



e. n. adaro

PROSPECCION GEOFISICA DEL CAMPO DE "LAS MONTA
ÑAS DEL FUEGO" (LANZAROTE). INFORME FINAL.

ANEXO 2 - SCANNER TERMICO

PEN

JUNIO, 1.981

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

50350

INFORME DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA MITAD OESTE
DE LA ISLA DE LANZAROTE PARA LA LOCALIZACION DE ANO-
MALIAS TERMICAS MEDIANTE EL EMPLEO DE SCANNERS TER-
MICOS AEROPORTADOS

I N D I C E

	<u>Pág.-</u>
1.- ANTECEDENTES	1
2.- OBJETIVO	4
3.- METODO DE TRABAJO	5
4.- FASES DEL TRABAJO	6
4.1.- TOMA DE DATOS DE LA ZONA	7
4.1.1.- Datos radiométricos	7
4.1.2.- Fotografía aérea de la zona	8
4.1.3.- Datos térmicos superficiales	8
4.1.4.- Datos geológicos de superficie	10
4.1.5.- Datos meteorológicos	11
4.2.- TRATAMIENTO DE DATOS	12
4.2.1.- Visualización de datos radiométricos.	13
4.2.2.- Localización de referencias topográ - ficas	14
4.2.3.- Localización de anomalías térmicas re lativas	14
4.2.4.- Catalogación de anomalías	14
4.3.- COMPROBACION DEL MAPA PREVIO DE ANOMALIAS ..	15
4.3.1.- Comparación de las referencias térmi- cas obtenidas simultáneamente al vue lo, con los resultados del mismo	15

4.3.2.- Observaciones geológicas de la zona y comparación con los datos aportados - por el radiómetro	15
4.3.3.- Prospección geotérmica sobre el terreno	16
5.- CONSIDERACIONES	17
6.- OPTIMIZACION DEL METODO	19
7.- COMENTARIOS AL ANEXO V	20
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22
ANEXO I	
ANEXO II	
ANEXO III	
ANEXO IV	
ANEXO V	

1.- ANTECEDENTES

La abundante presencia de aguas calientes en las islas Canarias, la existencia de vulcanismo contemporáneo, y la extraordinaria anomalía térmica presente en la Montaña de Fuego (Lanzarote) han hecho de este área objetivo primordial en la investigación geotérmica de los últimos años.

La anomalía citada anteriormente hizo que, ya en 1948, el IGME se interesase por la posibilidad de un aprovechamiento racional de las altas temperaturas y para ello puso en marcha campañas de investigación.

Posteriormente a través del C.S.I.C. y la Universidad de Madrid se llevó a cabo un estudio exhaustivo de campo con la realización de:

- Cartografía geológica 1:10.000
- Estudio de alteraciones hidrotermales
- Campaña de resistividades
- Estudio isotópico de vapor de agua condensado
- Sondeos de investigación termométrica
- Termometría de superficie
- Perfil sísmico profundo, coincidiendo con el proyecto Geodinámico
- Estudio de composición de gases

- Elaboración de un modelo analógico del supuesto campo geotérmico.

Según este modelo, a profundidades de 2.500-3.000 metros, existía un campo geotérmico ligado a los materiales calcáreos que subyacen a los terrenos volcánicos. Este campo presentaría escapes de vapor a través de fracturas que lo comunicarían con la superficie, lo que daría lugar a la anomalía térmica.

Por su parte el IGME acometió un proyecto con vistas a evaluar el potencial de este campo. Dentro de estas acciones, cabe resaltar:

- Campaña de sísmica marina con 12 perfiles alrededor de la isla.
- Estudio de microsísmica en la zona de La Montaña de fuego.

Mediante la primera se pudo confirmar la existencia de niveles sedimentarios que en las proximidades de la isla subyacían a los terrenos volcánicos. El segundo estudio permitía detectar áreas de mayor ruido para determinadas frecuencias, coincidiendo con zonas de anomalía térmica.

En este punto de la investigación se creyó oportuno acometer la realización de un sondeo explorativo profundo, que se llevó a cabo con la financiación de IGME, INI y C.E.E.

El sondeo, que alcanzó la profundidad de 2.700 m, cortó los terrenos sedimentarios a partir de 2.596 m, sin detectar anomalía térmica alguna.

Coincidiendo con la terminación del sondeo, el IGME llevó a cabo un estudio de los gases presentes en el subsuelo de La Montaña de Fuego, llegándose a la conclusión de que en los puntos de mayor anomalía se trataba de Nitrógeno en un 95%, - con algo de vapor de agua y CO₂.

Como resultado de estas investigaciones se podría prever que la existencia de un campo de vapor extendido a las profundidades previstas no parecía probable, y que, de existir un campo geotérmico más restringido en las proximidades de la anomalía térmica, éste no presentaba escapes de vapor.

Alcanzado este estado de la investigación cabía proponerse tres hipótesis:

1.- Existencia de un campo de vapor a mayor profundidad de la prevista (por debajo de 4.000 m).

2.- Existencia de un campo restringido a zonas marginales próximas a la anomalía térmica y cuyos escapes estuvieran sellados.

3.- Existencia de un campo de roca caliente seca.

Cualquiera de estas posibilidades justificaría continuar las investigaciones detenidas en 1977. Por otra parte la total dependencia del exterior a que están sometidas las islas en materia energética, no hace vano cualquier intento de desarrollo de fuentes propias.

2.- OBJETIVO

Se pretende con este trabajo la puesta a punto de una metodología capaz de proporcionar de modo automático una rápida información sobre la localización, forma, dimensiones y valor absoluto y relativo de temperaturas superficiales en zonas geotérmicamente anómalas. Todo ello como antecedente a cualquier otro tipo de investigación exploratoria más minuciosa que, en este caso, sería aplicada exclusivamente a las zonas de interés detectadas.

Se ha seleccionado, por la multitud de datos que se conocen al respecto, un área correspondiente aproximadamente a la mitad occidental de la isla de Lanzarote, utilizando como sistema de adquisición de datos un radiómetro BENDIX M2S aeroportado provisto de sensores aptos para captar información en la banda de las 8 a 14 μ perteneciente al infrarrojo térmico.

Los resultados obtenidos, elaborados a partir de los datos radiométricos y posteriormente corregidos en cuanto a efectos térmicos ambientales y geológicos, permitirán la detección y estudio de anomalías térmicas superficiales, evidenciando - sus posibles relaciones con yacimientos térmicos más importantes en zonas más profundas, por lo que el método de trabajo - propuesto es aplicable, en principio, a cualquier zona geotérmicamente anómala.

3.- METODO DE TRABAJO

La prospección de yacimientos geotérmicos mediante sensores aerotransportados, sensibles al infrarrojo térmico, es una técnica ya experimentada y en continua evolución debido a las ventajas que proporciona el almacenamiento digital de la información.

Los datos aéreos obtenidos, mediante la aplicación de procedimientos de tratamiento numérico, permiten una gran versatilidad en la visualización, en la aplicación de filtros digitales, suavizados, transformados y otras técnicas, que facilitan el acceso a distintas informaciones sobre una misma imagen en función de unas necesidades concretas.

El procesado numérico, permite además la introducción de modelos físicos o matemáticos, mediante los cuales se pueden corregir los ruidos o alteraciones debidos a efectos ambientales, cuantificables mediante parámetros de medida directa en las zonas de estudio, así como comprobar los datos obtenidos en la prospección térmica superficial.

4.- FASES DEL TRABAJO

1.- TOMA DE DATOS DE LA ZONA

- . Datos radiométricos
- . Fotografía aérea de la zona de estudio
- . Datos térmicos superficiales
- . Datos geológicos de superficie
- . Datos meteorológicos

2.- TRATAMIENTO DE DATOS

Con la realización de las siguientes fases:

- . Visualización de datos radiométricos
- . Localización de referencias topográficas para la ubi
cación de las distintas pasadas del avión
- . Ubicación de anomalías térmicas relativas locales
- . Catálogo de dichas anomalías y elaboración del mapa
correspondiente

2.- COMPROBACION DE LOS DATOS OBTENIDOS

Por medio de:

- . Comparación de las referencias térmicas obtenidas en

tierra simultáneamente al vuelo, con los resultados del mismo.

- . Observación de los mapas geológico y topográfico de la zona y posterior comparación con los datos aportados por el radiómetro.
- . Prospección geotérmica sobre el terreno para constatar la presencia de las anomalías detectadas radiométricamente y su ubicación en el mapa.

4.1.- TOMA DE DATOS DE LA ZONA

4.1.1.- Datos radiométricos

Los datos de la radiación emitida por el terreno fueron obtenidos mediante un radiómetro BENDIX M2S, perteneciente al INTA "Esteban Terradas" (Veasé ANEXO I) instalado en un avión CASA 212 del Estado Mayor del Aire, con tripulación del Ejército del Aire.

El avión sobrevoló la zona de Lanzarote comprendida entre $13^{\circ} 35'$ y $13^{\circ} 50'$ longitud Oeste en vuelo nocturno desde las 3 hasta las 6 (Hora legal local), con rumbo aproximado SONE, según consta en las órdenes de la operación NEPTUNO (ANEXO II).

Para la navegación nocturna se utilizó sistema de navegación Doppler.

Los datos de salida del M2S fueron procesados por el INTA para su almacenamiento en cinta compatible con ordenador (Computer Compatible Tape, CCT), obteniendo 10 cintas de 800 BPI por vuelo.

4.1.2.- Fotografía aérea de la zona

Simultáneamente al vuelo y con el mismo rumbo, se realizó la cobertura fotográfica diurna de la zona con cámara métrica. Dicho vuelo se plasmó en una serie de 260 fotografías aéreas que cubren la zona en estudio, con una escala aproximada de 1:6.000.

4.1.3.- Datos térmicos superficiales

El seguimiento térmico superficial y la asesoría termodinámica del proyecto fue realizada por la Cátedra de Mecánica y Termodinámica de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM dentro de un proyecto coordinado por el Dpto. de Mecánica y Astronomía de la misma Universidad.

Simultáneamente al vuelo se realizó un control de temperaturas en tierra con dos finalidades esenciales:

- . Determinación de la hora nocturna en que el sistema térmico superficial puede suponerse en estado estacionario, ya que tal condición es necesaria para la correlación entre temperatura superficial y flujo térmico terrestre.
- . Obtención de la "verdad terreno" de temperatura, para una correcta distribución superficial de temperaturas a la cual debe ajustarse la termografía final ya corregida.

Los datos obtenidos en la campaña de Lanzarote se pueden sintetizar en los siguientes apartados:

- . Temperatura del agua del mar. Debido a su gran estabi

lidad térmica proporciona una referencia común a toda la campaña y permite comprobar la bondad en la calibración del sistema aeroportado.

- . Temperaturas superficiales de litologías similares. - Obtenidas a diferentes cotas topográficas, a efectos de corrección de las superficies atmosféricas.
- . Temperaturas superficiales de litologías diferentes. - Medidas a cotas topográficas equivalentes con objeto de interpretar los resultados en función de las características litológicas.
- . Temperaturas superficiales en zonas conocidas y geotérmicamente anómalas. Para una primera evaluación - térmica de las mismas.
- . Evolución de las temperaturas en un punto de cierre. - Como comprobación de la estabilidad del sistema durante el intervalo de tiempo en el que se realizó la toma aérea de datos.
- . Curvas de enfriamiento del terreno debido a la acción del viento superficial. Evaluación de la convección - forzada, sobre diversas litologías, a efectos interpretativos del comportamiento térmico local del terreno.
- . Temperatura de un punto. Coincidiendo con la toma - aérea de datos, para su utilización como referencia - global del vuelo.

Para la toma de temperaturas se emplearon termorresistencias de platino Pt-100 con instrumental desarrollado en la Cátedra de Mecánica y Termodinámica, basado en el método de medida con termorresistencia de platino a "tres hilos", lo que permite su calibración absoluta mediante caja de resistencia - patrón. Comprobación que se realizaba antes y después de cada salida para control de errores sistemáticos en la medida. De esta manera es posible obtener datos con una precisión estimada en $\pm 0,2$ K.

En todos los reconocimientos instrumentales se llevó a cabo un reconocimiento diurno previo para localización de puntos de medida, ubicación en el mapa topográfico de los mismos y balizamiento en caso necesario, por dificultad en su localización nocturna.

4.1.4.- Datos geológicos de superficie

Paralelamente a la toma de datos térmicos previos al vuelo se realizaba un reconocimiento geológico superficial, cuyo objetivo principal era el conocimiento de las diversas litofacies presentes en la zona de estudio, teniendo en cuenta en cada caso las diferencias de emisividad entre los distintos materiales y las características térmicas de los mismos.

Se llegó a la conclusión de que la morfología actual de Lanzarote está condicionada, en terminos generales, por la distribución en superficie de materiales de origen volcánico, cubiertos en algunas zonas por otros sedimentarios o de origen químico, en su mayor parte caliches. A grandes rasgos se pueden resumir como sigue:

- . Sucesión tabular de basaltos de distintas edades pero de respuestas térmicas similares. Poseen conductividad y emisividad medias.
- . Lavas, igualmente procedentes de erupciones diferentes, formando lo que se denomina "Malpais", cuya emisividad y conductividad es baja.
- . Productos piroclásticos de granulometría fina, cuya conductividad y emisividad es mayor que la de lavas y basaltos.

4.1.5.- Datos meteorológicos

La toma de datos meteorológicos estuvo a cargo del Departamento de Física del Aire y Geofísica de la Universidad Complutense de Madrid, mediante la utilización de un equipo móvil de sondeos meteorológicos realizados simultáneamente al vuelo, lo que ha permitido obtener valores de parámetros meteorológicos hasta una altura de 600 m, sobre la cota topográfica de observación. (Véase ANEXO IV). Dichos parámetros incluyen:

- . Valores de temperaturas del aire para corrección de temperaturas superficiales por efecto de la columna de aire interpuesto y conocimiento de la situación de la capa de inversión térmica atmosférica respecto a la topografía.
- . Columna de humedad relativa de aire para realizar las correcciones debidas a la absorción de la radiación infrarroja por el vapor de agua.

Se eligieron como emplazamientos para tales sondeos el Aeropuerto de Arrecife y la población de Tinajo, puntos topográficos situados en los extremos de la zona de estudio.

Dada la necesidad de dejar libre el espacio aéreo durante el vuelo, los sondeos se realizaron a las 2 horas en Tinajo y a las 3 horas en el Aeropuerto de Arrecife (Horas locales).

Asimismo se obtuvo, mediante fotómetro de absorción, la humedad media de la atmósfera a las 12 horas solares para contraste y calibración de los datos del sondeo meteorológico.

4.2.- TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos, almacenados en CCT de 800 BPI, fueron tratados en el Centro de Investigación IBM-UAM a través del sistema interactivo RAMTEK de proceso digital de imágenes.

