	286.3 0.000
257		3.9 1.000	22.4 0.000	26.4 0.000	63.5 0.000	267.6 0.000
258		2.0 0.991	11.9 0.007	15.0 0.001	50.1 0.000	259.8 0.000
259		7.7 0.995	19.9 0.002	19.7 0.002	52.4 0.000	254.5 0.000
262		7.1 0.999	23.0 0.000	22.2 0.001	56.2 0.000	260.0 0.000
263		8.4 1.000	33.7 0.000	30.9 0.000	74.8 0.000	290.3 0.000
264		4.3 0.997	16.8 0.002	18.3 0.001	56.9 0.000	262.3 0.000
265		3.8 1.000	22.7 0.000	21.6 0.000	66.1 0.000	277.9 0.000
270		5.3 0.874	18.5 0.001	9.2 0.124	53.4 0.000	255.1 0.000
271		4.2 1.000	24.5 0.000	27.9 0.000	70.0 0.000	282.2 0.000
272		7.8 0.931	13.0 0.068	26.5 0.000	53.3 0.000	263.0 0.000
278		2.2 0.989	13.0 0.004	12.3 0.006	48.9 0.000	246.1 0.000
279		0.5 0.999	16.5 0.000	16.7 0.000	55.5 0.000	265.6 0.000
280		2.6 0.997	14.3 0.003	18.7 0.000	50.1 0.000	258.3 0.000
281		1.5 0.996	13.0 0.003	16.7 0.001	50.3 0.000	252.2 0.000
287		4.2 1.000	25.8 0.000	20.0 0.000	66.3 0.000	264.9 0.000
288		3.8 0.998	16.9 0.001	20.8 0.000	59.4 0.000	275.3 0.000
289		5.0 1.000	24.9 0.000	20.6 0.000	66.8 0.000	281.2 0.000
290		5.3 0.999	21.6 0.000	22.0 0.000	66.2 0.000	284.2 0.000
295		5.1 0.933	14.8 0.007	10.6 0.060	48.8 0.000	254.7 0.000
296		6.5 1.000	30.6 0.000	29.7 0.000	74.5 0.000	296.9 0.000
297		3.5 1.000	24.4 0.000	29.5 0.000	68.6 0.000	284.2 0.000
298		5.4 0.996	24.3 0.000	16.6 0.004	63.0 0.000	268.9 0.000
303		0.6 0.999	16.4 0.000	17.0 0.000	56.2 0.000	262.1 0.000
304		3.3 1.000	25.6 0.000	21.8 0.000	68.3 0.000	279.2 0.000
305		4.9 0.993	14.8 0.007	24.7 0.000	54.0 0.000	263.4 0.000
306		3.8 0.969	11.5 0.020	12.8 0.010	45.9 0.000	253.3 0.000
310		6.4 0.933	11.8 0.065	18.1 0.003	47.3 0.000	246.3 0.000
311		0.9 1.000	19.1 0.000	18.3 0.000	60.6 0.000	271.8 0.000
312		0.8 1.000	17.3 0.000	18.0 0.000	56.7 0.000	263.2 0.000
318		10.0 0.999	23.9 0.001	26.6 0.000	64.8 0.000	260.1 0.000
319		3.1 0.992	12.8 0.008	18.7 0.000	48.0 0.000	264.2 0.000
320		4.2 1.000	23.2 0.000	22.7 0.000	64.6 0.000	283.8 0.000
321		2.5 1.000	22.7 0.000	19.8 0.000	66.5 0.000	276.7 0.000
325		6.6 1.000	22.5 0.000	25.1 0.000	56.5 0.000	258.2 0.000
326		8.2 1.000	27.1 0.000	28.4 0.000	66.3 0.000	261.2 0.000
327		10.1 0.996	21.2 0.004	24.6 0.001	58.0 0.000	288.7 0.000
328		7.5 1.000	28.3 0.000	26.1 0.000	70.6 0.000	294.8 0.000
332		7.8 0.967	18.2 0.005	14.9 0.028	52.2 0.000	252.8 0.000
333		3.0 0.999	18.4 0.000	18.5 0.000	56.4 0.000	274.3 0.000
337		6.5 1.000	28.5 0.000	25.1 0.000	67.0 0.000	275.7 0.000
338		7.9 1.000	27.3 0.000	25.7 0.000	63.9 0.000	274.5 0.000
339		6.2 0.997	19.9 0.001	18.8 0.002	55.6 0.000	264.2 0.000
340		11.0 0.996	25.0 0.001	22.2 0.004	61.8 0.000	258.7 0.000
346		19.2 0.961	25.9 0.034	29.7 0.005	53.8 0.000	257.8 0.000
347		4.3 0.991	18.5 0.001	13.8 0.009	52.0 0.000	259.9 0.000
348		21.9 0.139	33.8 0.000	18.3 0.860	56.8 0.000	251.9 0.000
353	LATERAL	3.4 0.997	15.5 0.002	17.8 0.001	52.8 0.000	260.8 0.000
359		6.0 0.939	17.6 0.003	11.6 0.058	53.1 0.000	250.1 0.000
360		3.0 0.895	7.3 0.101	13.7 0.004	42.0 0.000	240.1 0.000
361		2.4 0.998	15.6 0.001	18.4 0.000	55.8 0.000	259.0 0.000
362		5.8 0.975	16.4 0.005	13.5 0.020	55.4 0.000	257.7 0.000
367		6.0 1.000	24.9 0.000	27.7 0.000	68.7 0.000	266.1 0.000
368		1.4 0.999	15.0 0.001	19.4 0.000	53.1 0.000	260.9 0.000

369		3.2 1.000	21.0 0.000	22.5 0.000	62.1 0.000	272.5 0.000
375		3.4 1.000	26.3 0.000	26.9 0.000	68.5 0.000	274.1 0.000
376		5.6 1.000	21.6 0.000	25.0 0.000	66.8 0.000	281.8 0.000
377		4.8 0.967	11.8 0.029	15.7 0.004	49.0 0.000	247.9 0.000
378		8.1 0.999	28.1 0.000	21.7 0.001	66.2 0.000	262.2 0.000
379		7.9 0.960	24.2 0.000	14.2 0.040	60.1 0.000	274.2 0.000
384		5.3 0.999	19.4 0.001	22.2 0.000	60.7 0.000	260.3 0.000
385		3.1 0.994	13.5 0.005	21.2 0.000	49.0 0.000	258.5 0.000
386		0.9 0.999	16.4 0.000	17.7 0.000	56.9 0.000	265.9 0.000
387	LATERAL	13.8 0.195	20.6 0.006	10.9 0.798	52.4 0.000	267.0 0.000
392		5.2 1.000	27.9 0.000	23.3 0.000	71.0 0.000	292.3 0.000
393		2.7 0.996	18.0 0.000	13.8 0.004	56.7 0.000	260.7 0.000
394		3.6 0.984	12.3 0.013	14.9 0.003	50.1 0.000	247.1 0.000
395		5.1 0.998	17.2 0.002	24.2 0.000	54.4 0.000	263.8 0.000
396	LATERAL	8.6 0.397	10.8 0.135	8.3 0.468	35.6 0.000	229.6 0.000
401		6.5 0.924	14.1 0.020	12.1 0.056	49.4 0.000	255.5 0.000
402		2.7 0.997	16.4 0.001	15.8 0.001	57.9 0.000	268.4 0.000
403		2.8 1.000	22.0 0.000	24.6 0.000	64.6 0.000	268.9 0.000
404		5.3 0.999	25.5 0.000	19.9 0.001	62.8 0.000	276.8 0.000
410		4.6 0.991	18.7 0.001	14.2 0.008	55.1 0.000	266.8 0.000
411		4.0 1.000	27.0 0.000	30.5 0.000	72.5 0.000	285.4 0.000
412		8.9 1.000	28.1 0.000	27.2 0.000	66.2 0.000	277.1 0.000
413		11.7 0.994	28.9 0.000	21.8 0.006	62.2 0.000	258.4 0.000
416		1.1 0.981	12.3 0.004	9.3 0.016	47.3 0.000	251.7 0.000
417		12.7 1.000	36.9 0.000	33.8 0.000	83.5 0.000	281.4 0.000
418		41.3 0.799	45.1 0.120	45.9 0.081	77.7 0.000	284.8 0.000
419	LATERAL	18.3 0.102	20.1 0.042	14.0 0.856	42.2 0.000	240.5 0.000
424		16.3 0.739	28.6 0.002	18.4 0.259	60.3 0.000	279.4 0.000
425		10.1 0.986	20.8 0.005	19.5 0.009	55.8 0.000	250.0 0.000
426		7.6 0.914	12.5 0.078	16.9 0.009	46.8 0.000	266.0 0.000
433		8.5 1.000	26.1 0.000	26.3 0.000	67.2 0.000	261.4 0.000
434		9.5 1.000	27.2 0.000	26.4 0.000	62.8 0.000	280.4 0.000
435		3.5 1.000	22.5 0.000	25.7 0.000	61.8 0.000	266.1 0.000
436		3.3 1.000	20.0 0.000	24.9 0.000	58.9 0.000	262.4 0.000
437		3.7 0.961	16.0 0.002	10.3 0.037	48.4 0.000	276.0 0.000
438		8.2 1.000	29.2 0.000	23.6 0.000	70.6 0.000	257.6 0.000
439		8.9 0.999	24.0 0.001	24.7 0.000	64.3 0.000	285.2 0.000
446		11.2 0.984	19.7 0.014	23.2 0.002	50.4 0.000	250.1 0.000
447		3.5 0.999	16.7 0.001	21.6 0.000	52.2 0.000	261.8 0.000
448		2.0 1.000	23.1 0.000	23.7 0.000	64.8 0.000	273.9 0.000
449		12.5 0.977	24.2 0.003	20.3 0.020	60.5 0.000	269.1 0.000
461		14.2 0.999	32.4 0.000	28.3 0.001	67.7 0.000	265.1 0.000
462		17.5 0.998	37.7 0.000	29.8 0.002	70.8 0.000	257.1 0.000
463		5.5 0.997	17.0 0.003	23.5 0.000	56.1 0.000	268.0 0.000
464		2.4 0.988	13.0 0.005	12.5 0.007	51.4 0.000	256.0 0.000
467		1.6 0.997	13.4 0.003	17.4 0.000	51.3 0.000	259.2 0.000
468		4.2 0.996	15.3 0.004	20.7 0.000	55.8 0.000	264.5 0.000
469		1.2 1.000	18.8 0.000	20.0 0.000	59.5 0.000	267.3 0.000
470		2.0 0.996	14.7 0.002	13.8 0.003	51.3 0.000	254.1 0.000
473		5.7 0.921	10.8 0.072	15.5 0.007	41.9 0.000	228.5 0.000
474		1.0 0.999	15.5 0.001	17.4 0.000	54.9 0.000	263.5 0.000
475		5.6 1.000	22.2 0.000	30.4 0.000	62.7 0.000	273.6 0.000
476		5.3 0.997	16.9 0.003	27.3 0.000	57.2 0.000	273.5 0.000
477		2.9 0.999	18.0 0.001	24.1 0.000	59.1 0.000	274.4 0.000
478		3.0 0.980	11.3 0.016	14.1 0.004	50.4 0.000	257.5 0.000
479	CENTRAL 1	9.9 0.172	6.8 0.791	12.9 0.038	39.9 0.000	240.9 0.000
480		4.4 0.985	13.2 0.012	15.7 0.003	46.6 0.000	255.7 0.000
481		6.6 0.982	22.9 0.000	14.6 0.018	54.3 0.000	258.1 0.000
482		12.2 0.876	27.3 0.000	16.1 0.124	60.1 0.000	259.2 0.000
483		4.7 0.978	13.9 0.010	13.3 0.013	49.6 0.000	240.2 0.000
484		13.4 0.751	16.2 0.191	18.6 0.058	48.0 0.000	253.7 0.000
485		10.8 0.985	19.2 0.015	28.0 0.000	60.4 0.000	253.7 0.000
486		3.4 1.000	18.7 0.000	27.8 0.000	61.7 0.000	272.1 0.000
487		3.6 0.994	14.0 0.005	22.6 0.000	54.3 0.000	265.6 0.000
488		2.9 0.998	15.1 0.002	19.9 0.000	54.0 0.000	256.6 0.000
489		7.6 0.820	10.6 0.178	19.8 0.002	41.5 0.000	236.0 0.000
490		7.7 0.770	10.1 0.229	20.8 0.001	40.8 0.000	243.3 0.000
491		4.7 0.999	19.6 0.001	26.4 0.000	58.8 0.000	265.1 0.000
492		4.1 1.000	24.5 0.000	31.6 0.000	68.2 0.000	280.6 0.000
493		2.9 0.999	17.8 0.001	24.7 0.000	60.9 0.000	269.8 0.000
494		0.9 1.000	18.2 0.000	20.0 0.000	59.5 0.000	265.1 0.000
495		1.1 0.999	16.4 0.000	18.5 0.000	55.4 0.000	258.3 0.000
496		5.6 0.864	14.0 0.013	9.4 0.123	43.5 0.000	241.4 0.000
497		3.7 0.996	19.4 0.000	14.9 0.004	55.5 0.000	261.7 0.000
498		3.0 0.999	17.3 0.001	22.6 0.000	61.7 0.000	270.9 0.000
499		4.7 0.992	14.5 0.008	21.2 0.000	57.3 0.000	269.1 0.000
500		2.2 0.999	17.7 0.000	20.3 0.000	58.8 0.000	269.3 0.000
501		2.9 0.986	14.5 0.003	11.9 0.011	50.1 0.000	257.5 0.000
502		9.3 0.936	17.9 0.013	15.1 0.051	50.3 0.000	264.3 0.000