Los CCT de 800 BPI fueron previamente almacenados en CCT de alta densidad (a 6.250 BPI) obteniendo 3 1/3 cintas para cada vuelo, con un total de 10 ficheros accesibles.

El RAMTEK es un sistema de proceso de imágenes que actúa visualizando en la pantalla de TV de una terminal una señal de video, a la cual se la ha asignado una gama de grises o de colores.

La secuencia de datos (cada dato corresponde a 8 bit) , almacenados en la CCT, se dispone en filas y columnas, obteniéndose de este modo la configuración de la imagen en pantalla.

El sistema interactivo RAMTEK permite el tratamiento de datos con operaciones, tales como variación en la escala de colores, gama de grises, representación dicrónica de valores especificados y elaboración de diagramas de valores numéricos de una fila, seleccionada mediante un cursor que actúa sobre una cruz generada en la propia pantalla. Es susceptible de realizar operaciones estadísticas, como la obtención del diagrama de frecuencias de los datos expuestos en pantalla, valores individuales de filas y columnas seleccionadas por cursor, entrada numérica por terminal, etc.

El sistema se completa con una impresora térmica de "hard-copy" que permite la obtención de una copia de 10 tonos de gris de la imagen de pantalla.

Al estar conectado el RAMTEK al computador IBM 370 del centro de cálculo es posible el acceso a todo el sistema de periféricos del mismo, facilitándose el empleo de armarios de cinta, impresora, terminales, etc.

4.2.1.- Visualización de datos radiométricos

La primera fase de tratamiento de la información suministrada por el M2S es la visualización de las distintas pasadas con objeto de ubicarlas topográficamente. Tal visualización se realiza a razón de 1.024 líneas por pantalla y, puesto que cada pasada incluye 20.000 líneas, para situar un vuelo completo es necesario inspeccionar 200 imágenes de pantalla.

El valor de la temperatura superficial viene dada por una gama de 256 tonos de gris (8 bits), transformable en una escala de temperaturas expresadas en grados centígrados, cuyos

extremos están determinados por las temperaturas de calibración de los cuerpos negros del M2S, que se ajustan en cada vuelo de acuerdo con la temperatura del terreno.

4.2.2.- Localización de referencias topográficas

En cada imagen de pantalla, se establecen las oportunas referencias topográficas: carreteras, pueblos, líneas de costa, etc., que permiten determinar exactamente sobre el mapa topográfico la anchura y dirección de cada pasada del vuelo.

4.2.3.- Localización de anomalías térmicas relativas

A partir de los registros obtenidos por el radiómetro, se seleccionaron aquellos puntos, alineaciones y regiones, que presentaban contrastes térmicos dentro del área considerada. - Si la diferencia de temperatura se establece en 1°C respecto al entorno, o fondo, es posible obtener un catálogo de anomalías ya depurado en esta primera fase, habiendo eliminado previamente aquellas que no son naturales, como asfalto de carreteras, campos roturados, casas aisladas, zonas de explotación industrial, etc.

4.2.4.- Catalogación de anomalías

La inspección anterior proporcionó una serie de puntos anómalos característicos que fueron la base de la posterior inspección sobre el terreno, la cual se llevó a cabo para confirmar el origen de cada anomalía relativa detectada, desechándose, en principio, efectos debidos a pequeñas diferencias de emisividad térmica en materiales similares. (Veasé Mapa).

El listado de anomalías encontradas se encuentran reseñado en el ANEXO IV. En él se especifican las temperaturas de cada anomalía y las de su entorno inmediato, respecto al cual se considera anómala su temperatura. Esto permite inferir de modo inmediato las características térmicas de las grandes masas de material presentes.

4.3.- COMPROBACION DEL MAPA PREVIO DE ANOMALIAS

Se llevó a cabo del siguiente modo:

4.3.1.- Comparación de las referencias térmicas obtenidas simultáneamente al vuelo, con los resultados del mismo

Esta comprobación fue necesaria, tanto para la calibración del sistema de adquisición de datos de M2S como para evaluar la incidencia que el efecto del filtro atmosférico pudiera tener sobre las medidas obtenidas.

4.3.2.- Observaciones geológicas de la zona y comparación con los datos aportados por el radiómetro

Las diferentes litologías, con sus distintas emisividades en el TIR, pudieran inducir diferencias de temperatura según se deduce de la radiación infrarroja procedente de ellas. Por ello fue necesario considerar los datos obtenidos por el M2S a la luz de las características litológicas de los terrenos, con objeto de lograr una correcta interpretación de los datos.

4.3.3.- Prospección geotérmica sobre el terreno

Por último, fué necesario que las anomalías, resultantes de los filtrados anteriores, fuesen comprobadas sobre el terreno a fin de clasificarlas de acuerdo a su posible etiología. Tal comprobación se hizo disponiendo de un instrumental termométrico idóneo preparado para discernir efectos térmicos de cualquier índole que pudieran intervenir en el fenómeno.

5.- CONSIDERACIONES

- . Las diferencias litológicas inducen respuestas distintas debidas a la diferencia de inercia térmica entre los materiales. Es notable la aparente anomalía representada por pequeños afloramientos de basalto en contacto con piroclastos. Dichos afloramientos son fácilmente identificables en las imágenes de infrarrojo.
- . Es importante señalar el comportamiento de las zonas de calichificación que producen diferencias de temperatura de 2°C por encima de su entorno inmediato, lo cual se identifica con un comportamiento específico de este material respecto a la radiación infrarroja.
- . La actividad biológica, industrial y civil puede dar lugar a aumentos locales de energía que se manifiestan en forma de comportamiento térmico atípico, en ocasiones con un incremento apreciable del "ruido".
- . El mar, se comporta como un sistema extraordinariamente estable, siendo insignificante su fluctuación de temperatura.
- . Finalmente, se confirma y amplía el conocimiento de las anomalías previamente estudiadas tanto en el Par

que del Trimanfaya, como en otros lugares de la isla, que al presentarse fuertemente contrastadas sobre el fondo permiten establecer con nitidez la estructura general del campo geotérmico superficial. (Véase Ma pa).

6.- OPTIMIZACION DEL METODO

El método desarrollado permite la obtención de un mapa de anomalías térmicas, si bien, dado que la información aparece en forma digital, es posible realizar tratamientos más completos.

Dichos tratamientos constarían esencialmente de:

- . Restitución geométrica y topográfica de las imágenes de infrarrojo a partir de las referencias obtenidas - en la visualización del vuelo.
- . Elaboración de un mapa global de isotermas de la zona superponible al topográfico en uso.
- . Corrección de los efectos atmosféricos mediante módulos analógicos de superficies atmosféricas, determinados por los datos térmicos y meteorológicos obtenidos simultáneamente al vuelo.

7.- COMENTARIOS AL ANEXO V

En el Anexo V se adjunta una colección, FOTOCOPIAS, de "hards-copys" obtenidas directamente del sistema RAMTEK, aun que existe una pérdida notable de calidad debido a que se ha pasado de una gama de 256 tonos de gris a otra de 10 únicamente.

Las láminas 1, 2, 13, 22, 23 y 24 representan imágenes con anomalías debidas a calichificación; sobre ellas aparece - impresionada la gráfica del corte de temperaturas realizado en la línea horizontal indicada por la cruz.

En la lámina 1 (vuelo 1) y en la 13 (vuelo 2), en el margen izquierdo de la imagen se incluye la correspondencia con la escala centígrada de temperaturas.

La lámina 12 corresponde a una "anomalía" inducida por un afloramiento de basalto en contacto con material piroclástico.

El resto corresponde a anomalías por temperatura superficial elevada, siendo particularmente espectacular la lámina 7 en la que puede observarse parte de la anomalía del macizo de Timanfaya, que aparece más detallada en las láminas 18 y 20, correspondiente al vuelo 2.

Las láminas 6, 10 y 23 se han obtenido mediante una re
presentación en blanco sobre fondo negro de zonas cuyas tempe
raturas de infrarrojos son superiores a un valor determinado.

8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFIA

ARAÑA V., HERNAN F. y ORTIZ R.- Deep structure of Timanfaya Volcano and its implications of the Canarian Archipiela-go origin.

Departamento de Petrología y Geoquímica CSIC. MADRID. - Spain.

AFONSO A., ORTIZ R., BADIOLA E.R. y YUGUERO J. (1974).- Estudio de la anomalía Térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote).

Boletín Geológico y Minero T. LXXXV-IV. Año 1974 (413 - 420).

ARAÑA V., ORTIZ R., BADIOLA E.R. y YUGUERO J. (1974).- Geothermal Power Generations in Basaltic Provinces, Lanzarote (Canary Islands) Proceedings of a conference held at Hilo, Hawaii on February 4-8, 1974. United States National Science Foundation: Japan Society for de promotion of Science.

ARAÑA V., ORTIZ R. y YUGUERO J. (1973).- Termal anomalies in Lanzarote (Canary Islands).

Geothermics (1973) Vol. 2 n° 2.

CARRACEDO J.C. y BADIOLA E.R.- Estratiografía paleomagnética de la isla de Lanzarote.

DORIA J., YUGUERO J. y ORTIZ R. (1975).- Estudio analógico de distribución de Temperaturas en una zona Volcánica.
Anales de Física. (1975).

ORTIZ R. y YUGUERO J. (1975).- Desarrollo de un modelo analógico para el estudio de procesos con fluidos geotérmicos.
Anales de Física. (1975).

PAREDES PERLADO J. 1971 .- Informe sobre los Termogramas aéreos infrarrojos de las islas Canarias. -
Fondo especial de Naciones Unidas. UNESCO. Madrid. No
viembre 1971.

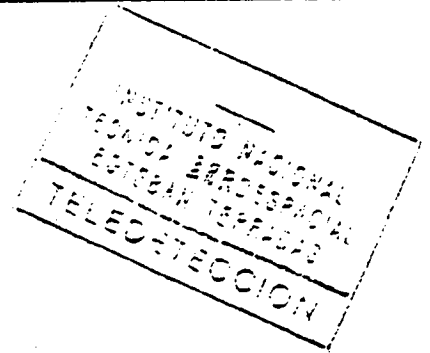
SEVILLA M.J. y PARRA R. (1975).- Levantamiento gravimétrico de Lanzarote.
Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid T.LWIX, cuaderno 2º.

WILLIAMS R.S. y FERNANDOPOULLE D. (1972).- Geological analysis of aerial Termography of the Canary Islands, Spain.
Proceedings of the eighth international Symposium on Remote Sensing of environment. Volumen II. 2-6 October - 1972.

ANEXO I

FUNCIONAMIENTO DEL RADIOMETRO

BENDIX M2S



NOTA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL M.2 S.

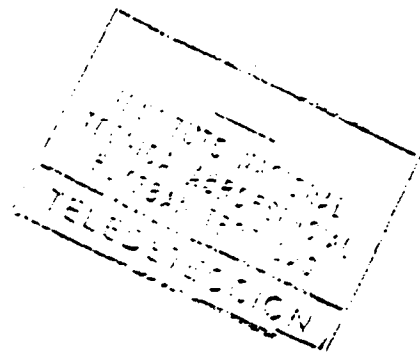
1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El M2S (Modular Multiband Scanner) es un sistema radiométrico de adquisición de datos, con los que se puede sintetizar una imagen en cada uno de los once canales espectrales. 10 de ellos cubren el espectro de 0.4 a 1.1 μ , y el onceavo de 8 a 14 μ .

El sistema está instalado actualmente a bordo de un avión CASA 212 del Estado Mayor del Aire, y se compone de dos subsistemas: óptico/radiométrico y de proceso de señales.

2. SUBSISTEMA OPTICO / RADIOMETRICO

Consiste en un espejo giratorio que dirige la energía procedente del suelo a un telescopio Dall-Kirkham con un campo instantáneo de visión de 2.5 milirradiantes. A continuación existe un filtro dicróico que refleja el canal térmico (8-14 μ) hacia un detector de Hg-Cd-Te enfriado con nitrógeno líquido, y permite el paso de los canales visibles (0.4 a 1.1 μ) sin atenuación. Una gratícula de difracción separa esta radiación según las longitudes de onda respectivas, y 10 detectores de silicio suministran una salida eléctrica proporcional a la energía captada.



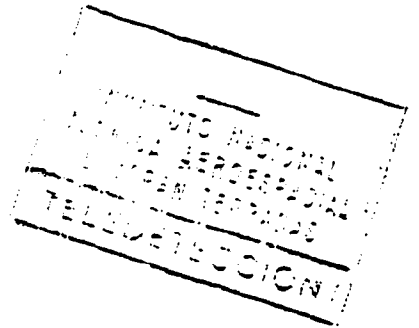
Para los 10 canales visibles pueden utilizarse dos fuentes de referencia de alto nivel y una de bajo nivel. Las de alto nivel pueden ser la luz celeste o la procedente de una lámpara de calibración atenuada por un filtro neutro de seis posiciones. La de bajo nivel (nivel cero) es el cuerpo negro frío que se describe más adelante.

Hay dos fuentes de referencia (cuerpos negros) para el canal térmico. La temperatura de ellos puede ajustarse independientemente en un intervalo de -10° a 60° C. El sistema lleva incorporada una presentación digital de las dos temperaturas.

3. SUBSISTEMA DE PROCESO DE SEÑALES

3.1. Proceso analógico

La salida de los detectores se lleva a un preamplificador separado para cada canal. El espejo rotatorio, en cada revolución, refleja sobre los detectores, las señales de las fuentes de referencia. La referencia de bajo nivel se utiliza para ajustar automáticamente el cero de salida de los preamplificadores. La de alto nivel se selecciona de modo que sea superior a la radiación más alta recibida del suelo. De este modo la señal procedente de los preamplificadores queda dentro del margen dinámico de los convertidores analógico-digitales que codificarán más adelante la señal. Así, conocidas las intensidades de las fuentes de referencia, puede establecerse la función que relaciona la salida del preamplificador con la radiación recibida.



3.2 Proceso digital

La salida de los preamplificadores es codificada en un sistema de 8 bit, código E-O-L. Para conseguir una corriente de datos continua, ya que la información se genera solamente durante 120° de revolución del espejo. Los datos se almacenan en una memoria intermedia que se descarga a 1/3 de la velocidad de entrada. La posición angular del espejo en el instante inicial de toma de datos se controla con un giroscopio que compense el movimiento de cabeceo del avión.

La corriente de datos se compone de líneas barridas con 803 puntos de imagen en cada línea. Cada punto corresponde a un campo instantáneo de visión de 2,5 miliradianes. El sistema superpone 35 palabras más, con datos de sincronización y auxiliares.

Cada corriente de datos (11 en total) se almacena en pistas separadas de una cinta magnética cuya velocidad de arrastre está controlada por la de rotación del espejo.

.....

A N E X O

OPERACION NEPTUNO

COMISIÓN DE OPERACIONES NAVA. 662/80 CONSERVACIONES A LOS VUELOS QUE SE REALIZAN PARA EN LA ISLA DE LANTAROS EN LA MISMA OPERACIONES VARIAS.

RESUMEN.

Se ha de hacer un informe de nuevo (9) días, correspondiente entre los días 13 de mayo y al 21 de mayo con el siguiente.

OBJETIVO.

Realizar los siguientes vuelos de conservación en el día 13, y en los días 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

ACTIVIDADES.

Este vuelo se está realizando por teléfono número del Estado Mayor del A-10.

RESUMEN.

La actividad que se realiza al día 13, tanto en el traslado a tierra, como a su vuelta a la Península por vía aérea.

OPERACIONES REALIZADAS.

Se realizaron cinco vuelos de conservación, más a 2.000 pies y uno a 2.500 pies con el mismo propósito, y en vuelo de conservación a 3.000 pies. Además de los vuelos de conservación para traslado al avión de los pilotos y de los vuelos de conservación y su regreso a la base de destino.

COMENTARIOS.

Debido a la mala visibilidad, el día 13 y los días 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo (los vuelos de conservación por día) se realizó a los pilotos los siguientes vuelos de conservación para traslado al avión de los pilotos y de los vuelos de conservación y su regreso a la base de destino.

- CAPITAN NAVA (Piloto)
- COMANDANTE NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)

- CAPITAN NAVA (Piloto)
- COMANDANTE NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)
- CAPITAN NAVA (Piloto)

Además se hace un informe de los vuelos de conservación de los días 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

(NOTA) De los vuelos de conservación, se (NOTA) de los vuelos de conservación de los días 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

Los comentarios de la tripulación sobre la seguridad de los vuelos de conservación.

Respecto del avión de destino Flotas a tierra de los días 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

Respecto del avión de destino a tierra de los días 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

Vuelo de conservación de los días 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 de mayo.

11 Vuelos de conservación

COMANDANTE NAVA, CAP. NAVA, COM. NAVA y COM. NAVA. Además del personal del A-10.

20 Vuelos de conservación

CAP. NAVA, CAP. NAVA, COM. NAVA y COM. NAVA. Además del personal del A-10.

3º Vuelo nocturno:

CAP. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO. Además del personal de la tripulación.

4º Vuelo nocturno:

COM. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO. Además del personal de la tripulación.

5º Vuelo nocturno:

COM. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO. Además del personal de la tripulación.

6º Vuelo nocturno:

CAP. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO. Además del personal de la tripulación.

7º Vuelo nocturno Polígono sobre la zona de Puerto:

CAP. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO. Además del personal de la tripulación.

Desplazado del avión desde la zona de Puerto a Puerto.

COM. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO.

Desplazado del avión desde Puerto a Puerto.

COM. JERONIMO, CAP. JERONIMO, BOCA. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO.

DESPLAZAMIENTO

09:00 Despegue del avión de la zona de Puerto. Se despegó desde Puerto, vía Puerto. A las 10:00 horas las comunicaciones radioeléctricas cesaron y fue el lugar de aterrizaje sea Puerto o Puerto. Se despegó y al día se establecieron las comunicaciones.

11:00 Salida del puerto de los componentes de la misión desde Puerto en el avión:

COM. JERONIMO, CAP. JERONIMO Y BOCA. JERONIMO.

12:00

09:00 El jefe de la Expedición, COM. JERONIMO, llevó la presentación oficial ante el General Jefe de la 2da Zona Militar. El motivo del vuelo 10:30 Vuelo de reconocimiento para trasladar a los componentes de la Misión a la Base de Operaciones.

12:00 Vuelo nocturno de la zona a Puerto de Puerto, realizado con el personal de todos los componentes de la Misión; en el momento de despegar se trasladó para continuar los vuelos nocturnos.

20:00 Salida del Primer vuelo nocturno.

04:00 Salida del Segundo vuelo nocturno.

COM. JERONIMO - La duración de los vuelos nocturnos sobre la zona de Puerto, es de 10:00 a las 10:00 y el siguiente a las 4 de la mañana. A no ser que las circunstancias radioeléctricas aconsejen lo contrario.

El jefe de la Repetición recibirá la autorización de los valores a favor de la tecnología.
El Pabellón de la República, se hará cuando el jefe de la República cree sus condiciones por el desarrollo y por el desarrollo del personal. Antes de las 19:00 horas se hará una reunión en el Pabellón de Oficinas de la República, de donde los representantes de la República se irán realizando todos los valores, todo el personal se trasladará a Pabellón de la República.

VALORES

9900 El jefe de la República se presentará en el Estado Mayor de la República para solicitar autorización para el personal que no trabajará el jefe y para el equipo RD.
De igual modo se desplazará con el General Jefe de la República.

VALORES

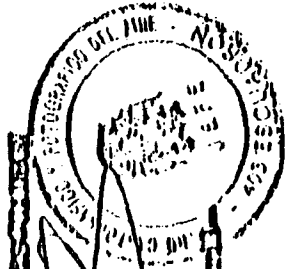
6700 Salida del jefe de Estado para Centro Pabellón de la República.
7100 Salida del jefe de las operaciones de estado desde Estado a Estado. VALOR, VALOR, VALOR y VALOR.

El jefe de la República se desplazará de Pabellón a Estado para hacer un estudio de las condiciones, así como también de cumplir con los requisitos de valores que están valores a las oficinas de la República.

RESUMEN - Los valores de la República son:

- VALORES 570 etc. - 2.500 pesos al jefe de la República
- VALORES 70 etc. - 1.700 pesos al jefe de la República
- VALORES 57 etc. - 1.500 pesos al jefe de la República
- VALORES 60 etc. - 1.800 pesos al jefe de la República
- VALORES 608 etc. - 1.850 pesos al jefe de la República
- VALORES 576 etc. - 1.500 pesos al jefe de la República
- VALORES 443 etc. - 1.400 pesos al jefe de la República

70 20



Centro Pabellón, 70 de Septiembre de 1960
EL COM. JEFES DE OPERACIONES
[Signature]
Estado Mayor de la República

DISTRIBUCION

PARA CONOCIMIENTO Y APROBACION

Ejemplar FF

Sr. General Jefe del Centro Cartografico y
Fotografico.

1

PARA CONOCIMIENTO

Sr. Comandante Jefe de la Unidad

2

PARA CONOCIMIENTO

Sr. Capitan Comandante del Batallon
del Jefe de Repeticion del AREA

3

4

PARA APROBACION

LOS ENCARGADOS DE AREA (OPERACIONES)

576

ANEXO III
SONDEOS TERMODINAMICOS PARA OBTENER
EL CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA EN
LAS CAPAS BAJAS ATMOSFERICAS DE
LANZAROTE

CATEDRA DE FISICA DEL AIRE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

SONDEOS TERMODINAMICOS PARA OBTENER
EL CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA EN LAS
CAPAS BAJAS ATMOSFERICAS EN LANZAROTE.

DICIEMBRE - 1980

INTRODUCCION

En un estudio termométrico de la superficie terrestre mediante fotografía aérea infrarroja a baja altura, lo que interesa es registrar las variaciones de la intensidad radiativa del suelo dentro de una banda espectral en que los efectos absorbentes de la atmósfera sean los menores posibles. La banda que generalmente se considera es la comprendida entre 8 y 14 μm de longitud de onda, coincidente en su mayor parte con la denominada "ventana atmosférica", por ser en ella donde tiene lugar la principal pérdida radiativa de la superficie terrestre, al ser mínima la absorción.

No obstante, en esta banda espectral el vapor de agua tiene un ligero efecto absorbente que, si bien en un estudio global de la transmisividad atmosférica se desprecia, en el caso que nos ocupa puede llegar a ser significativo.

Además del vapor de agua existen en la atmósfera otros gases como el ozono y el anhídrido carbónico, que poseen asimismo algunas bandas de absorción, más o menos estrechas e importantes, en la región de 8 a 14 μm , aunque generalmente no se consideran, bien por su escasa importancia frente al efecto del vapor de agua (caso del CO_2 hasta $\lambda = 14 \mu\text{m}$, pues a partir de esta longitud de onda el efecto de este gas es el predominante), o bien porque su presencia en las capas bajas atmosféricas resulta muy escasa (caso del O_3 , aunque en ciertos lugares y épocas del año puede llegar a ser significativa).

OBJETIVO Y METODO DEL ESTUDIO

El estudio que realizó la Cátedra de Física del Aire de la Universidad Complutense de Madrid por encargo de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, consistía fundamentalmente en determinar la cantidad de vapor de agua en los primeros 800-1000 m

por encima del nivel del mar, altura a la que se iba a llevar a cabo el vuelo fotográfico.

Para ello se empleó un sistema de sondeo termodinámico de la baja atmósfera mediante un globo cautivo, por ser éste el método más directo y exacto de medida de los parámetros meteorológicos en los primeros 800 m de la atmósfera, al poderse controlar la velocidad de ascenso de la sonda con lo que se obtiene la estructura "fina" de una región de la atmósfera.

El equipo consiste esencialmente en una sonda portadora de sensores para medir la temperatura (del aire seco y húmedo), la presión, la velocidad y la dirección del viento. Toda esta información es enviada teleméricamente (403 MHz en FM) a un receptor en tierra que transforma la señal, ofreciendo los datos en unidades meteorológicas. La sonda va suspendida en un globo aerodinámico de unos 4 m^3 de volumen lleno de helio y sujeto a un cable de 1000 m de longitud enrollado a un cilindro que rota por medio de un motor eléctrico de velocidad de giro variable (0 a 100 m de cuerda/minuto).

Este método de sondeo lleva consigo unas limitaciones que, en algunas ocasiones, impide que se alcance la altura máxima de 800-1000 m, como son: la necesidad de ausencia de obstáculos que puedan rozar o romper el frágil cable que sujeta al globo, y la imposibilidad de ascenso cuando la velocidad horizontal del viento supera los 8-10 m/s, debida a la misma configuración aerodinámica del globo.

De los datos que nos proporciona este equipo de sondeo, sólo nos interesa la temperatura del termómetro seco y húmedo (T y Tw) y la presión para determinar la altura a la que se encuentra la sonda en cada momento. A partir de estos tres parámetros puede hallarse la cantidad de vapor de agua que exista por bajo de la altura que se considere. Este dato se suele dar en cm^3 de vapor de agua contenido en una columna de 1 cm^2 de sección, o bien $\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm}$, por lo que se habla de espesor reducido de vapor de agua en cm.

RESULTADOS

En total se efectuaron seis sondeos, dos por cada noche en que se realizaron vuelos fotográficos. Dichos sondeos se llevaron a cabo en dos lugares diferentes de la mitad meridional de la isla de Lanzarote: Tinajo y Aeropuerto de Lanzarote, distanciados entre sí unos 20 km en línea recta, a diferentes alturas sobre el nivel del mar, y situados en la parte occidental y oriental de la isla. Se eligieron estos dos puntos por varias razones: el Aeropuerto aparte de ser un lugar libre de obstáculos y con un gran hangar para almacenar el globo, nos ofrecía los datos meteorológicos que nos fueran necesarios, y en cuanto a la elección del pueblo de Tinajo se debió a las facilidades que nos ofrecieron para encontrar un lugar idóneo de lanzamiento y almacenaje del globo. Además de esto, al pensarse que sería conveniente realizar dos sondeos casi simultáneos en dos puntos diferentes por ver si se encontraba alguna diferencia entre ellos, creímos que lo ideal sería que estos dos puntos de lanzamiento se encontraran cada uno a un lado de la isla, como así sucedía.

Debido al fuerte viento NE ($v > 8$ m/s), muy frecuente en Lanzarote como ya advertimos antes de empezar el estudio, que en esos días soplaba a partir de una cierta altura, en ninguno de los sondeos se superó el nivel de los 500 m, aunque teniendo en cuenta la altura topográfica de Tinajo, se alcanzaron aproximadamente los 630 m sobre el nivel del mar. Por otra parte, como puede comprobarse en los datos que adjuntamos, los sondeos realizados en cada uno de los puntos elegidos, a partir de una cierta altura (alrededor de 100 m por encima del nivel de Tinajo) son perfectamente enlazables.

Como el vuelo fotográfico se efectuó a 800-1000 m de altura sobre el nivel del mar, para obtener el contenido de vapor de agua en la capa situada por debajo, es necesario realizar una extrapolación. Dicha extrapolación resulta sencilla ya que como puede comprobarse, la variación del contenido de vapor de agua con la altura se mantiene prácticamente constante, cosa por otra parte muy común en zonas costeras próximas a los trópicos.

En cada una de las gráficas adjuntas correspondientes a cada día de estudio, las dos figuras de la parte izquierda corresponden a los sondeos realizados en Tinajo y Aeropuerto representados en un diagrama de Stüve, de tal forma que las curvas de temperatura del termómetro seco y húmedo se representan, respectivamente en color rojo y verde, mientras que la recta de trazo grueso en color negro corresponde a la relación entre la presión barométrica y la altura geométrica. Las otras rectas de trazos finos corresponden a líneas equisaturadas, es decir de proporción de mezcla constante (gr. vapor de agua/kg. aire seco).