503	16.2	0.989	25.4	0.010	32.0	0.000	62.7	0.000	265.6	0.000
504	17.4	0.945	23.1	0.054	31.0	0.001	56.9	0.000	265.6	0.000
505	9.8	0.715	11.7	0.279	19.6	0.006	42.1	0.000	236.2	0.000
506	2.4	0.996	13.4	0.004	18.6	0.000	50.9	0.000	258.2	0.000
507	2.6	0.997	14.0	0.003	20.1	0.000	51.7	0.000	256.5	0.000
508	8.1	0.953	14.1	0.047	25.6	0.000	47.9	0.000	243.5	0.000
509	5.3	0.615	6.2	0.382	15.8	0.003	39.2	0.000	238.4	0.000
510	4.6	0.776	7.2	0.205	12.0	0.019	42.2	0.000	245.3	0.000
511	6.7	0.926	12.2	0.057	14.7	0.017	46.1	0.000	253.3	0.000
512	6.0	0.938	15.7	0.007	11.7	0.054	49.6	0.000	249.5	0.000
513	2.3	0.993	14.6	0.002	12.8	0.005	50.2	0.000	248.4	0.000
514	4.3	0.999	18.4	0.001	21.8	0.000	54.5	0.000	258.2	0.000

CLASIFICACIONES INCORRECTAS DISTANCIA DE MAHALANOBIS Y PROBABILIDAD A POSTERIORI DE CADA UNO DE LOS GRUPOS.

GRUPO	CENTRAL1	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4					
CASO											
35		58.5	0.000	32.5	0.984	56.2	0.000	40.7	0.016	263.0	0.000
36		41.8	0.001	26.6	0.999	48.2	0.000	40.6	0.001	259.5	0.000
47	LATERAL	49.5	0.001	48.2	0.001	35.1	0.998	54.5	0.000	276.1	0.000
81		17.0	0.000	1.8	0.999	16.3	0.001	23.9	0.000	218.0	0.000
82		12.8	0.006	2.5	0.987	12.3	0.007	26.0	0.000	224.0	0.000
200		17.7	0.001	3.8	0.995	14.8	0.004	25.2	0.000	203.0	0.000
201		57.0	0.000	24.5	0.674	48.6	0.000	26.0	0.326	280.7	0.000
202		15.2	0.001	2.1	0.989	11.3	0.010	26.8	0.000	220.8	0.000
206		31.0	0.000	8.6	0.999	22.2	0.001	24.4	0.000	216.4	0.000
207		40.5	0.000	14.1	0.998	26.7	0.002	30.7	0.000	209.4	0.000
212	NADA	3.9	0.967	10.7	0.032	19.0	0.001	43.4	0.000	236.6	0.000
213		15.4	0.008	5.8	0.990	19.2	0.001	26.0	0.000	222.8	0.000
214		10.1	0.162	6.8	0.833	17.4	0.004	34.4	0.000	222.4	0.000
234		28.0	0.000	8.6	0.977	22.9	0.001	16.2	0.022	237.0	0.000
235		21.5	0.000	5.2	0.993	15.4	0.006	20.7	0.000	194.0	0.000
260		19.7	0.064	14.4	0.921	22.6	0.015	35.0	0.000	226.5	0.000
261		29.3	0.000	10.0	1.000	30.5	0.000	31.4	0.000	205.4	0.000
307		14.0	0.010	4.9	0.951	11.3	0.038	27.7	0.000	222.6	0.000
308		26.5	0.000	10.0	0.931	15.3	0.068	24.2	0.001	220.9	0.000
322	NADA	10.7	0.978	18.8	0.017	21.2	0.005	52.6	0.000	238.0	0.000
323		26.6	0.000	9.2	0.999	26.0	0.000	23.8	0.001	189.4	0.000
324		29.4	0.000	6.2	0.998	25.4	0.000	19.2	0.001	226.2	0.000
329		9.3	0.058	3.7	0.929	12.2	0.013	33.3	0.000	230.5	0.000
330		29.9	0.002	17.4	0.997	32.0	0.001	32.6	0.000	272.9	0.000
331		11.7	0.106	7.5	0.837	12.9	0.057	37.5	0.000	241.7	0.000
334		12.3	0.049	6.4	0.948	18.1	0.003	33.7	0.000	221.7	0.000
335		31.0	0.000	7.6	0.995	23.3	0.000	18.4	0.005	189.9	0.000
336		18.7	0.000	3.0	0.989	12.2	0.010	22.2	0.000	209.3	0.000
414		17.0	0.093	13.5	0.543	14.3	0.364	34.6	0.000	223.5	0.000
415		14.4	0.002	2.2	0.997	15.6	0.001	26.6	0.000	209.9	0.000
465		37.9	0.000	15.4	1.000	34.3	0.000	36.1	0.000	262.2	0.000
466		21.3	0.001	7.2	0.999	24.6	0.000	29.2	0.000	229.3	0.000
471		14.4	0.020	6.7	0.972	16.1	0.008	30.1	0.000	218.7	0.000
472		20.1	0.001	6.0	0.998	20.0	0.001	24.5	0.000	212.3	0.000

CLASIFICACIONES INCORRECTAS DISTANCIA DE MAHALANOBIS Y PROBABILIDAD A POSTERIORI DE CADA UNO DE LOS GRUPOS.

GRUPO	LATERAL	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4					
CASO											
2		21.8	0.006	13.8	0.314	12.3	0.680	36.6	0.000	202.8	0.000
5		17.0	0.002	12.9	0.014	4.4	0.984	33.0	0.000	229.0	0.000
8		13.5	0.024	17.3	0.004	6.1	0.973	41.5	0.000	233.3	0.000
12	NADA	11.4	0.811	23.2	0.002	14.3	0.187	54.1	0.000	243.8	0.000
26		10.2	0.076	10.0	0.084	5.4	0.839	37.5	0.000	238.0	0.000
30		21.3	0.001	14.7	0.026	7.4	0.973	36.8	0.000	246.3	0.000
39		30.5	0.000	28.4	0.000	7.5	1.000	35.2	0.000	267.0	0.000
42		24.6	0.000	16.8	0.005	6.3	0.995	33.9	0.000	217.2	0.000
46		24.0	0.002	21.9	0.005	11.3	0.993	44.3	0.000	245.2	0.000
48		25.2	0.009	27.2	0.003	15.7	0.988	37.2	0.000	232.3	0.000
53		25.6	0.000	18.0	0.001	2.8	0.999	27.4	0.000	211.4	0.000
56		11.0	0.381	22.2	0.001	10.0	0.618	48.7	0.000	254.2	0.000
61		19.5	0.001	15.1	0.012	6.3	0.986	35.8	0.000	226.5	0.000
64		26.8	0.000	19.4	0.004	8.3	0.996	37.5	0.000	230.4	0.000
67	CENTRAL1	33.8	0.000	17.5	0.621	18.6	0.361	24.7	0.018	213.8	0.000
70	NADA	13.2	0.557	24.0	0.002	13.6	0.441	56.3	0.000	242.9	0.000
71		43.1	0.000	32.9	0.011	23.9	0.989	56.0	0.000	251.2	0.000