En la figura situada en el lado derecho de cada gráfica se representa el espesor de agua precipitable P.W. en cm. (es decir, el contenido de vapor de agua en una columna extendida a toda la atmósfera de sección unidad (cm^3/cm^2)) desde el nivel del mar hasta cada altura, que se lee en ordenadas. En estas figuras se observa el ajuste casi perfecto de los puntos a una recta, lo que hace posible el cálculo del contenido de vapor de agua en la vertical de cualquier lugar de la zona sometida a estudio, hasta el nivel de vuelo del avión, cualquiera que sea su cota topográfica, sin más que disponer de su altura sobre el nivel del mar. En cada una de las figuras se incluye la expresión de estas rectas de regresión. Así por ejemplo, el día 17 de Noviembre el nivel de vuelo del avión fué de 1000 m sobre el nivel del mar, la corrección a efectuar en la intensidad radiativa de un punto situado en la cota topográfica de 250 m corresponderá a un contenido de vapor de agua de:

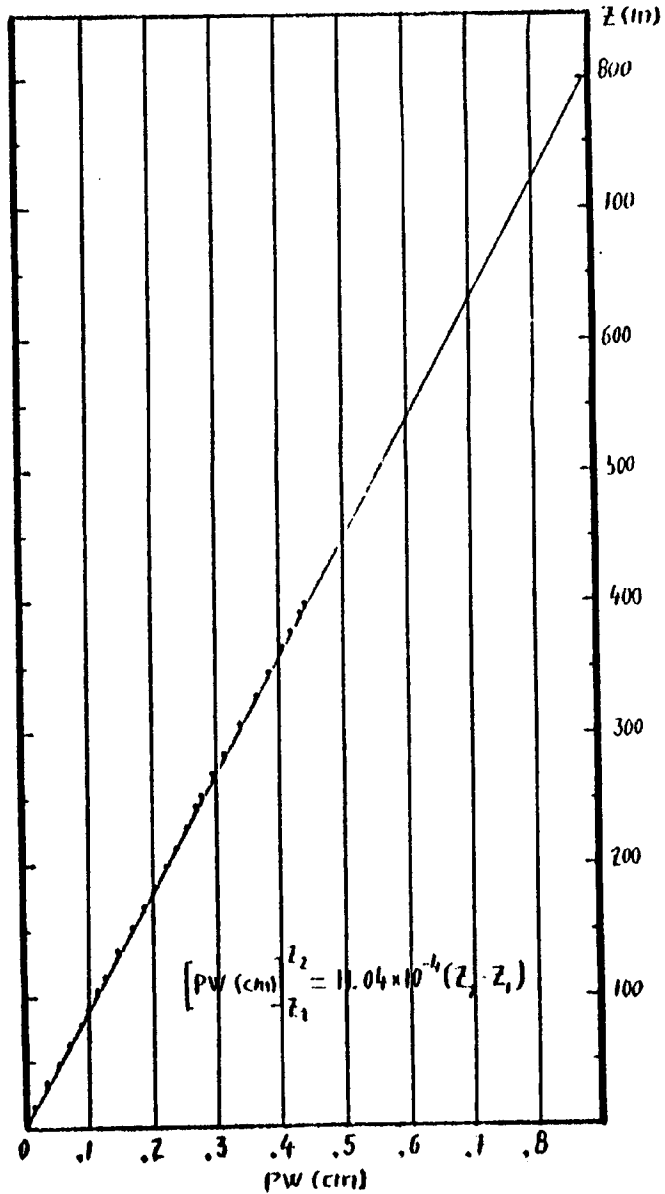
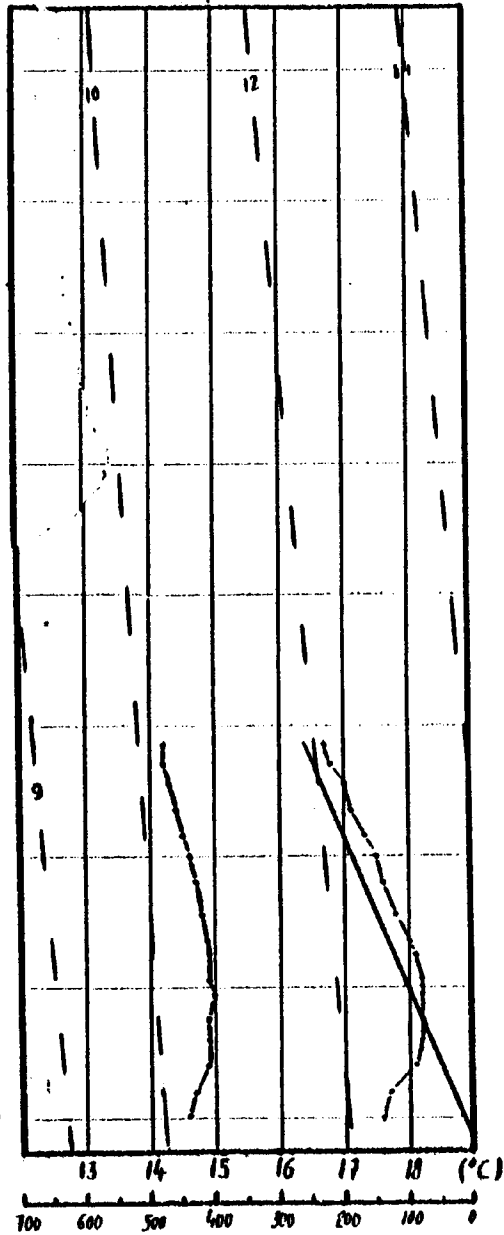
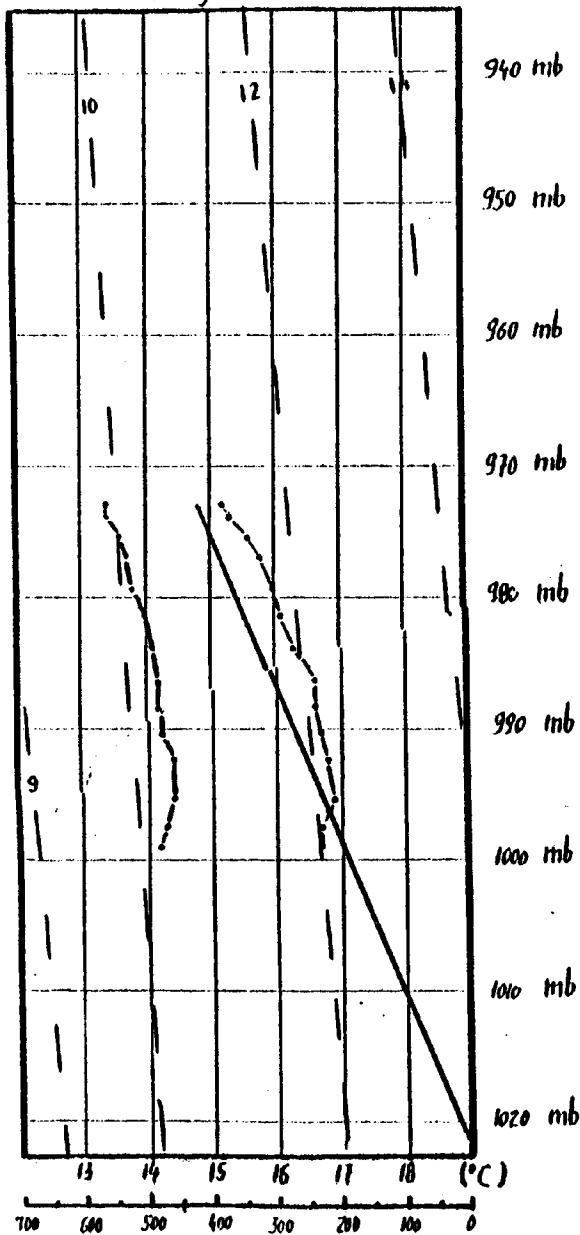
$$P.W. = -9.06 \cdot 10^{-4} (1000-250) \approx 0.68 \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \text{ (cm)}$$

Asímismo, para una mayor información se adjuntan unas tablas con datos complementarios de cada sondeo.

GRAFICAS

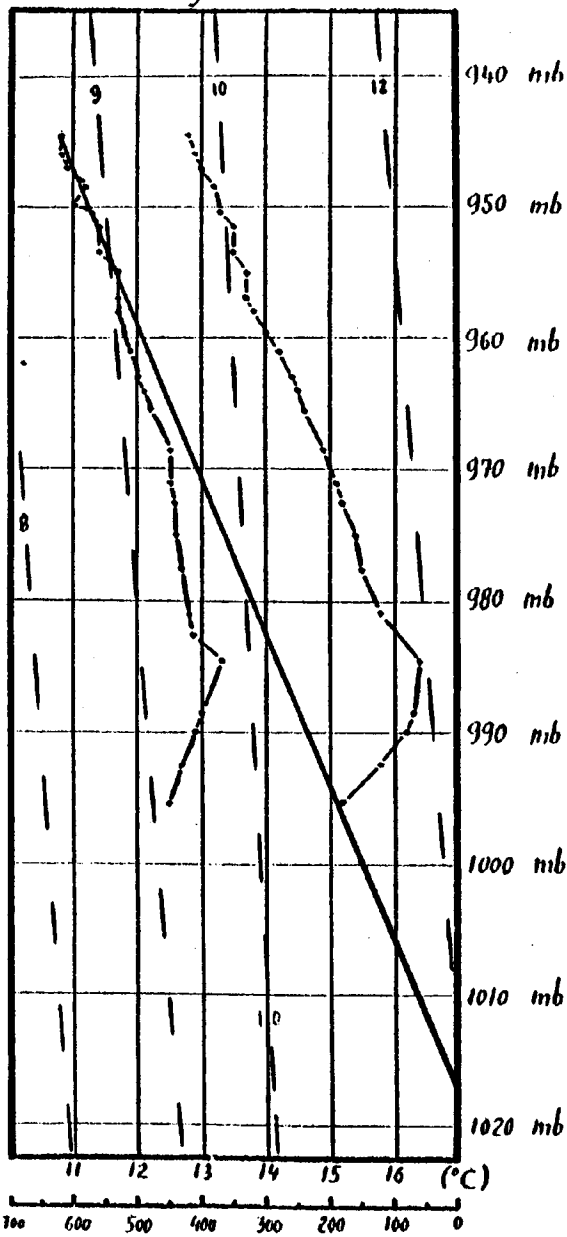
Tinajo

Aeropuerto

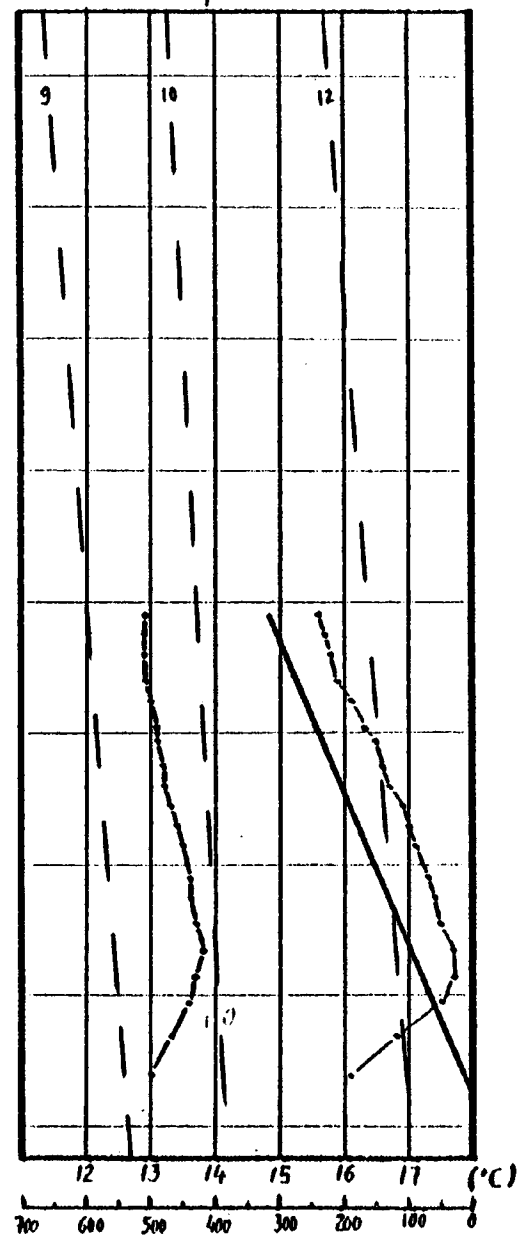


18-XI-80

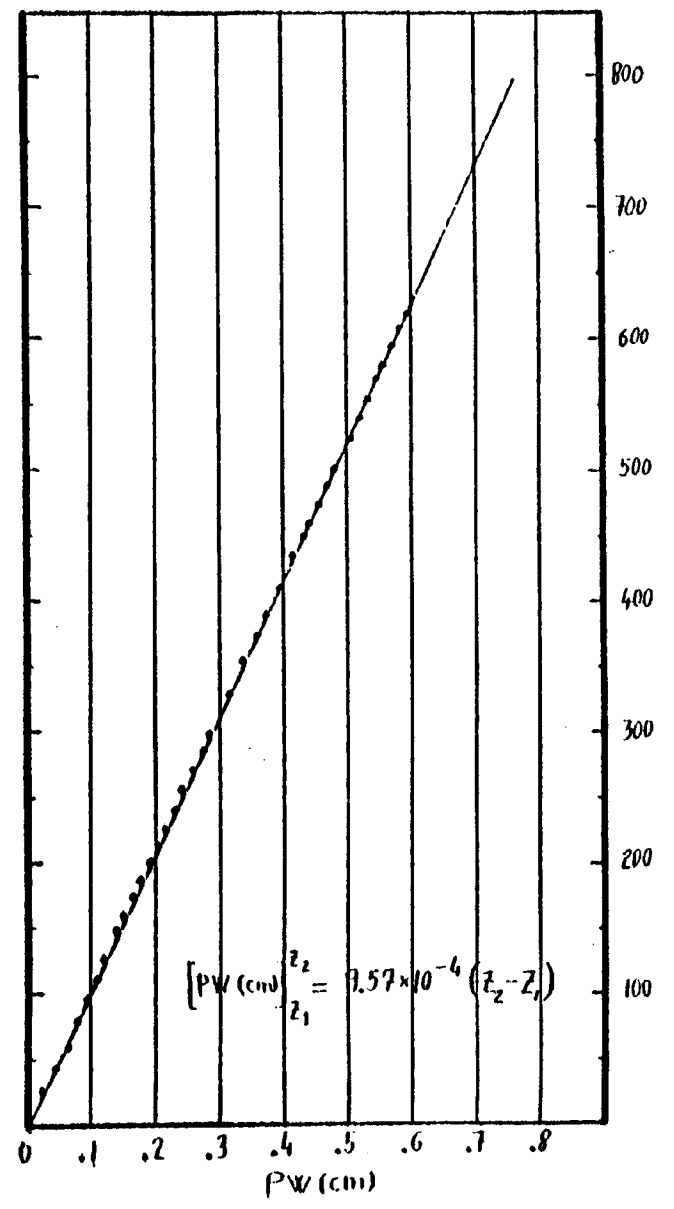
Tinajo



Aeropuerto



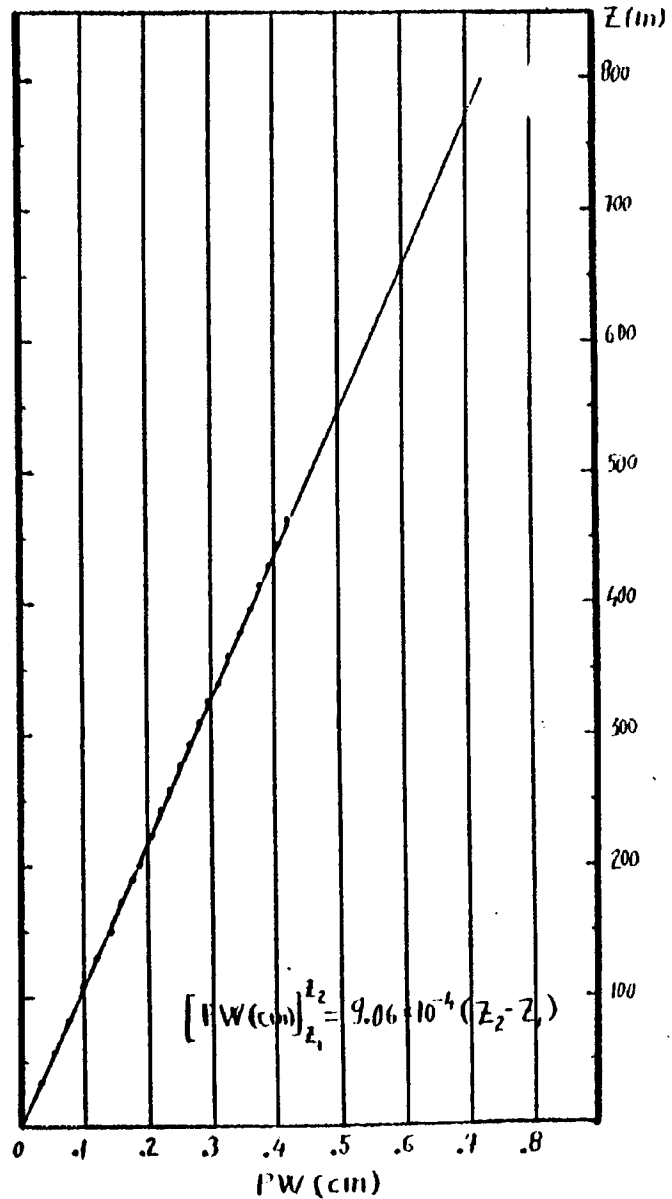
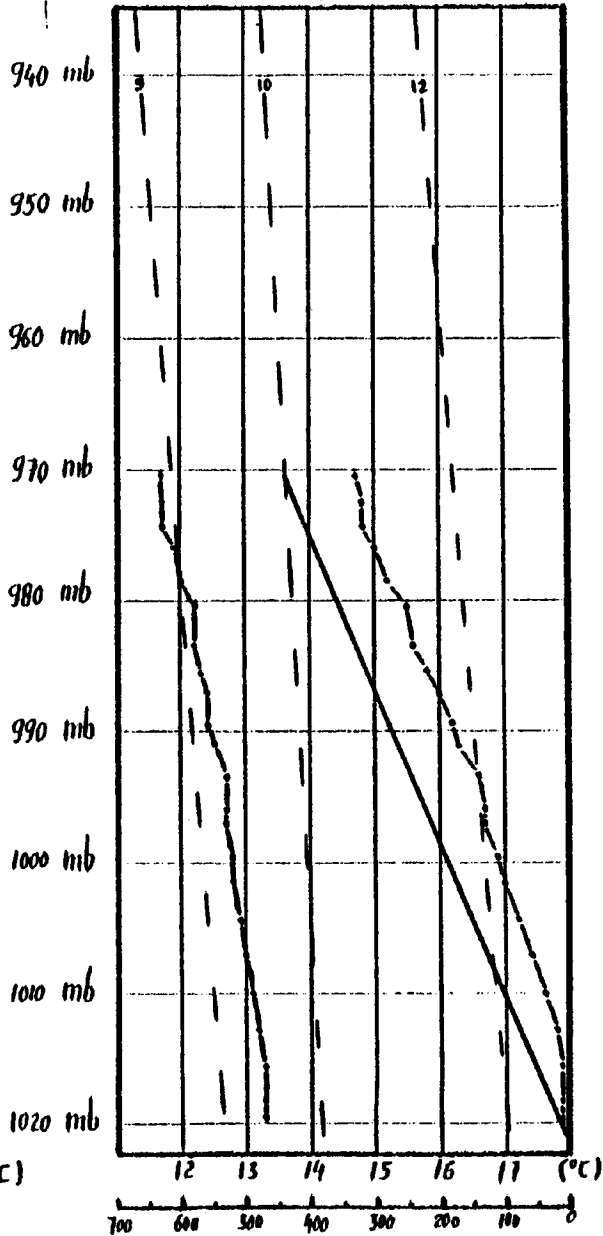
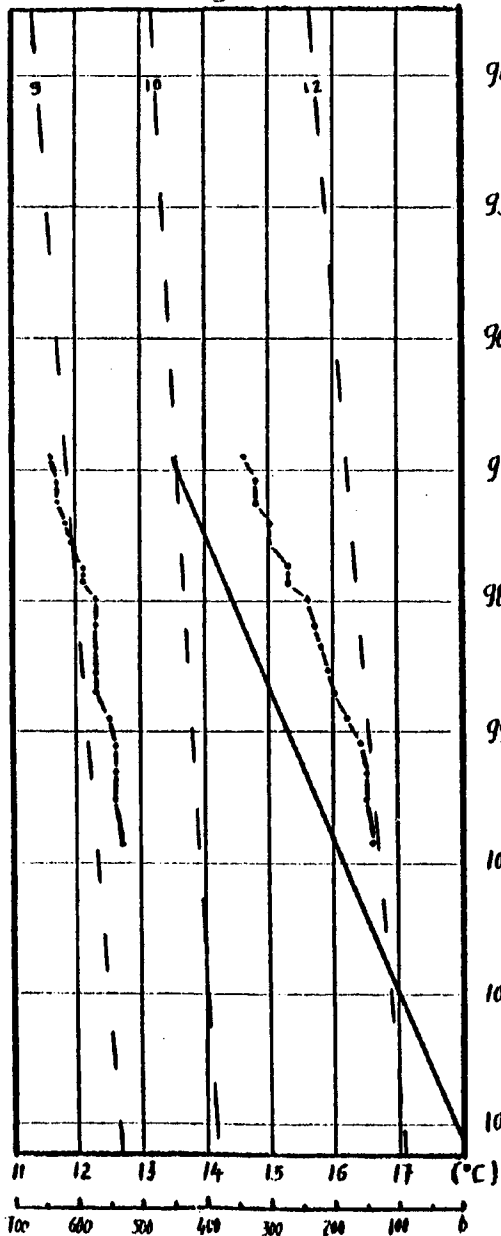
Z(m)



16-XI-80

Tinajo

Aeropuerto



17-X1-80

T A B L E S

Sondeo realizado en: Tinajo (Lanzarote)

Fecha: 16 nov. 1980

Hora: 01.00 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>P</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
15.2	12.5	995.5	0.2	059	000	8.04	73	0.000
15.8	12.7	992.3	3.2	057	027	8.02	70	0.026
16.2	12.9	990.2	3.8	071	045	8.08	69	0.043
16.3	13.0	988.5	4.5	060	060	8.16	67	0.057
16.4	13.3	984.7	5.1	050	093	8.47	71	0.090
15.8	12.8	980.8	5.4	036	126	8.23	71	0.123
15.5	12.7	977.7	5.1	061	153	8.29	73	0.149
15.4	12.6	974.8	5.3	051	179	8.25	73	0.173
15.2	12.6	972.4	5.6	053	199	8.36	75	0.194
15.1	12.5	970.8	5.3	045	213	8.32	75	0.207
14.9	12.5	968.3	6.2	054	235	8.43	76	0.229
14.6	12.2	965.7	6.4	054	258	8.26	76	0.251
14.5	12.1	964.1	5.7	053	272	8.22	76	0.265
14.4	12.0	963.0	6.2	054	282	8.17	76	0.274
14.2	11.9	961.1	6.6	064	298	8.17	77	0.290
14.0	11.8	959.4	7.1	052	313	8.17	78	0.304
13.8	11.7	958.0	6.4	045	326	8.16	79	0.316
13.7	11.7	956.8	6.5	054	349	8.22	80	0.338
13.7	11.7	954.9	6.5	057	365	8.23	80	0.354
13.5	11.4	953.4	5.8	051	379	8.03	78	0.366
13.5	11.4	951.7	5.7	054	394	8.04	78	0.380
13.3	11.3	950.3	6.1	067	406	8.04	79	0.391
13.2	11.2	948.7	6.6	055	420	8.00	79	0.404
13.0	10.9	947.2	7.0	053	434	7.79	78	0.417
12.9	10.8	945.9	7.4	059	445	7.74	78	0.427
12.8	10.8	944.7	7.5	053	456	7.80	79	0.436

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mb)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa (%)

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo (cm)

Sondeo realizado en: Aeropuerto de Lanzarote

Fecha: 16 Nov. 1980

Hora: 02.30 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>PR</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
16.1	13.0	1016.0	1.8	011	000	7.98	70	0.000
16.8	13.3	1012.8	6.6	024	027	8.03	67	0.026
17.5	13.6	1010.7	6.5	029	045	8.07	65	0.043
17.7	13.7	1008.6	6.8	030	063	8.11	64	0.061
17.7	13.8	1006.5	6.9	036	081	8.24	65	0.078
17.5	13.7	1004.6	6.3	034	097	8.23	66	0.094
17.4	13.6	1002.7	6.6	037	113	8.19	66	0.110
17.3	13.6	1001.0	6.5	039	128	8.25	66	0.119
17.1	13.5	998.5	6.4	029	149	8.25	67	0.140
17.0	13.4	997.2	6.9	038	160	8.20	67	0.151
16.9	13.3	995.6	6.9	039	174	8.15	67	0.164
16.7	13.2	993.9	7.0	040	188	8.15	68	0.179
16.6	13.2	992.3	7.2	038	202	8.20	68	0.192
16.5	13.1	990.7	6.8	033	216	8.16	68	0.205
16.3	13.1	989.4	7.0	035	227	8.25	70	0.216
16.1	13.0	987.7	7.3	037	242	8.25	71	0.230
15.9	12.9	985.9	7.8	036	257	8.25	71	0.245
15.8	12.9	984.2	8.2	039	272	8.31	72	0.260
15.7	12.9	982.5	8.5	041	287	8.37	73	0.274
15.6	12.9	981.2	8.3	040	298	8.42	74	0.285

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mbar)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm}.$)

Sondeo realizado en: Tinajo (Lanzarote)

Fecha: 17 Nov. 1980 Hora: 00.30 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>PR</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
16.6	12.7	998.4	2.3	23	0	7.62	64	0.000
16.5	12.6	995.2	5.3	36	27	7.59	64	0.025
16.5	12.6	993.2	5.8	47	44	7.60	64	0.040
16.4	12.6	991.0	5.7	49	63	6.67	65	0.058
16.2	12.5	989.1	6.2	36	80	7.67	65	0.072
16.0	12.3	986.9	5.6	31	99	7.57	65	0.089
15.9	12.3	985.3	6.1	38	112	7.62	66	0.102
15.8	12.3	983.5	6.4	37	128	7.68	67	0.116
15.7	12.3	981.9	6.3	50	142	7.74	68	0.129
15.6	3.3	980.1	6.8	46	157	7.80	69	0.143
15.3	12.1	978.8	7.3	46	169	7.73	69	0.153
15.3	12.1	977.4	8.8	28	181	7.75	69	0.164
15.0	11.9	975.5	6.6	12	197	7.69	70	0.179
15.0	11.8	974.2	8.3	30	208	7.60	69	0.189
14.8	11.7	972.5	6.3	17	223	7.60	70	0.203
14.8	11.7	970.8	7.1	13	238	7.61	70	0.216
14.6	11.6	969.0	7.6	19	254	7.61	70	0.230

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mbar)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm}$)

Sondeo realizado en: Aeropuerto de Lanzarote

Fecha: 17 Nov. 1980

Hora: 1.30 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>PR</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
17.9	13.3	1019.7	1.3	30	0	7.49	59	0.000
17.9	13.3	1018.3	3.0	34	12	7.50	59	0.011
17.9	13.3	1015.7	3.4	20	34	7.53	59	0.031
17.8	13.2	1012.8	3.7	31	58	7.49	59	0.053
17.6	13.1	1009.8	3.4	45	63	7.50	60	0.076
17.4	13.0	1007.0	3.9	45	107	7.51	60	0.097
17.2	12.9	1004.3	3.6	34	130	7.51	61	0.118
17.0	12.8	1001.7	4.1	41	152	7.52	62	0.138
16.9	12.8	999.4	5.0	36	172	7.58	63	0.156
16.7	12.7	997.1	4.5	31	191	7.59	63	0.174
16.7	12.7	995.9	5.3	51	202	7.60	63	0.183
16.6	12.7	993.4	4.6	48	223	7.66	64	0.202
16.3	12.5	991.1	4.8	31	243	7.61	65	0.220
16.2	12.4	989.3	4.9	33	258	7.56	65	0.234
16.0	12.4	987.1	5.4	36	277	7.67	66	0.251
15.8	12.3	985.3	5.7	27	293	7.67	67	0.265
15.6	12.2	983.4	6.5	21	309	7.67	68	0.280
15.5	12.2	980.5	5.0	27	377	7.74	68	0.342
15.2	12.0	978.3	5.1	36	396	7.68	69	0.360
15.0	11.9	976.1	6.1	39	415	7.68	70	0.377
14.8	11.7	974.3	6.1	36	431	7.58	70	0.391
14.8	11.7	972.6	7.2	22	446	7.60	70	0.404
14.7	11.7	970.4	8.1	23	465	7.66	71	0.421

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mbar)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm}$)

Sondeo realizado en: Tinajo (Lanzarote)

Fecha: 18 Nov. 1980

Hora: 00.15 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>PR</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
16.7	14.2	992.2	1.6	105	0	9.16	76	0.000
16.7	14.3	997.5	4.1	27	15	9.29	77	0.016
16.9	14.4	995.5	5.7	45	32	9.34	77	0.035
16.8	14.4	992.5	6.9	52	57	9.41	77	0.064
16.7	14.2	990.4	7.4	50	75	9.26	76	0.084
16.6	14.2	988.5	7.7	49	92	9.32	77	0.102
16.6	14.2	986.7	6.7	31	107	9.34	77	0.119
16.3	14.1	984.1	7.5	31	130	9.38	79	0.144
16.1	14.0	981.4	8.9	61	153	9.39	80	0.170
16.0	13.8	979.3	8.2	28	171	9.23	79	0.190
15.8	13.7	977.1	8.8	75	190	9.23	80	0.210
15.6	13.6	975.5	9.2	67	204	9.22	81	0.225
15.3	13.4	974.2	9.6	60	215	9.15	81	0.238
15.2	13.4	973.3	9.8	63	223	9.20	82	0.246

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mbar)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm}$)