76		48.5 0.000	37.9 0.000	17.1 1.000	41.3 0.000	259.9 0.000
77		13.4 0.036	20.8 0.001	6.8 0.964	46.8 0.000	253.7 0.000
85		23.8 0.001	21.6 0.002	9.4 0.997	33.1 0.000	217.7 0.000
88		23.3 0.000	16.6 0.008	7.0 0.991	28.4 0.000	181.6 0.000
92		10.6 0.132	16.9 0.006	6.9 0.862	46.4 0.000	252.5 0.000
95		14.0 0.011	11.4 0.038	5.0 0.951	38.2 0.000	241.3 0.000
99	NADA	4.0 0.974	16.6 0.002	11.4 0.024	52.7 0.000	260.2 0.000
103		31.9 0.000	24.5 0.000	7.8 1.000	29.4 0.000	234.0 0.000
106		11.0 0.186	9.9 0.328	9.1 0.485	35.9 0.000	205.2 0.000
116		27.6 0.000	29.7 0.000	8.6 1.000	49.3 0.000	242.0 0.000
119		42.6 0.000	21.4 0.336	20.1 0.644	26.9 0.021	199.7 0.000
120		50.2 0.000	45.4 0.000	29.0 1.000	71.1 0.000	282.8 0.000
124		8.9 0.367	17.6 0.005	7.8 0.629	50.1 0.000	252.7 0.000
127		17.4 0.004	18.6 0.002	6.2 0.994	43.7 0.000	227.4 0.000
130		36.8 0.000	12.9 0.388	12.1 0.581	17.9 0.031	184.6 0.000
133		11.9 0.173	20.5 0.002	8.8 0.824	39.7 0.000	230.9 0.000
136	CENTRAL 1	34.2 0.000	15.6 0.634	16.7 0.365	28.8 0.001	247.2 0.000
139	NADA	5.6 0.783	10.1 0.082	9.1 0.135	44.4 0.000	247.3 0.000
142		26.8 0.000	13.7 0.105	9.5 0.879	17.6 0.015	184.3 0.000
150		11.5 0.246	13.4 0.095	9.6 0.658	46.4 0.000	259.2 0.000
153		36.0 0.000	26.9 0.012	18.2 0.987	39.9 0.000	241.1 0.000
156		23.4 0.000	21.0 0.001	6.5 0.999	41.3 0.000	213.6 0.000
160		28.2 0.000	23.4 0.001	9.0 0.999	30.1 0.000	219.6 0.000
163	CENTRAL 1	17.4 0.005	7.9 0.623	8.9 0.372	32.7 0.000	214.5 0.000
168		23.5 0.000	10.7 0.134	6.9 0.866	24.8 0.000	229.4 0.000
171		39.2 0.000	39.4 0.000	15.3 1.000	50.0 0.000	205.5 0.000
176	CENTRAL 1	23.0 0.003	12.0 0.718	13.9 0.277	23.9 0.002	224.9 0.000
179		18.4 0.004	20.3 0.002	7.4 0.994	42.6 0.000	237.2 0.000
187		11.0 0.141	15.7 0.013	7.4 0.846	44.2 0.000	257.5 0.000
192		25.5 0.001	28.2 0.000	11.8 0.999	56.1 0.000	253.8 0.000
196		13.7 0.021	19.7 0.001	6.0 0.978	46.3 0.000	240.2 0.000
218		21.0 0.001	22.1 0.001	7.7 0.998	44.2 0.000	231.6 0.000
221	CENTRAL 3	42.7 0.000	27.3 0.300	28.9 0.134	26.0 0.566	261.4 0.000
226		23.3 0.001	17.4 0.020	9.6 0.979	32.8 0.000	209.7 0.000
229	CENTRAL 1	15.4 0.036	9.6 0.666	11.2 0.297	32.6 0.000	214.7 0.000
236	NADA	5.8 0.529	11.2 0.035	6.2 0.435	43.3 0.000	254.8 0.000
241		31.7 0.000	17.4 0.010	8.3 0.989	28.1 0.000	223.7 0.000
244		30.9 0.000	14.8 0.093	10.3 0.905	23.2 0.001	215.6 0.000
250		14.3 0.014	11.9 0.049	6.0 0.937	34.5 0.000	236.1 0.000
253		34.1 0.000	34.1 0.000	17.0 1.000	42.4 0.000	275.6 0.000
254		11.4 0.370	15.0 0.060	10.5 0.570	40.8 0.000	234.1 0.000
266		11.8 0.038	13.7 0.015	5.4 0.947	43.6 0.000	242.9 0.000
269		26.2 0.000	14.3 0.009	5.0 0.990	22.9 0.000	217.5 0.000
273		16.2 0.010	21.1 0.001	6.9 0.990	47.7 0.000	234.5 0.000
274		57.7 0.000	50.3 0.000	27.3 1.000	46.8 0.000	210.0 0.000
277		20.1 0.002	24.3 0.000	7.2 0.998	45.9 0.000	227.4 0.000
282		22.3 0.018	31.7 0.000	14.2 0.982	53.6 0.000	248.3 0.000
285		102.7 0.000	98.2 0.000	67.5 0.870	71.3 0.130	136.1 0.000
286		72.1 0.000	77.0 0.000	38.0 1.000	92.0 0.000	280.6 0.000
291		16.0 0.060	21.6 0.004	10.5 0.937	51.6 0.000	245.1 0.000
294		33.7 0.000	19.7 0.011	10.8 0.989	30.9 0.000	206.7 0.000
299		35.0 0.000	16.1 0.431	15.6 0.547	22.1 0.022	220.6 0.000
302	NADA	12.8 0.464	13.2 0.381	15.0 0.155	42.0 0.000	228.0 0.000
309		11.5 0.127	13.4 0.049	7.8 0.824	39.0 0.000	225.2 0.000
313		8.5 0.129	12.7 0.016	4.7 0.855	40.2 0.000	248.9 0.000
317		22.4 0.001	23.2 0.001	8.6 0.998	39.9 0.000	260.1 0.000
341		37.8 0.002	45.7 0.000	25.4 0.998	70.5 0.000	254.2 0.000
345		32.7 0.005	37.9 0.000	22.0 0.995	63.2 0.000	259.9 0.000
349		40.8 0.000	40.8 0.000	17.0 1.000	47.2 0.000	208.4 0.000
352		19.9 0.003	16.2 0.016	7.9 0.982	27.7 0.000	205.3 0.000
354	NADA	12.7 0.682	25.5 0.001	14.3 0.317	53.0 0.000	240.5 0.000
355		29.9 0.000	34.7 0.000	10.1 1.000	49.4 0.000	227.3 0.000
358		12.0 0.010	16.1 0.001	2.8 0.989	37.6 0.000	212.1 0.000
363		31.7 0.000	15.0 0.248	12.8 0.743	21.5 0.009	238.5 0.000
366		15.1 0.033	18.1 0.008	8.4 0.959	47.2 0.000	224.4 0.000
370		16.0 0.008	15.6 0.009	6.3 0.983	43.5 0.000	251.9 0.000
374		19.8 0.001	19.1 0.001	5.1 0.998	42.3 0.000	244.9 0.000
380		30.9 0.000	18.0 0.006	7.8 0.994	25.8 0.000	229.4 0.000
383		27.9 0.015	23.4 0.138	19.8 0.847	45.3 0.000	249.0 0.000
388		34.1 0.000	20.2 0.016	12.0 0.980	23.1 0.004	194.2 0.000
391		8.0 0.356	15.8 0.007	6.9 0.636	49.0 0.000	245.7 0.000
397		40.3 0.000	33.2 0.000	11.2 1.000	31.4 0.000	245.6 0.000
400		32.1 0.000	15.1 0.087	10.3 0.913	31.2 0.000	232.6 0.000
405		16.7 0.005	18.0 0.003	6.2 0.992	45.1 0.000	255.7 0.000
409		25.5 0.000	19.1 0.012	10.2 0.988	28.2 0.000	223.8 0.000
420		31.2 0.000	26.6 0.000	8.9 1.000	34.4 0.000	208.5 0.000
423		48.8 0.000	45.3 0.001	31.1 0.999	49.3 0.000	250.0 0.000
427		9.5 0.288	10.4 0.185	8.3 0.527	37.7 0.000	224.5 0.000
428		75.6 0.000	73.2 0.000	35.6 1.000	78.1 0.000	285.2 0.000



431	CENTRAL3	118.8 0.000	95.4 0.000	82.2 0.000	58.5 1.000	114.7 0.000
432		49.3 0.000	58.3 0.000	24.2 1.000	79.9 0.000	254.5 0.000
440		53.3 0.000	49.6 0.000	25.9 1.000	63.7 0.000	283.5 0.000
441	CENTRAL3	97.6 0.000	97.1 0.000	72.9 0.226	70.4 0.774	203.8 0.000
444		82.3 0.000	87.0 0.000	45.7 1.000	83.3 0.000	297.3 0.000
445	NADA	30.9 0.651	35.8 0.057	32.5 0.292	55.1 0.000	234.0 0.000
450		10.3 0.123	17.6 0.003	6.4 0.874	47.4 0.000	251.5 0.000
454		61.0 0.000	60.2 0.000	24.4 1.000	59.1 0.000	266.4 0.000
457		77.6 0.000	84.5 0.000	48.3 1.000	73.6 0.000	231.7 0.000
460		15.5 0.029	12.6 0.125	8.8 0.846	37.2 0.000	214.1 0.000