Sondeo realizado en: Aeropuerto de Lanzarote

Fecha: 18 Nov. 1980

Hora: 1.30 Z

<u>TD</u>	<u>Tw</u>	<u>PR</u>	<u>V</u>	<u>D</u>	<u>H</u>	<u>W</u>	<u>HR</u>	<u>PW</u>
17.6	14.6	1020.1	1.6	51	0	9.00	72	0.000
17.7	14.7	1018.1	5.6	35	17	9.09	72	0.018
18.1	14.9	1016.0	7.0	39	34	9.16	71	0.038
18.2	14.9	1014.2	7.6	39	50	9.14	70	0.055
18.2	14.9	1012.5	7.9	46	64	9.16	70	0.071
18.2	15.0	1010.6	8.0	40	80	9.29	71	0.089
18.2	14.9	1009.3	8.3	47	91	9.19	70	0.101
18.1	14.9	1007.7	8.1	41	105	9.25	71	0.116
18.0	14.9	1006.4	7.8	44	116	9.31	72	0.128
17.8	14.8	1004.3	7.7	48	134	9.30	73	0.148
17.6	14.7	1002.0	8.0	42	153	9.30	73	0.170
17.5	14.6	1000.1	8.7	43	170	9.25	73	0.188
17.3	14.5	998.3	8.4	38	185	9.25	74	0.205
17.1	14.4	996.4	8.4	42	201	9.24	75	0.223
17.0	14.3	994.7	9.0	43	216	9.19	75	0.239
16.8	14.2	993.0	9.4	41	230	9.19	76	0.255
16.7	14.2	991.5	9.8	39	243	9.24	76	0.269

TD: Temperatura del aire (°C)

Tw: Temperatura del termómetro húmedo (°C)

PR: Presión atmosférica (mbar)

V: Velocidad del viento (m/s)

D: Dirección del viento (grados)

H: Altura sobre el suelo (m)

W: Razón de mezcla (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco)

HR: Humedad relativa

PW: Espesor de agua precipitable desde el suelo ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 = \text{cm.}$)

ANEXO IV

LISTADO DE ANOMALIAS

VUELO ENERAZEROJO

<u>ANOMALIA</u>	<u>FOTO</u>	<u>F₂</u>	<u>F₁</u>
0		18	15,5
1		18	16
2		18	15,5
3		18	15,5
4		18	15,5
5	259	20	18
6		18	16
7		18	17
8	253	19,1	16,3
9	258	18,2	15,5
10	258	18,2	15,6
11	259	19,5	16
12	244	18	16,2
13	243	17,2	16
14	243	17,4	15,2
15	221	17,4	14,2
16		(A)	
17	232	17	14
18	231	15,8	13,5
18'	231	14,2	13,4
19	226	15	13,4
20		17,6	14
21	213	17	15,5
22	213	17	15,5
23	202	17,3	14,7
24	202	17,2	15
25	215	16,7	15,8
26	216	18	15,3
27	216		
28	218	16,5	14,5
29	225	15,6	13
30	191	16	14

ANOMALIA

FOTO

TA

TF

31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
56
57
58
59
60
61
62
63

193
196
197
197
197
199
201
201
202
235
237
217
212
211
212
212
219
219
190
137
127
127
119
118
111
112
111
110
109
109
109
86

15
16
17
17
16
16
17
17
15,5
15
16,5
17
17
17,8
16,5
17
16,5
17
15
15
16
15
16,5
17
15
16
15
16,5
17,5
19
16
175
A
A
A
15

12
14
14
13,5
14
14
14
14
13
13
15
15
15,5
16
14
15,5
14,5
14,5
13
13
13
15
16
13
13
13
13
12
12
12
12

ANOMALIA

	<u>FOTO</u>	<u>F.3</u>	<u>F.5</u>
S-7	82	12	1
S-8	112	9	9
S-9	118		
S-10			
S-11	77	13	9
S-12	69	12	9
S-13	46	11	9
S-14	49	12	7
S-15	46	12	9
S-16	110	8	2
S-17	128	7	4
S-18	84	9	1
S-19	95	9	9
S-20	61	11	4
S-21	72	12	
S-22	72	12	
S-23	72	12	
S-24	73	13	9

<u>ANOMALIA</u>	<u>FOTO</u>	<u>F.A.</u>	<u>F.F.</u>
64	B3	A	13
63	B5	13	12,5
66	86	14	12
67	84	A	13,5
68	84	16	13,5
69	84	16	13,5
70	84	16,5	14
71	80	16,5	13
72	77	18,5	16
73	92	16	14
74		17,5	13
75	31	17	13
76	72	16	14,5
77	72	15,5	14,5
78	72	15,5	14,5
79	72	15,5	14,5
80	72	19	15
81	73	17,5	15
82	74	16,5	13
83	40	12	6
84	40		
85	174	16	13
86	172	16	13
87	169	13	13
88	165	16,5	13,5
89	163	17,5	13,5
9-1		9	1
9-2	104	7	2
9-3	128	8	3
9-4		A	4
9-5		4	3
9-6		11	3

ANEXO V

EARDS COPS DE IMAGENES
DE INFRARROJO

INDICE DE MATERIAS

Índice

VOLUMEN I

1. Anomalias térmicas producidas por caliche salado 1

2. Anomalias térmicas producidas por caliche salado 2

3. Anomalias térmicas de noche de montaña del fuego salado 3

4. Anomalias térmicas salinas del Conocimiento 4

5. Anomalias térmicas de Lago Estímulo 5

6. Datos de temperatura superior a 10° en las anomalías saladas 6

7. Anomalias térmicas de Tharabuya 7

8. Anomalias térmicas en Tharabuya. Corte de temperatura-1 8

9. Anomalias térmicas en Tharabuya. Corte de temperatura-2 9

10. Datos de temperatura superior a 11° en Tharabuya 10

11. Anomalias térmicas en Caldera Rejada 11

12. Anomalias térmicas inducidas por un estero basáltico salado 12

VOLUMEN II

13. Sobresos en Tharabuya y anomalías térmicas 13

14. Anomalias térmicas en Montaña Rejada 14

15. Anomalias térmicas en Caldera Conocimiento 15

16. Anomalias térmicas en Tharabuya-1. Corte de temperatura 16

Anomalia térmica en Tinianfaya. Corte de temperatura	17
Anomalia térmica en Tinianfaya	18
Anomalia térmica en Tinianfaya. Corte de temperatura	19
Anomalia térmica en Caldera Rajada	20
Costa de Lanzarote. El Golfo. Temperatura del mar	21
Anomalia térmica en Daliche. Caldera Blanca 3.13 ...	22
Anomalia térmica en Daliche. Caldera Blanca	23
Anomalia térmica por Daliche en Pedro Penico 3.25 ...	24