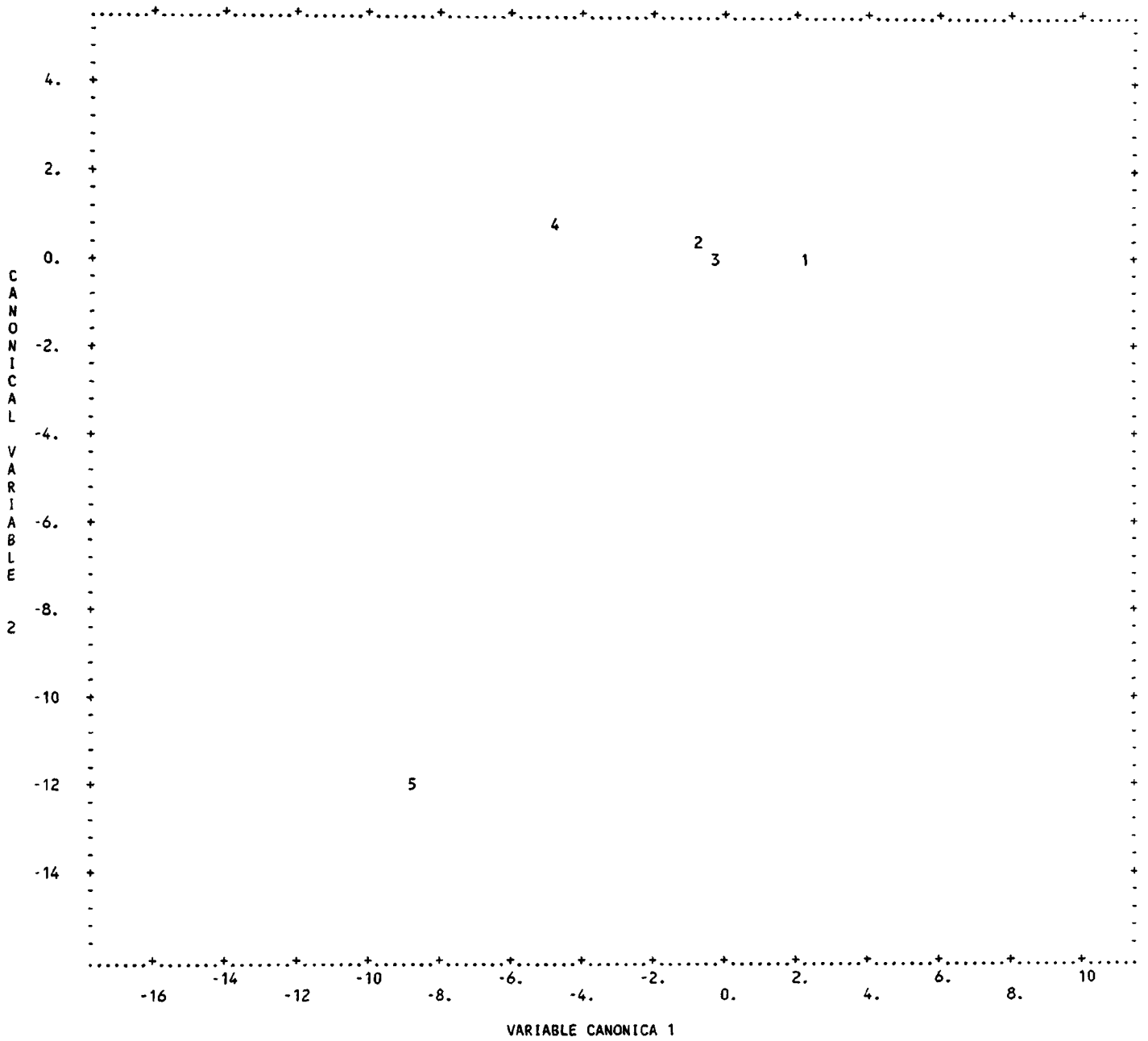
CLASIFICACIONES  
INCORRECTAS

DISTANCIA DE MAHALANOBIS Y PROBABILIDAD A POSTERIORI  
DE CADA UNO DE LOS GRUPOS.

GRUPO	CENTRAL3	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
CASO						
3		58.7 0.000	28.2 0.000	43.8 0.000	9.1 1.000	211.0 0.000
4		60.8 0.000	24.3 0.000	41.3 0.000	7.0 1.000	211.2 0.000
9		42.7 0.000	19.3 0.007	22.6 0.001	9.5 0.991	171.5 0.000
10		75.6 0.000	47.2 0.000	60.0 0.000	15.8 1.000	190.3 0.000
11		44.0 0.000	14.3 0.073	19.1 0.007	9.2 0.920	207.1 0.000
27		43.0 0.000	17.1 0.154	16.4 0.220	14.3 0.626	171.2 0.000
28		89.1 0.000	51.6 0.000	65.8 0.000	19.7 1.000	172.4 0.000
29		66.3 0.000	32.2 0.000	41.6 0.000	11.1 1.000	230.6 0.000
40		56.4 0.000	25.8 0.000	29.7 0.000	6.6 1.000	193.1 0.000
41		63.9 0.000	33.4 0.000	43.2 0.000	10.2 1.000	235.9 0.000
54		59.0 0.000	44.6 0.000	42.6 0.000	24.7 1.000	266.9 0.000
55	CENTRAL1	41.8 0.000	22.1 0.631	25.4 0.117	23.9 0.252	147.9 0.000
62		53.1 0.000	31.0 0.000	36.3 0.000	11.5 1.000	207.3 0.000
63		44.2 0.000	21.2 0.000	28.5 0.000	4.7 1.000	200.5 0.000
68		84.0 0.000	43.3 0.000	63.2 0.000	18.2 1.000	279.8 0.000
69	CENTRAL1	38.2 0.000	11.2 0.755	25.4 0.001	13.5 0.244	201.7 0.000
72	CENTRAL1	45.0 0.000	18.0 0.819	28.6 0.004	21.0 0.177	215.2 0.000
73	CENTRAL1	45.3 0.000	15.4 0.897	28.6 0.001	19.7 0.102	228.1 0.000
74	CENTRAL1	44.6 0.000	16.6 0.973	30.6 0.001	23.9 0.026	214.9 0.000
75		53.1 0.000	20.4 0.016	27.5 0.000	12.2 0.984	206.9 0.000
86		82.4 0.000	41.7 0.000	55.9 0.000	7.4 1.000	192.9 0.000
87		88.8 0.000	47.8 0.000	60.9 0.000	9.9 1.000	222.1 0.000
96		56.5 0.000	21.6 0.001	37.5 0.000	7.4 0.999	192.2 0.000
97		69.7 0.000	35.8 0.000	51.6 0.000	7.4 1.000	226.5 0.000
98	CENTRAL1	22.4 0.000	6.6 0.558	7.0 0.441	19.9 0.001	204.1 0.000
104		65.3 0.000	34.3 0.000	41.9 0.000	8.1 1.000	148.1 0.000
105		75.7 0.000	39.9 0.000	53.1 0.000	12.5 1.000	209.9 0.000
111		84.4 0.000	47.6 0.000	62.9 0.000	14.4 1.000	235.5 0.000
112		58.3 0.000	23.6 0.000	36.7 0.000	6.1 1.000	206.9 0.000
117		62.8 0.000	29.8 0.000	36.0 0.000	4.6 1.000	200.1 0.000
118		68.6 0.000	35.5 0.000	49.9 0.000	9.7 1.000	142.4 0.000
121		78.8 0.000	43.8 0.002	44.6 0.002	31.7 0.996	129.2 0.000
122		94.6 0.000	63.4 0.000	70.2 0.000	23.2 1.000	202.5 0.000
123		43.2 0.000	21.1 0.019	19.1 0.051	13.3 0.931	214.0 0.000
128		67.1 0.000	27.3 0.000	40.1 0.000	5.2 1.000	214.2 0.000
129		82.0 0.000	42.7 0.000	61.8 0.000	10.3 1.000	189.9 0.000
134		110.0 0.000	70.2 0.000	90.6 0.000	54.2 1.000	106.7 0.000
135		96.4 0.000	63.3 0.000	81.4 0.000	47.8 1.000	144.4 0.000
140	CENTRAL1	31.2 0.000	9.3 0.568	20.4 0.002	9.8 0.430	190.3 0.000
141		60.5 0.000	32.4 0.000	45.3 0.000	14.2 1.000	176.9 0.000
147	LATERAL	32.0 0.000	16.8 0.144	13.4 0.803	18.8 0.053	244.0 0.000
148		77.1 0.000	47.3 0.000	55.4 0.000	18.6 1.000	217.2 0.000
149		50.9 0.000	21.4 0.002	31.3 0.000	9.2 0.998	237.1 0.000
154		65.9 0.000	31.6 0.000	47.0 0.000	6.9 1.000	197.0 0.000
155		56.1 0.000	26.7 0.000	36.9 0.000	8.8 1.000	202.4 0.000
161		67.9 0.000	39.5 0.000	49.3 0.000	11.2 1.000	145.3 0.000
162		82.4 0.000	42.1 0.000	59.3 0.000	13.3 1.000	247.7 0.000
169		62.6 0.000	28.3 0.000	41.4 0.000	5.0 1.000	192.5 0.000
170		77.7 0.000	42.0 0.000	50.6 0.000	10.7 1.000	246.0 0.000
177		62.4 0.000	27.2 0.000	47.8 0.000	7.7 1.000	203.0 0.000
178		69.5 0.000	29.9 0.002	50.4 0.000	17.0 0.998	225.0 0.000
184		80.5 0.000	32.6 0.000	53.9 0.000	17.1 1.000	205.5 0.000
185		86.4 0.000	51.4 0.000	72.1 0.000	20.1 1.000	213.5 0.000
186		47.0 0.000	17.5 0.065	23.3 0.004	12.2 0.932	194.6 0.000
193		62.9 0.000	33.5 0.001	28.2 0.019	20.4 0.979	150.8 0.000
194		102.4 0.000	58.2 0.000	74.8 0.000	15.8 1.000	143.9 0.000
195		56.4 0.000	26.5 0.000	33.0 0.000	7.1 1.000	228.5 0.000
219		69.8 0.000	32.5 0.000	40.1 0.000	10.7 1.000	228.9 0.000
220		85.7 0.000	59.1 0.000	67.8 0.000	26.6 1.000	216.7 0.000
227		57.2 0.000	28.0 0.000	44.1 0.000	6.9 1.000	196.2 0.000
228		79.0 0.000	43.0 0.000	56.3 0.000	17.5 1.000	212.3 0.000

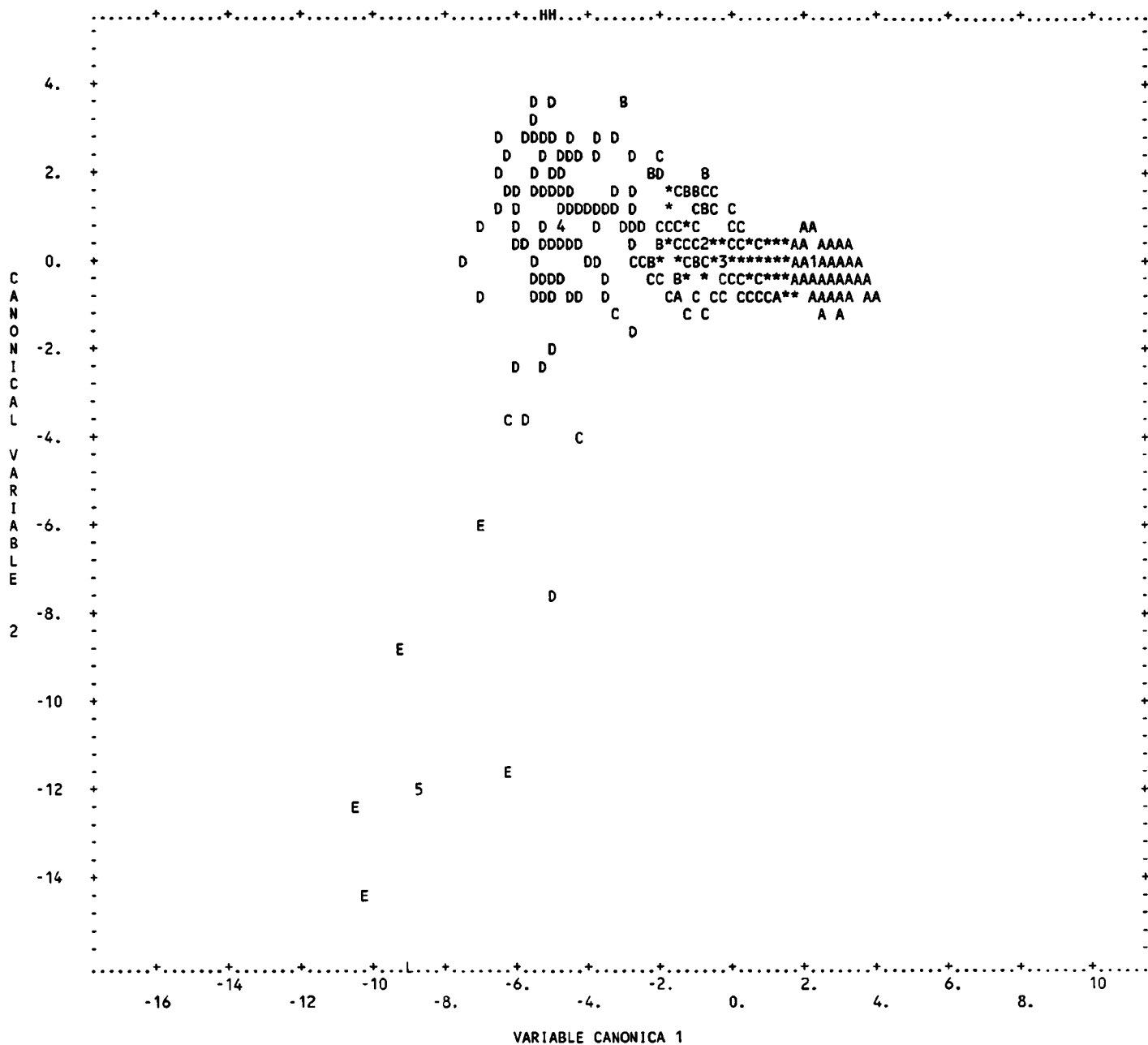
242		74.1 0.000	30.8 0.000	39.4 0.000	9.8 1.000	164.6 0.000
243		80.8 0.000	50.1 0.000	61.1 0.000	17.9 1.000	262.3 0.000
251		81.3 0.000	44.0 0.000	58.3 0.000	18.6 1.000	283.7 0.000
252		46.7 0.000	23.2 0.000	35.5 0.000	7.6 1.000	166.8 0.000
267		57.7 0.000	19.4 0.006	28.9 0.000	9.4 0.994	207.2 0.000
268		48.8 0.000	25.6 0.000	32.8 0.000	8.1 1.000	228.5 0.000
275		98.1 0.000	58.8 0.000	70.7 0.000	20.7 1.000	133.8 0.000
276		55.1 0.000	32.2 0.000	39.5 0.000	8.3 1.000	149.9 0.000
292		76.6 0.000	46.9 0.000	56.0 0.000	26.8 1.000	241.1 0.000
293		62.9 0.000	35.7 0.000	44.6 0.000	10.6 1.000	235.4 0.000
300		101.4 0.000	65.9 0.000	80.0 0.000	40.3 1.000	118.3 0.000
301		105.5 0.000	58.4 0.000	78.0 0.000	26.4 1.000	220.6 0.000
314		42.3 0.000	18.1 0.041	14.6 0.240	12.4 0.719	223.0 0.000
315		81.9 0.000	50.4 0.000	61.5 0.000	14.5 1.000	235.2 0.000
316		71.3 0.000	33.8 0.000	40.5 0.000	16.7 1.000	175.6 0.000
342		75.7 0.000	55.4 0.000	49.5 0.001	34.8 0.999	172.2 0.000
343	CENTRAL4	136.0 0.000	116.0 0.000	113.8 0.000	103.0 0.000	64.3 1.000
344		82.3 0.000	49.8 0.000	49.3 0.000	31.5 1.000	190.7 0.000
350		68.9 0.000	34.0 0.000	39.7 0.000	15.1 1.000	176.1 0.000
351		54.7 0.000	29.1 0.000	40.7 0.000	7.6 1.000	197.8 0.000
356		69.8 0.000	36.4 0.000	44.1 0.000	13.8 1.000	152.8 0.000
357		56.4 0.000	27.7 0.000	39.8 0.000	9.3 1.000	157.7 0.000
364		56.5 0.000	30.5 0.000	40.1 0.000	13.5 1.000	177.8 0.000
365		49.9 0.000	21.9 0.012	29.9 0.000	13.0 0.988	169.1 0.000
371		46.7 0.000	19.7 0.222	19.7 0.225	17.9 0.553	158.5 0.000
372		64.9 0.000	42.5 0.000	48.2 0.000	14.5 1.000	145.0 0.000
373		66.7 0.000	31.3 0.001	29.3 0.002	16.5 0.998	152.7 0.000
381		89.5 0.000	49.5 0.000	61.2 0.000	14.3 1.000	185.7 0.000
382		74.3 0.000	38.6 0.000	53.3 0.000	13.5 1.000	160.7 0.000
389		61.5 0.000	34.2 0.000	41.0 0.000	9.8 1.000	204.6 0.000
390		37.9 0.000	17.6 0.049	20.4 0.012	11.7 0.940	244.9 0.000
398		62.6 0.000	32.6 0.000	35.7 0.000	4.4 1.000	168.7 0.000
399		63.1 0.000	36.5 0.000	40.9 0.000	11.1 1.000	234.1 0.000
406	LATERAL	28.2 0.001	15.2 0.336	14.0 0.615	19.0 0.049	198.6 0.000
407		184.1 0.000	130.8 0.000	146.8 0.000	101.0 1.000	259.6 0.000
408		101.6 0.000	62.2 0.000	72.6 0.000	32.8 1.000	192.6 0.000
421		69.1 0.000	37.1 0.000	48.0 0.000	20.7 1.000	105.5 0.000
422		90.1 0.000	61.0 0.000	73.2 0.000	37.2 1.000	163.6 0.000
451		57.7 0.000	22.1 0.019	26.9 0.002	14.2 0.979	206.4 0.000
452		92.3 0.000	55.4 0.000	67.5 0.000	17.4 1.000	220.3 0.000
453		76.2 0.000	42.3 0.000	41.3 0.000	25.4 0.999	188.7 0.000
455		79.9 0.000	55.1 0.000	56.5 0.000	29.3 1.000	212.9 0.000
456		101.1 0.000	84.9 0.000	66.6 0.003	55.2 0.997	276.0 0.000
458		69.1 0.000	44.8 0.000	48.0 0.000	21.6 1.000	244.2 0.000
459		32.6 0.000	14.9 0.242	19.4 0.025	12.7 0.733	204.0 0.000

CLASIFICACIONES INCORRECTAS		DISTANCIA DE MAHALANOBIS Y PROBABILIDAD A POSTERIORI DE CADA UNO DE LOS GRUPOS.				
GRUPO	CENTRAL4	NADA	CENTRAL1	LATERAL	CENTRAL3	CENTRAL4
CASO						
283		236.2 0.000	212.1 0.000	204.2 0.000	193.8 0.000	42.8 1.000
284		481.2 0.000	446.4 0.000	440.9 0.000	412.6 0.000	85.2 1.000
429		149.2 0.000	119.0 0.000	110.4 0.000	83.7 0.000	67.2 1.000
430		340.9 0.000	291.9 0.000	306.0 0.000	240.3 0.000	29.8 1.000
442		389.7 0.000	341.5 0.000	356.0 0.000	298.2 0.000	37.5 1.000
443		228.3 0.000	177.1 0.000	184.7 0.000	136.7 0.000	26.4 1.000
AUTOVALORES						
	8.28359	1.87439	1.26195	0.20152		
PROPORCION ACUMULADA DE LA DISPERSION TOTAL.						
	0.71278	0.87407	0.98266	1.00000		
CORRELACIONES CANONICAS.						
	0.94461	0.80753	0.74693	0.40953		
VARIABLE COEFICIENTES DE LAS VARIABLES CANONICAS.						
1 V1	-0.12318	0.28902	-0.24826	0.17808		
2 V2	0.07734	-0.01119	-0.08532	-0.02521		
3 V3	-0.10569	0.59141	0.06030	-0.15383		
4 V4	1.06169	-2.55616	0.41171	-0.61667		
5 V5	-0.02089	-0.01762	0.01149	0.02625		
9 V9	-0.07432	0.09210	-0.07711	0.10241		
10 V10	-0.09524	-0.39554	0.05781	-0.36601		
11 V11	-0.09597	0.01524	0.08325	0.02345		
12 V12	0.03298	0.08833	-0.05880	-0.08537		
13 V13	0.21775	-1.02604	0.33044	0.33431		
17 V17	-0.05158	0.09966	-0.19297	-0.16627		
GRUPO VARIABLES CANONICAS EVALUADAS PARA MEDIAS DE GRUPO						
NADA	2.31157	-0.19811	0.50702	-0.12915		
CENTRAL1	-0.74610	0.47801	0.79037	1.63689		
LATERAL	-0.28912	0.03261	-2.18753	0.04253		
CENTRAL3	-4.69231	0.97181	0.64456	-0.25415		
CENTRAL4	-8.70543	-11.80247	0.64061	0.10271		
PUNTOS PARA EL DIBUJO						
GRUPO	COORDENADAS MEDIA		SIMBOLO CASO	SIMBOLO MEDIA		
NADA	2.31	-0.20	A	1		
CENTRAL1	-0.75	0.48	B	2		
LATERAL	-0.29	0.03	C	3		
CENTRAL3	-4.69	0.97	D	4		
CENTRAL4	-8.71	-11.80	E	5		



PUNTOS PARA EL DIBUJO

GRUPO	COORDENADAS MEDIA		SIMBOLO CASO	SIMBOLO MEDIA
NADA	2.31	-0.20	A	1
CENTRAL1	-0.75	0.48	B	2
LATERAL	-0.29	0.03	C	3
CENTRAL3	-4.69	0.97	D	4
CENTRAL4	-8.71	-11.80	E	5



PUNTOS PARA EL DIBUJO

GRUPO	COORDENADAS MEDIA		SIMBOLO CASO	SIMBOLO MEDIA
NADA	2.31	-0.20	A	1
CENTRAL1	-0.75	0.48	B	2
LATERAL	-0.29	0.03	C	3
CENTRAL3	-4.69	0.97	D	4
CENTRAL4	-8.71	-11.80	E	5

## **ANEXO VII.**

### **DATOS DE PARTIDA PARA EL ANALISIS ESTADISTICO. (Valores de las variables).**

En este anexo se muestran los datos que han servido de partida para la obtención de la función discriminante. En cada línea se muestra una primera columna de referencia, seguida de los valores de las 18 variables (las nueve primeras para las bobinas interiores y las nueve segundas para las exteriores). La referencia se compone de un primer número seguido de signos de control, este número inicial es el que servirá para identificar el vector de datos que se suministra como entrada al programa estadístico. En la última columna se muestra la calificación que a priori se estima tiene ese tramo en cuestión.