RELACION DE ESCALA CON TEMPERATURA ESTABILIZADA.-

VUELO 1

$$T = 0,250 \pm (\text{mm}) - 2,64 \times D,0913 \times - 2,64 = T$$

VUELO 2

$$T = 0,279 \pm (\text{mm}) - 3,21 \times D,269 \times - 3,21 = T$$

t°C

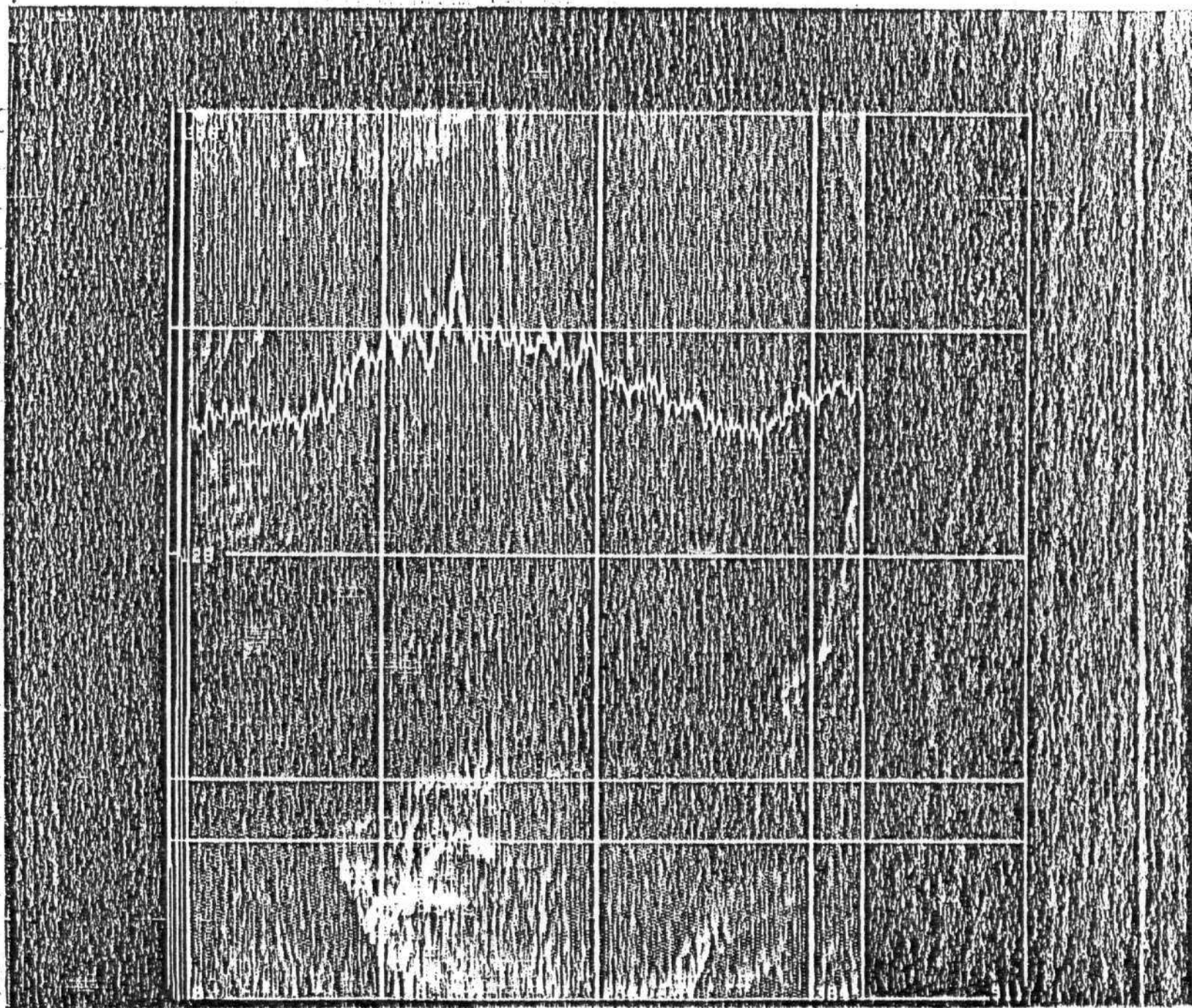
20

15

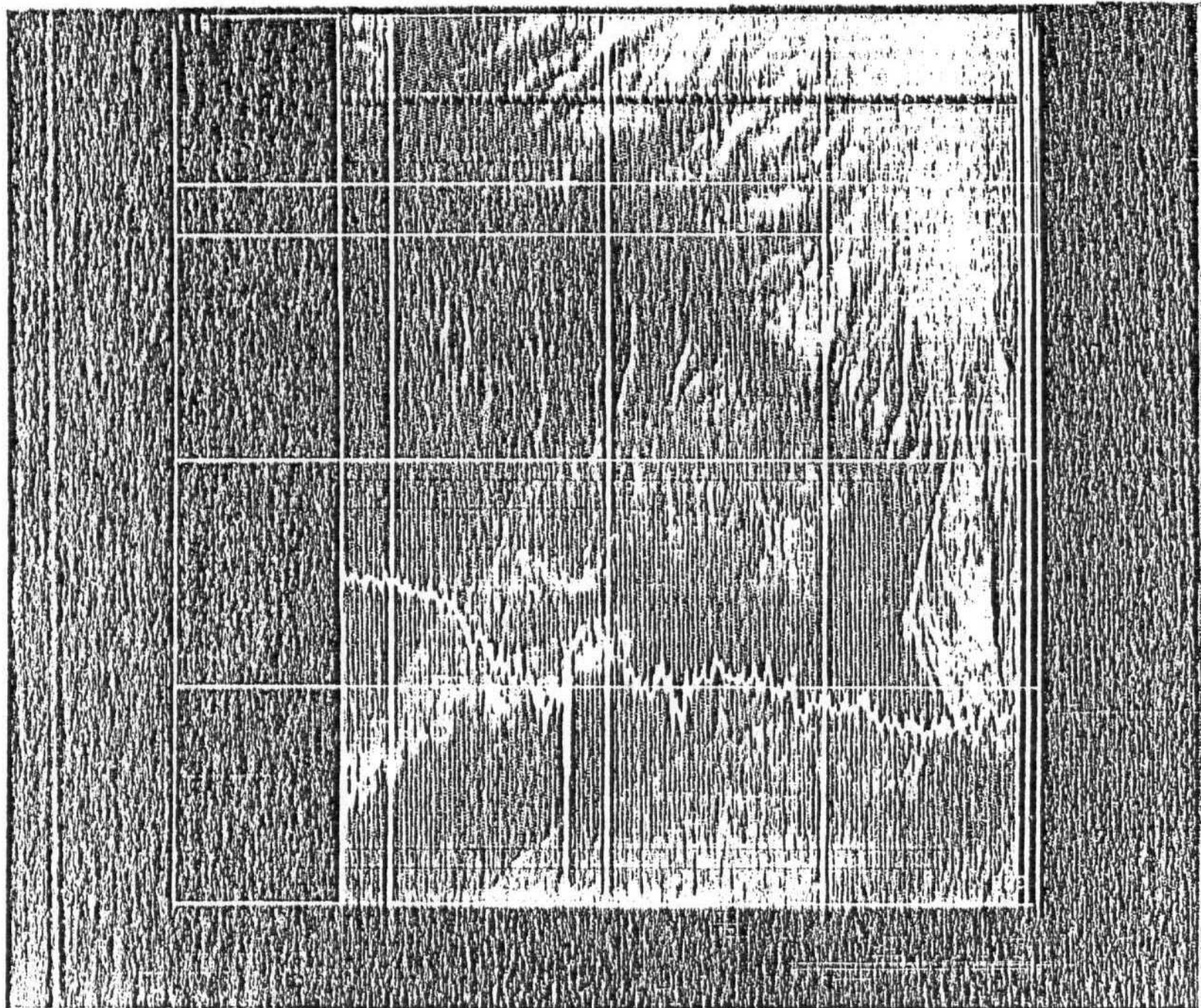
10

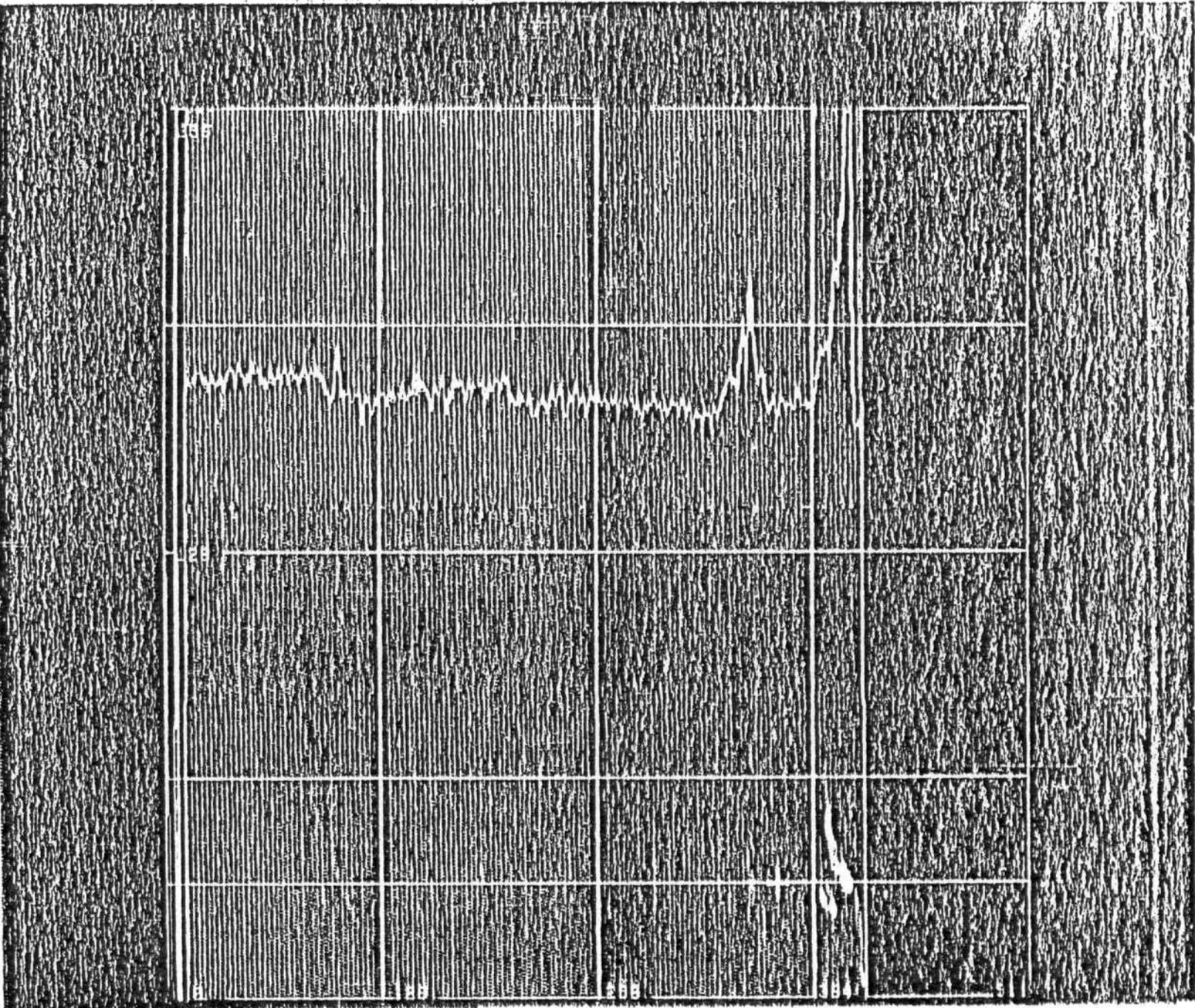
5