Los datos se muestran agrupados por defectos localizados, de modo que una línea en blanco indica la separación entre dos defectos, y dentro de un mismo defecto los datos se muestran a intervalos de cinco centímetros.

REFERENCIA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	TIPO
1nn1dn 20.43	4	26	0	0	49	33	9	3	2	3	21	0	0	33	-30	7	1	0	0
2nn1dn 20.48	8	7	0	0	143	-16	19	13	11	5	4	8	1	76	-17	12	8	4	2
3nn1dn 20.53	20	-66	23	5	283	-18	40	37	19	8	-33	24	2	109	-19	19	14	4	3
4nn1dn 20.58	18	-44	19	4	287	19	39	37	17	7	-18	19	1	109	23	18	13	2	3
5nn1dn 20.63	9	27	0	0	132	19	20	14	7	5	19	7	0	72	-25	12	8	2	2
6nn1dn 20.67	4	14	0	0	54	-28	10	5	1	3	11	1	0	36	-26	6	4	1	0
7nn1dn 21.06	3	5	0	0	44	13	7	4	2	2	7	0	0	25	17	4	3	1	0
8nn1dn 21.11	8	30	0	0	113	-18	18	13	5	5	19	4	0	72	-21	11	8	3	2
9nn1dn 21.16	17	-34	13	3	275	-20	39	34	12	8	-15	28	2	126	-22	20	15	3	3
10n1dn 21.20	24	-88	27	6	321	19	52	45	16	11	-45	35	3	130	-23	24	17	4	3
11n1dn 21.25	15	-11	11	2	253	17	33	29	15	7	-5	16	1	105	22	18	12	4	3
12n1dn 21.30	7	40	0	0	74	14	13	6	3	5	29	1	0	51	26	10	4	1	2
13n1dn 21.35	3	25	0	0	31	-29	6	2	1	3	22	0	0	25	-49	6	1	1	0
14n1dn 21.40	4	3	0	0	68	-17	10	7	4	2	7	0	0	31	-26	5	3	1	0
15n1dn 21.44	5	-17	0	0	77	-18	11	10	4	2	-5	0	0	28	-18	4	4	1	0
16n1dn 21.49	3	-4	0	0	60	26	8	7	1	2	1	0	0	30	24	4	3	1	0
17n1dn 21.54	2	13	0	0	28	20	4	2	4	2	12	0	0	24	21	4	2	1	0
18n1dn 21.59	4	22	0	0	55	10	6	2	5	3	19	0	0	30	-30	6	3	1	0
19n1dn 21.64	6	23	0	0	85	-29	11	8	5	3	17	0	0	33	-31	7	3	1	0
20n1dn 21.69	5	-2	0	0	79	-29	11	9	1	1	4	1	0	21	-27	4	1	1	0
21n1dn 21.73	4	-11	0	0	57	25	7	7	2	1	-1	0	0	18	22	2	2	1	0
22n1dn 21.78	2	-1	0	0	35	-13	2	5	2	1	3	0	0	19	14	2	2	1	0
23n1dn 21.83	2	2	0	0	31	26	3	4	1	1	8	0	0	11	18	2	2	1	0
24n1dn 21.88	3	13	0	0	39	13	7	4	1	2	12	0	0	21	27	4	2	1	0
25n1dn 29.70	6	-27	0	0	69	37	13	8	4	3	-13	0	0	37	35	7	3	2	0
26n1dn 29.75	7	16	0	0	108	38	17	8	9	4	9	4	0	58	37	9	6	4	2
27n1dn 29.79	16	-1	13	3	293	-19	33	36	19	7	-0	22	2	123	-20	16	15	6	3
28n1dn 29.84	26	-79	28	7	375	-19	53	53	21	10	-40	33	2	135	-22	24	18	3	3
29n1dn 29.89	19	-38	22	4	315	20	40	42	16	8	-22	23	2	125	20	19	16	5	3
30n1dn 29.94	9	21	0	0	133	-19	14	21	9	4	13	7	0	65	19	7	8	5	2
31n1dn 29.99	5	10	0	0	87	20	4	13	7	2	13	0	0	30	-14	3	4	2	0
32n1dn 30.03	5	1	0	0	87	-17	8	12	6	2	6	1	0	37	-14	4	4	2	0
33n1dn 30.08	3	-8	0	0	51	-18	6	8	4	1	1	0	0	19	15	2	3	0	0
34n1dn 30.13	2	1	0	0	35	46	3	2	5	2	10	0	0	24	38	4	1	2	0
35n1dn 30.18	7	-9	7	1	152	-11	8	12	13	3	11	4	0	48	-16	6	5	3	1
36n1dn 30.23	9	-12	14	3	172	-12	12	18	14	2	3	1	0	41	-23	3	6	3	1
37n1dn 30.28	5	-0	0	0	108	22	8	14	6	2	3	5	0	42	14	3	5	4	0
38n1dn 35.38	5	8	0	0	80	20	11	9	5	3	11	1	0	47	13	6	4	4	0
39n1dn 35.43	13	40	7	1	182	-20	27	25	8	7	24	19	1	92	-24	14	12	4	2
40n1dn 35.48	20	-19	23	5	343	-17	41	44	20	8	-8	27	2	133	-22	19	17	5	3
41n1dn 35.53	20	-47	24	5	297	19	39	41	20	8	-20	29	2	114	26	18	15	4	3
42n1dn 35.58	10	25	1	0	158	17	25	16	10	6	14	10	1	88	25	14	10	2	2
43n1dn 35.63	7	28	0	0	96	-20	14	10	6	4	17	0	0	47	-25	7	6	2	0
44n1dn 70.54	2	3	0	0	51	11	3	3	4	1	4	0	0	18	10	1	1	1	0
45n1dn 70.59	4	25	0	0	55	45	9	5	3	3	16	1	0	30	38	6	3	1	0
46n1dn 70.64	10	34	5	1	168	-16	21	19	11	5	14	5	0	74	-22	11	8	3	2
47n1dn 70.69	13	9	19	4	248	-15	15	31	23	6	-3	24	2	99	-20	9	14	8	1
48n1dn 70.73	11	16	14	3	215	14	18	24	17	6	8	22	2	109	20	11	13	7	2
49n1dn 70.78	6	23	0	0	75	19	13	9	6	4	17	1	0	50	19	8	5	3	0
50n1dn 70.83	2	-5	0	0	31	-34	5	1	2	1	2	0	0	20	-31	3	2	1	0
51n1dn 94.65	3	-0	0	0	55	17	7	5	3	2	4	0	0	33	14	5	3	2	0
52n1dn 94.70	8	41	0	0	95	31	19	9	2	5	28	1	0	56	29	12	6	0	0
53n1dn 94.75	13	32	5	1	201	-21	30	23	9	7	19	16	1	108	-22	17	12	4	2
54n1dn 94.79	17	-26	25	5	270	-23	30	38	19	8	-10	28	2	115	-24	14	17	7	3
55n1dn 94.84	14	-1	11	3	257	14	27	28	18	7	8	20	2	121	16	15	13	7	3
56n1dn 94.89	7	30	0	0	82	15	17	9	4	5	22	7	0	51	-29	11	6	1	2
57n1dn 94.94	3	-0	0	0	59	-15	8	6	3	2	4	1	0	33	-15	4	3	2	0
58n1dn 94.99	2	-6	0	0	31	12	4	3	1	1	-0	0	0	22	12	1	2	1	0
59n1dn111.34	1	1	0	0	25	10	4	1	1	1	5	0	0	12	37	2	0	1	0
60n1dn111.38	4	23	0	0	47	34	8	3	2	3	16	0	0	30	-24	5	3	2	0
61n1dn111.43	9	18	0	0	141	-17	20	15	7	5	9	6	0	77	-23	12	9	2	2
62n1dn111.48	19	-53	23	5	290	-19	39	38	19	9	-29	27	2	125	-19	20	16	6	3
63n1dn111.53	19	-42	23	5	303	20	40	39	17	8	-21	28	2	126	25	20	15	4	3
64n1dn111.58	10	30	0	0	156	19	22	19	7	5	18	7	0	83	25	12	10	3	2
65n1dn111.63	4	24	0	0	50	-36	8	5	5	3	18	0	0	34	-45	6	3	3	0
66n1dn138.30	7	28	0	0	105	20	15	14	4	4	13	0	0	52	20	8	7	2	0
67n1dn138.35	12	7	7	1	198	-25	29	26	7	6	6	8	1	92	-24	13	11	3	2
68n1dn138.40	18	-63	18	3	248	-20	40	34	12	7	-26	20	1	100	-23	17	13	3	3
69n1dn138.44	13	-32	6	1	182	29	31	21	9	6	-11	10	1	89	24	15	9	1	3

70n1dn138.49	8	44	0	0	93	28	17	6	2	5	28	2	0	54	28	11	4	2	2
71n1dn138.54	11	56	1	0	153	-17	22	13	12	6	33	4	0	61	-21	12	4	3	2
72n1dn138.59	13	-2	10	2	229	-20	28	28	12	5	3	5	0	89	-24	13	10	2	3
73n1dn138.64	11	-45	1	0	156	-20	20	23	10	5	-22	8	0	66	-22	9	9	5	3
74n1dn138.69	11	-51	0	0	145	-21	13	23	9	5	-26	5	0	59	-17	6	9	6	3
75n1dn138.73	16	-15	14	3	286	18	32	35	17	6	-5	19	1	112	20	15	14	4	3
76n1dn138.78	16	49	10	2	243	17	33	30	13	7	28	22	1	101	24	17	13	3	2
77n1dn138.83	8	31	0	0	97	-18	18	11	6	5	19	6	0	63	-18	10	7	5	2
78n1dn138.88	3	-13	0	0	52	-34	7	2	3	2	-4	5	0	33	-35	3	1	3	0
79n1dn138.93	3	-22	0	0	32	-32	6	0	3	2	-8	2	0	24	-14	2	1	2	0
80n1dn147.18	3	-0	0	0	54	-22	6	4	5	1	1	2	0	26	-22	2	2	2	0
81n1dn147.23	7	-22	0	0	112	-24	13	14	9	3	-7	2	0	40	-25	5	5	3	1
82n1dn147.28	7	-8	0	0	111	30	15	13	7	3	2	4	0	49	24	7	5	2	1
83n1dn147.32	5	16	0	0	75	-17	11	9	4	3	13	0	0	44	29	6	5	2	0
84n1dn162.63	4	12	0	0	57	41	8	4	6	2	12	1	0	35	41	5	2	4	0
85n1dn162.67	11	18	8	2	199	-16	21	24	14	6	11	19	1	96	-19	12	12	6	2
86n1dn162.72	22	-64	24	5	342	-19	47	45	17	10	-30	28	2	137	-23	22	18	4	3
87n1dn162.77	23	-64	25	5	338	21	51	45	15	10	-28	31	2	143	23	23	18	4	3
88n1dn162.82	13	34	8	2	212	18	30	23	12	7	22	11	1	99	23	16	11	4	2
89n1dn162.87	6	39	0	0	61	-48	14	4	3	4	25	1	0	38	-43	9	3	1	0
90n1dn165.88	3	3	0	0	47	15	3	6	4	2	7	0	0	33	15	3	4	3	0
91n1dn165.93	6	28	0	0	78	27	14	9	1	4	22	6	0	48	19	9	4	2	0
92n1dn165.97	8	31	0	0	102	-23	18	12	4	4	19	5	0	59	-22	10	6	2	2
93n1dn166.02	5	-4	0	0	83	-23	11	10	4	3	-3	2	0	50	-25	6	6	2	0
94n1dn175.81	3	2	0	0	51	27	9	5	2	2	3	0	0	29	32	5	2	2	0
95n1dn175.85	8	24	0	0	128	-16	17	12	9	4	13	7	0	59	-20	9	6	4	2
96n1dn175.90	18	-41	19	4	290	-18	37	36	18	7	-17	20	2	118	-20	17	14	6	3
97n1dn175.95	21	-68	25	5	305	22	44	41	16	9	-33	28	2	118	23	20	15	3	3
98n1dn176.00	11	-0	5	1	198	20	22	25	12	5	-1	13	1	89	22	11	10	5	3
99n1dn176.05	5	26	0	0	60	-18	3	9	5	3	18	0	0	34	15	3	4	3	2
100n1dn176.10	4	21	0	0	51	24	8	6	2	3	17	0	0	33	42	6	3	1	0
101n1dn193.83	3	-5	0	0	56	22	8	7	3	1	3	0	0	21	31	3	2	1	0
102n1dn193.88	6	31	0	0	71	25	16	4	4	5	24	0	0	46	41	10	5	1	0
103n1dn193.93	13	38	10	2	222	-15	30	22	15	7	22	18	1	110	-23	18	13	4	2
104n1dn193.97	24	-54	29	7	384	-19	49	50	25	10	-29	34	3	149	-23	24	19	5	3
105n1dn194.02	22	-63	27	6	341	17	43	43	24	9	-33	30	2	132	22	20	16	5	3
106n1dn194.07	8	11	4	1	151	14	16	15	10	4	6	7	1	69	15	8	8	4	2
107n1dn194.12	2	16	0	0	28	-14	3	4	2	2	12	0	0	14	13	2	2	1	0
108n1dn195.66	2	14	0	0	30	15	4	3	2	2	12	4	0	28	16	3	2	2	0
109n1dn195.71	6	34	0	0	60	-15	12	4	3	3	19	1	0	37	-23	7	3	2	0
110n1dn195.76	13	-5	8	2	216	-19	29	25	13	6	-6	12	1	95	-19	15	11	3	0
111n1dn195.81	23	-85	25	5	308	-20	49	42	15	10	-45	29	2	123	-26	23	16	4	3
112n1dn195.85	17	-53	16	3	273	18	36	34	16	8	-26	25	2	111	19	17	14	4	3
113n1dn195.90	6	8	0	0	106	14	10	12	7	3	5	4	0	51	17	5	6	4	0
114n1dn195.95	2	-2	0	0	27	-24	4	2	3	1	3	0	0	13	-19	1	1	2	0
115n1dn199.07	3	14	0	0	51	40	8	4	3	2	9	1	0	30	39	4	3	2	0
116n1dn199.12	10	32	0	0	154	-21	22	19	8	6	16	18	1	91	-19	12	11	5	2
117n1dn199.17	20	-46	20	4	315	-20	45	40	14	9	-23	27	2	148	-22	22	18	5	3
118n1dn199.22	24	-76	25	6	351	19	52	47	17	10	-39	31	3	136	22	24	18	3	3
119n1dn199.26	14	22	10	2	251	18	32	27	16	7	12	13	1	105	20	17	10	6	2
120n1dn199.31	12	67	1	0	146	-15	22	14	11	6	37	6	0	70	-22	14	4	5	2
121n1dn199.36	21	-24	13	4	354	-17	45	42	20	9	-11	31	2	150	-22	23	17	6	3
122n1dn199.41	26	-92	27	6	331	-18	56	49	15	12	-47	36	3	154	23	27	21	6	3
123n1dn199.46	15	-12	12	2	254	17	35	31	13	8	-6	25	2	124	22	19	14	4	3
124n1dn199.50	7	37	0	0	84	17	16	7	6	4	23	1	0	50	25	10	5	2	2
125n1dn199.55	3	4	0	0	44	-25	8	3	1	2	4	2	0	32	-16	5	3	1	0
126n1dn248.18	3	15	0	0	55	10	4	5	3	2	9	1	0	30	20	3	4	1	0
127n1dn248.23	8	24	0	0	133	-16	16	12	10	5	12	11	1	71	-21	10	9	3	2
128n1dn248.28	20	-50	20	4	312	-17	42	39	19	8	-25	27	2	127	-23	20	15	3	3
129n1dn248.32	24	-79	27	6	343	20	51	48	18	10	-39	28	2	134	23	23	16	3	3
130n1dn248.37	14	8	8	2	250	19	29	29	17	6	6	16	1	108	21	15	12	5	2
131n1dn248.42	7	43	0	0	73	15	10	5	9	4	28	1	0	44	18	8	3	3	0
132n1dn259.72	3	14	0	0	58	13	4	6	6	2	12	0	0	27	44	4	2	2	0
133n1dn259.77	9	24	8	2	158	-12	17	13	11	5	17	16	1	85	-18	11	10	5	2
134n1dn259.82	23	-43	27	8	415	-13	40	45	32	8	-16	23	2	133	-20	18	17	7	3
135n1dn259.87	24	-57	28	8	386	19	44	52	29	8	-26	29	2	112	27	18	15	3	3
136n1dn259.91	11	9	7	1	199	18	20	27	13	4	3	10	1	78	21	9	10	4	2
137n1dn259.96	4	12	0	0	75	-16	6	7	7	2	7	2	0	38	-16	3	5	2	0
138n1dn274.12	3	-9	0	0	62	36	6	2	6	2	-4	0	0	33	31	5	3	1	0













4951in	27.96	3	10	0	0	49	20	3	7	2	2	10	0	0	23	29	2	3	1	0
4961in	28.01	6	24	0	0	75	10	12	9	4	4	20	2	0	41	29	8	5	2	0
4971in	28.06	4	23	0	0	48	-15	8	6	4	3	18	0	0	33	-40	6	4	2	0
4981in	28.11	2	9	0	0	48	-11	2	1	5	1	7	0	0	24	-13	2	1	2	0
4991in	28.16	3	6	0	0	56	11	2	3	6	1	5	0	0	16	33	0	1	1	0
5001in	28.20	3	11	0	0	44	-12	3	5	4	2	10	2	0	30	9	4	1	2	0
5011in	28.25	5	17	0	0	73	-14	9	8	4	3	12	5	0	48	-13	6	3	4	0
5021in	28.30	5	-3	0	0	82	-13	10	7	6	3	-4	7	0	58	-15	7	5	4	0
5031in	28.35	5	-27	0	0	56	-36	10	3	4	3	-20	1	0	40	-30	7	2	2	0
5041in	28.40	5	-34	0	0	49	22	8	5	6	3	-22	0	0	32	23	5	3	4	0
5051in	28.44	5	-25	0	0	77	20	11	8	5	3	-15	0	0	46	22	7	5	2	0
5061in	28.49	3	-7	0	0	48	16	5	4	5	2	-2	0	0	28	20	3	3	2	0
5071in	28.54	3	-11	0	0	49	-14	6	4	4	2	-5	0	0	36	-12	4	3	2	0
5081in	28.59	5	-29	0	0	54	-19	12	5	2	3	-15	0	0	33	-16	6	2	2	0
5091in	28.64	5	-14	0	0	80	21	12	9	4	2	-6	0	0	37	16	5	4	2	0
5101in	28.69	5	2	0	0	83	-19	7	12	6	2	2	0	0	27	14	3	4	2	0
5111in	28.73	5	4	0	0	74	20	7	12	4	2	5	0	0	34	15	3	5	2	0
5121in	28.78	6	23	0	0	81	24	14	10	2	3	16	1	0	50	19	8	5	2	0
5131in	28.83	5	17	0	0	65	-27	11	8	2	3	13	0	0	34	-27	6	4	0	0
5141in	28.88	3	3	0	0	46	27	5	6	1	2	8	0	0	29	23	2	4	1	0

## **ANEXO VII - Continuación.**

En la tabla anterior se mostraron los valores de las variables que servirán de base para el análisis estadístico, referidas a un conjunto de tramos de cables en los que se han encontrado defectos. A continuación se muestra una representación gráfica de las salidas de las bobinas interiores y exteriores de los tramos en cuestión. La señal de las bobinas exteriores se muestra amplificada en los gráficos multiplicada por ocho, mientras que la de las interiores por cuatro, a fin de que ambas señales sean fácilmente comparables.

Tramo: 1-6

Tramo: 7-24

Tramo: 25-37

Ext x 8



Ext x 8



Int x 4



Int x 4



Tramo: 38-43

Ext x 8

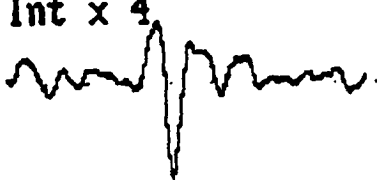


Tramo: 44-50

Ext x 8



Int x 4



Int x 4





Tramo: 51-58

Ext x 8



Tramo: 59-65

Ext x 8



Tramo: 66-79

Ext x 8



Int x 4



Int x 4

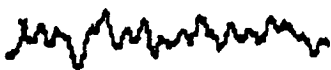


Int x 4



Tramo: 80-83

Ext x 8



Tramo: 84-89

Ext x 8



Tramo: 90-93

x 8



Int x 4



Int x 4



x 4



Tramo: 94-100  
Ext x 8



Tramo: 101-107  
Ext x 8



Int x 4



Int x 4



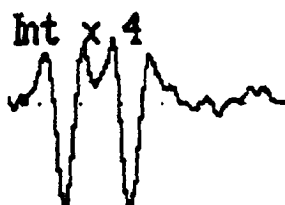
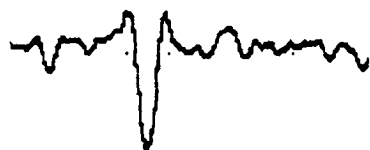
Tramo: 108-114



Tramo: 115-125  
Ext x 8



Tramo: 126-131  
Ext x 8



Tramo: 132-137

x 8



Tramo: 138-143

Ext x 8



Tramo: 144-150

Ext x 8



x 4



Int x 4



Int x 4



Tramo: 151-157

Ext x 8



Tramo: 158-164

Ext x 8



Tramo: 165-173



Int x 4



Int x 4



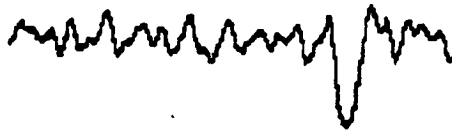
Tramo: 174-181

Tramo: 182-189

Tramo: 190-197

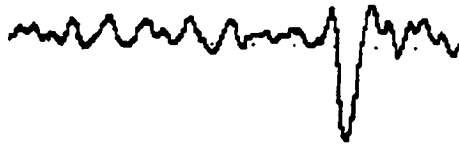
Ext x 8

Ext x 8



Int x 4

Int x 4



Tramo: 198-203

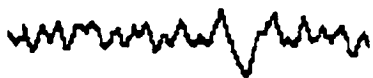
Tramo: 204-209

Tramo: 210-215

Ext x 8

Ext x 8

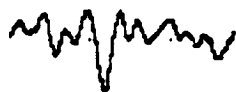
Ext x 8



Int x 4

Int x 4

Int x 4



Tramo: 216-223

Ext x 8



Tramo: 224-231 Tramo: 232-238

Ext x 8

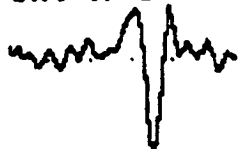


Tramo: 239-247

Ext x 8



Int x 4



Int x 4



Int x 4



Tramo: 248-256

Ext x 8



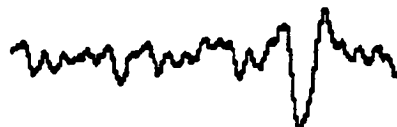
Tramo: 257-263

Ext x 8

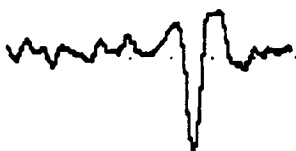


Tramo: 264-271

Ext x 8



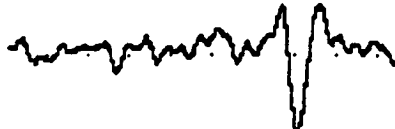
Int x 4

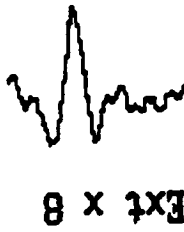
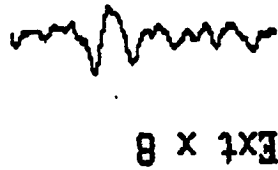
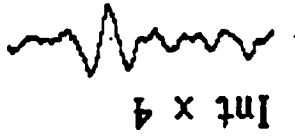
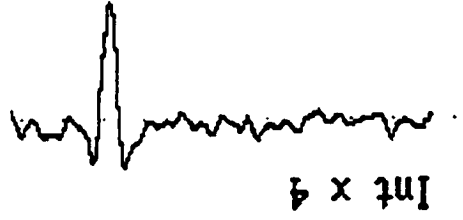


Int x 4



Int x 4

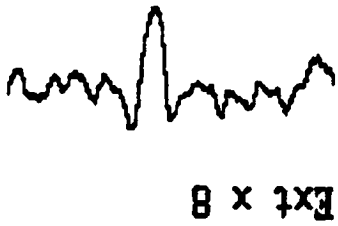
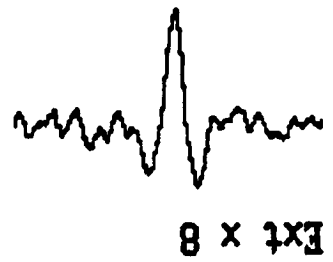




Tramo: 297-304

Tramo: 305-310

Tramo: 311-319



Tramo: 272-279

Tramo: 280-288

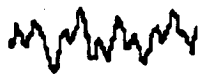
Tramo: 289-296

Tramo: 320-326



Tramo: 327-338

Ext x 8



Tramo: 339-346

Ext x 8



Tramo: 347-352

Ext x 8



Int x 4



Int x 4



Int x 4



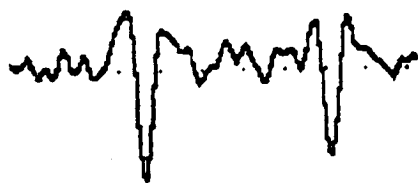
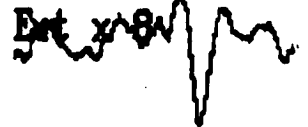
Tramo: 353-368



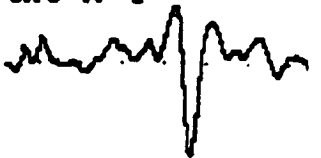
Tramo: 369-385



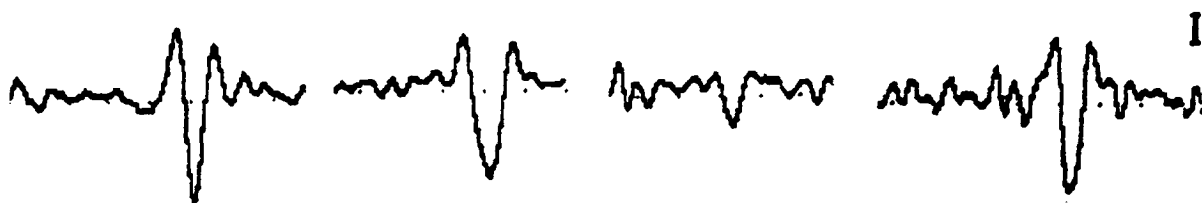
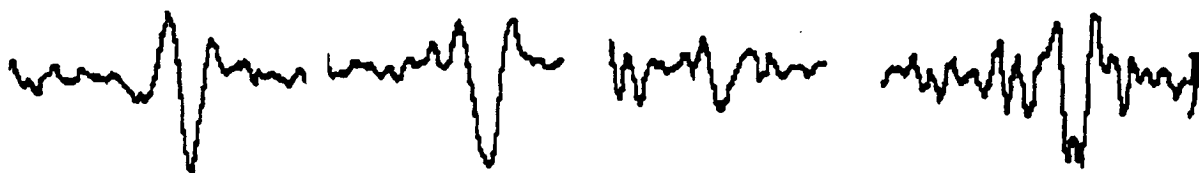
Tramo: 386-394



Int x 4



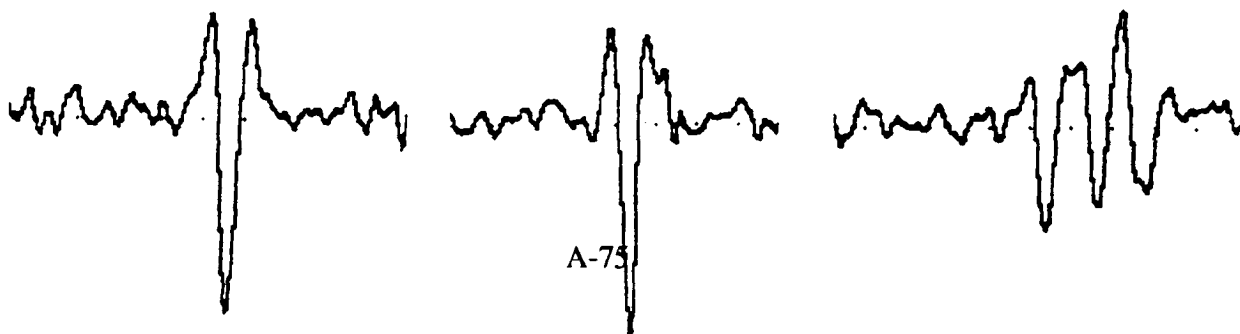
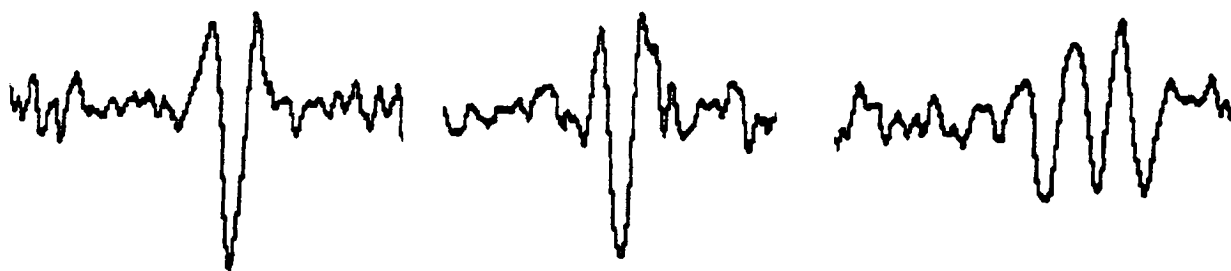
Tramo: 395-402 Tramo: 403-411 Tramo: 412-417 Tramo: 418-425



Tramo: 426-436

Tramo: 437-448

Tramo: 449-462



A-75



Tramo: 463-468



Tramo: 469-474



Tramo: 475-514 (Ruido)