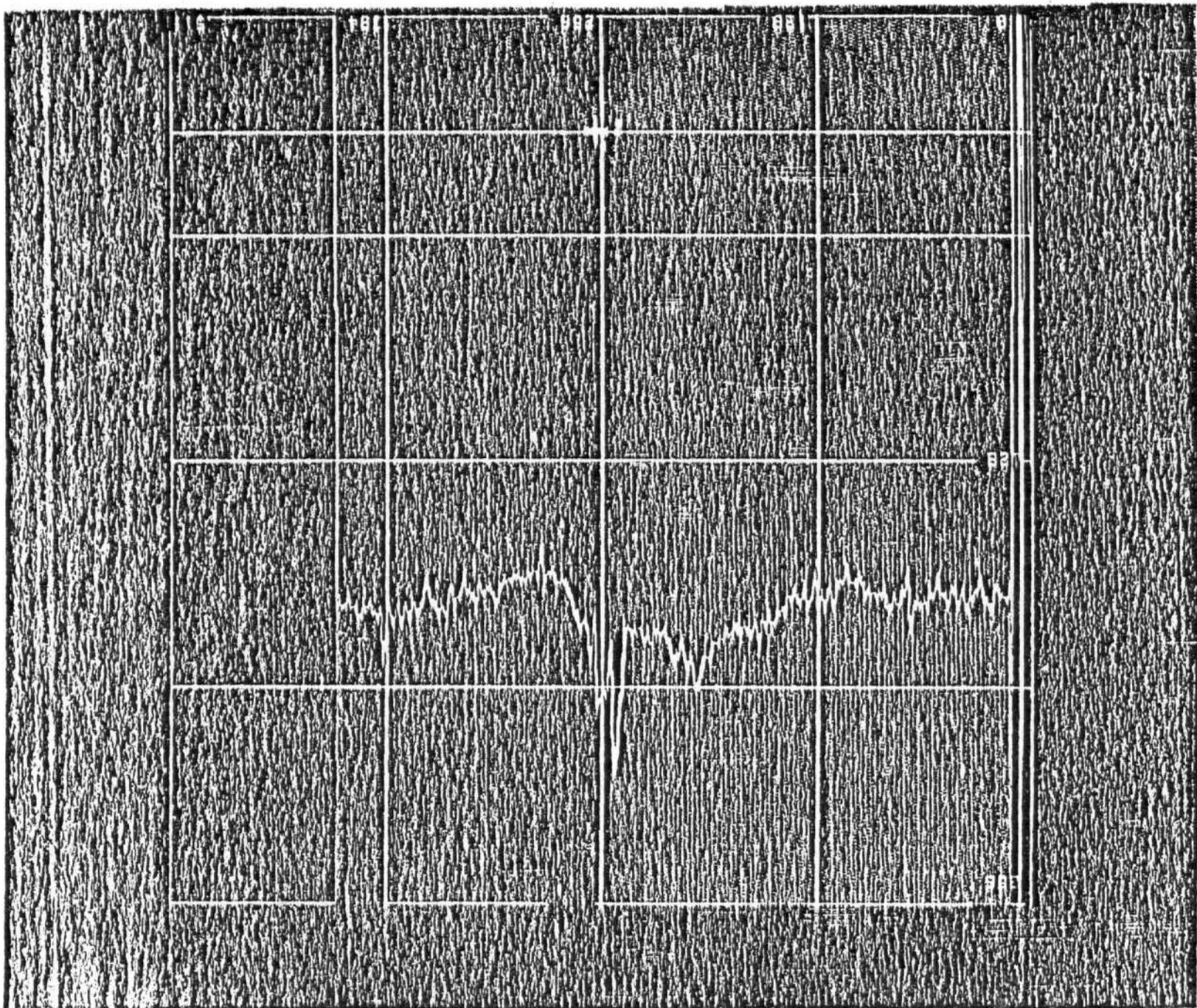
0

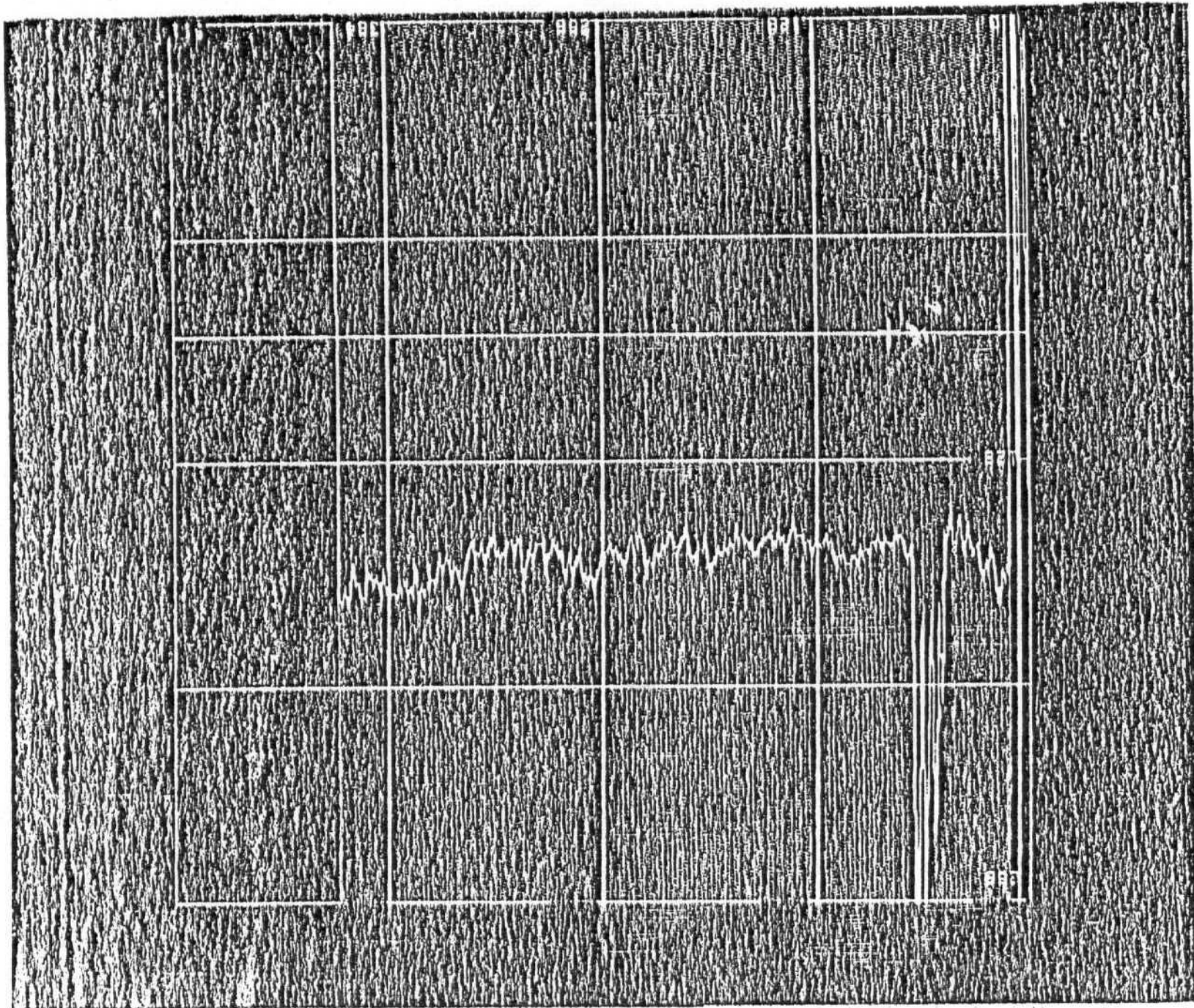


CAUCHE EN LA ZONA DE TERRES

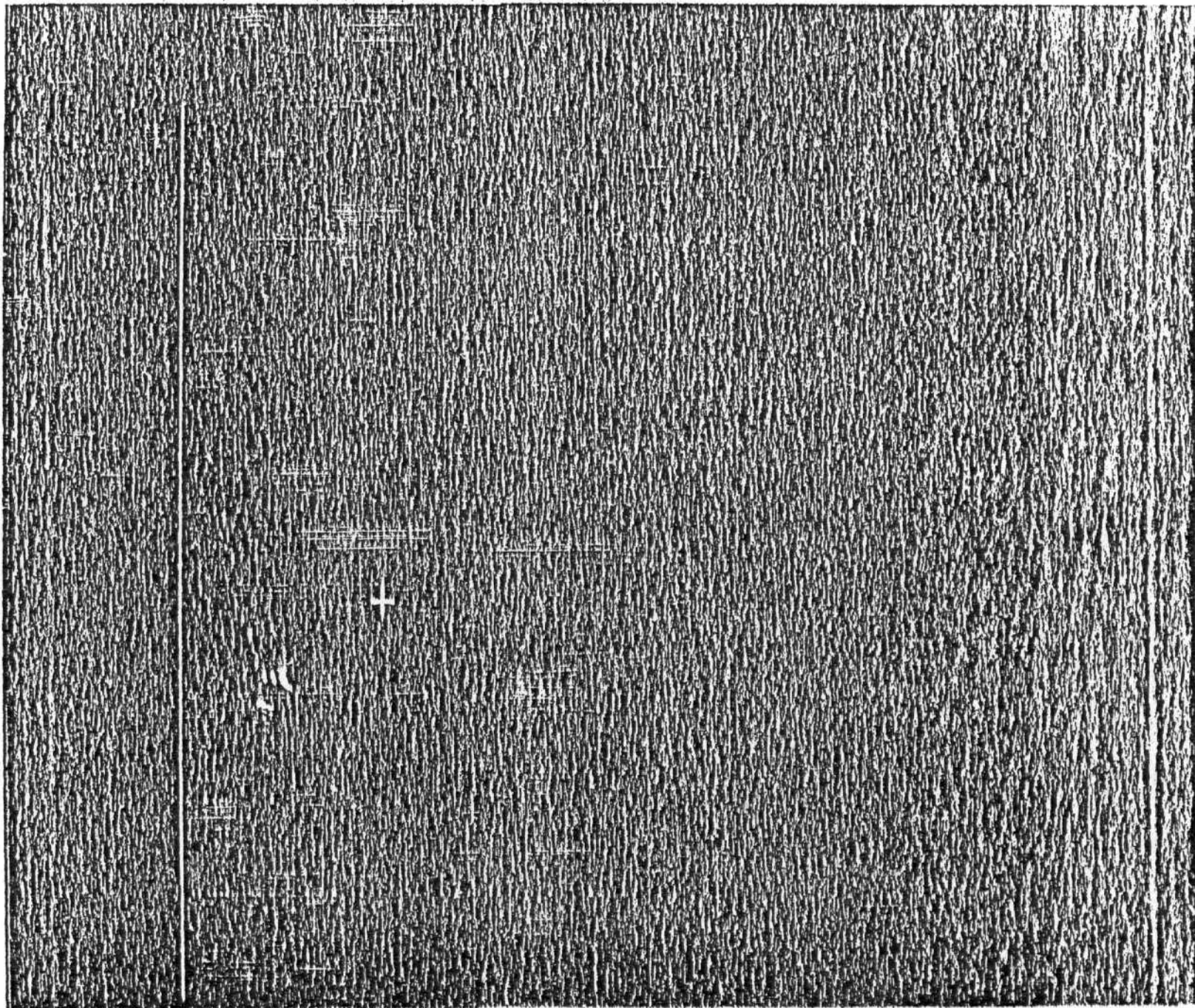








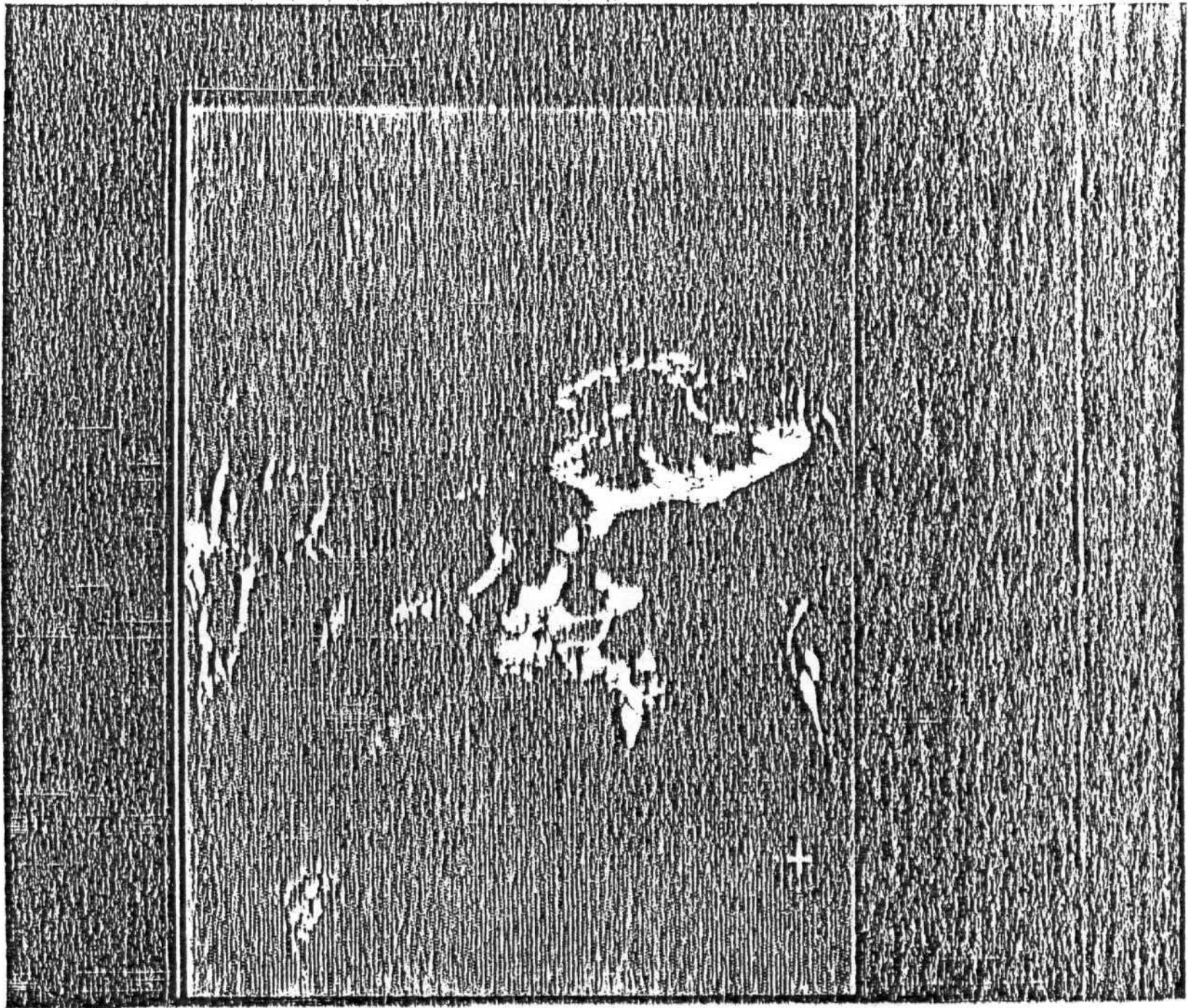
4-60

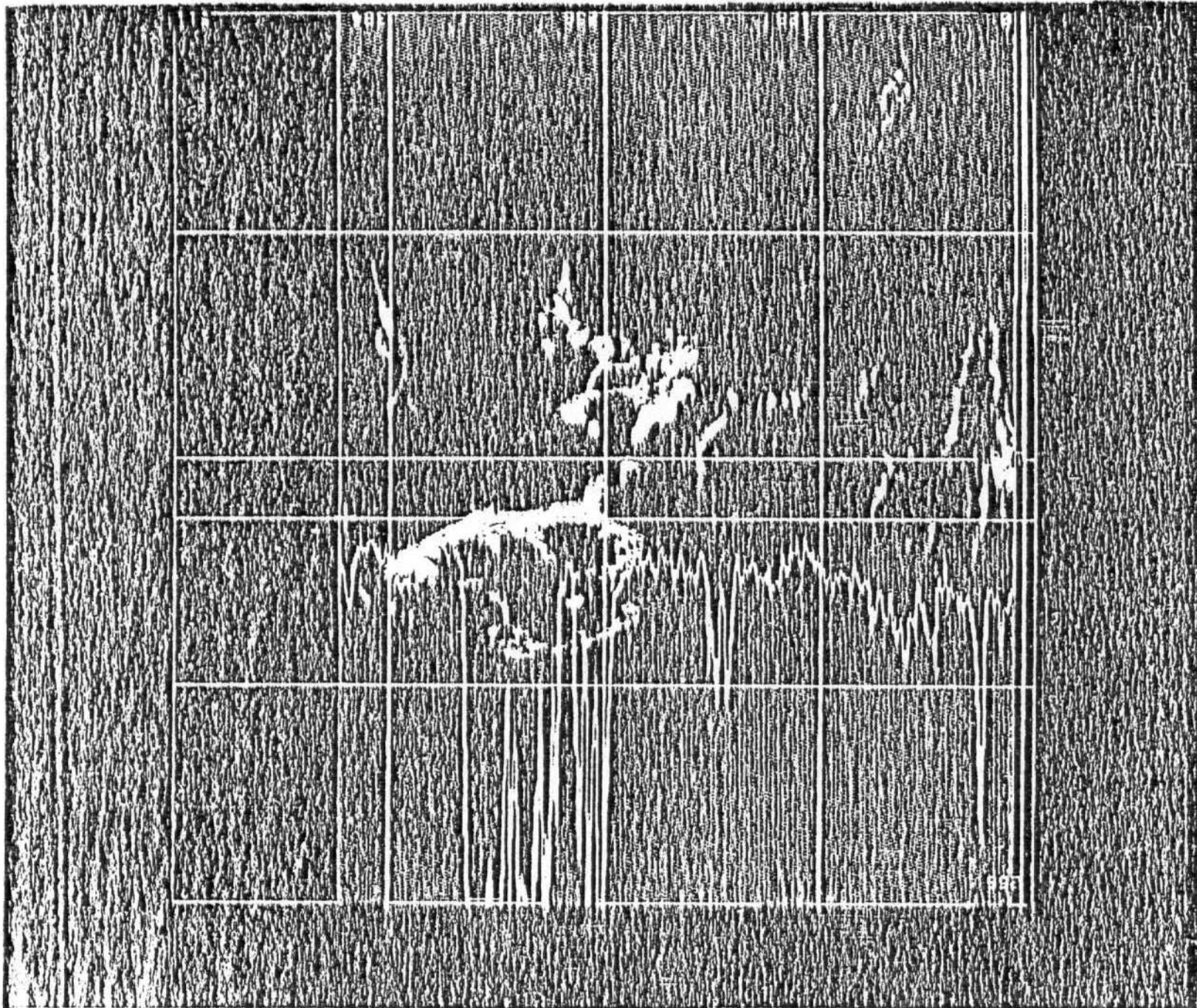


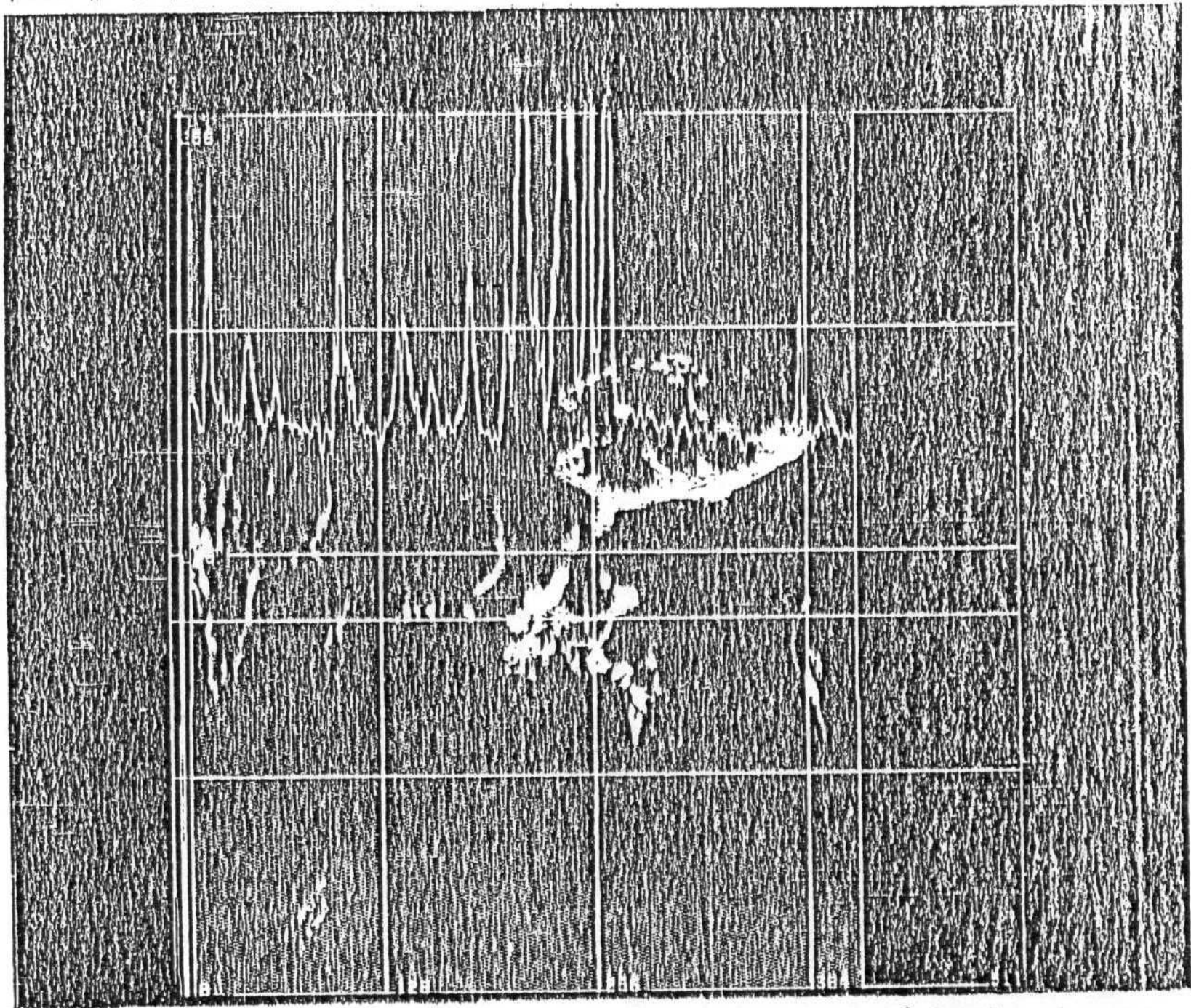
60
61
62

1-110
16²

1-110-11²

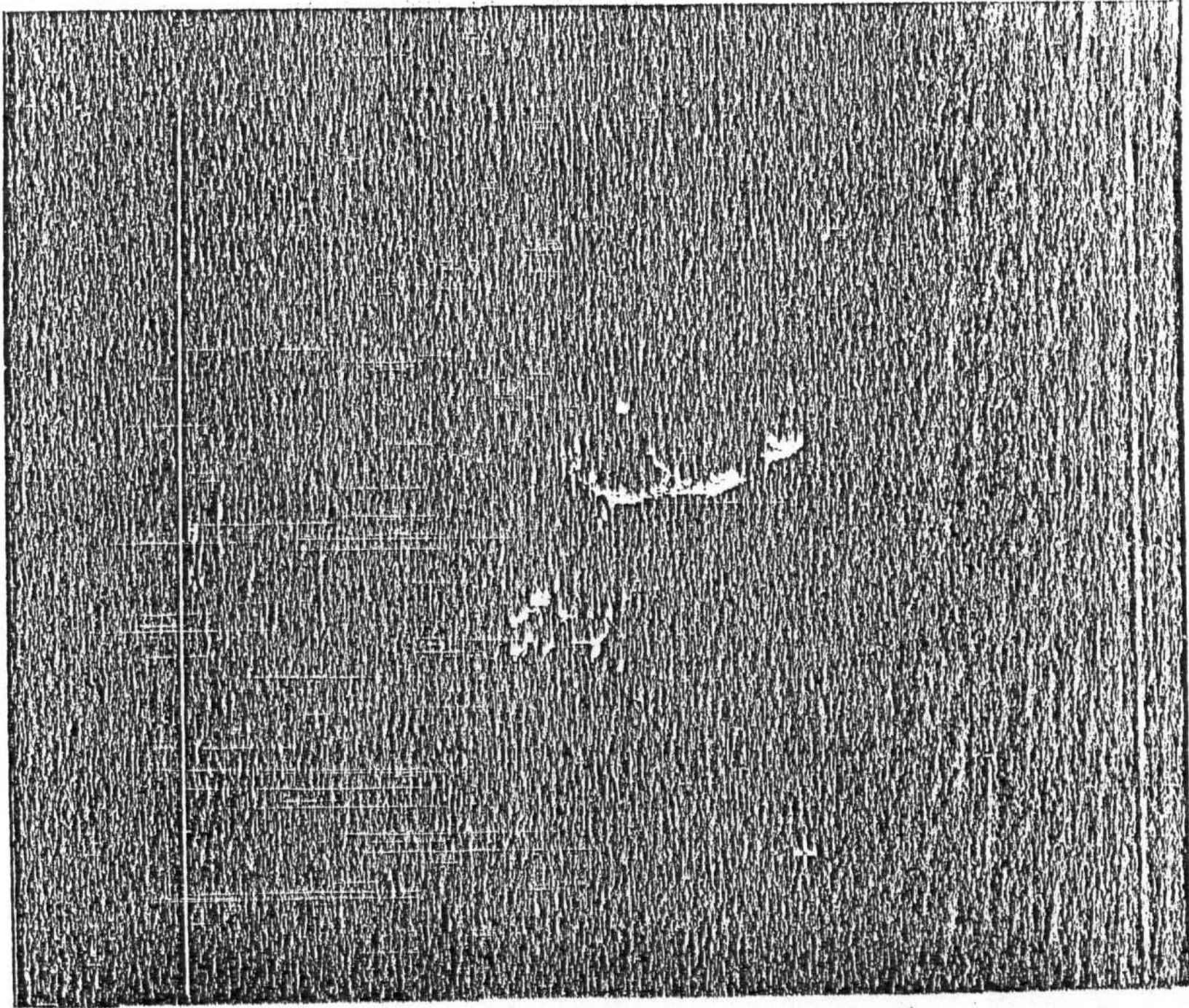


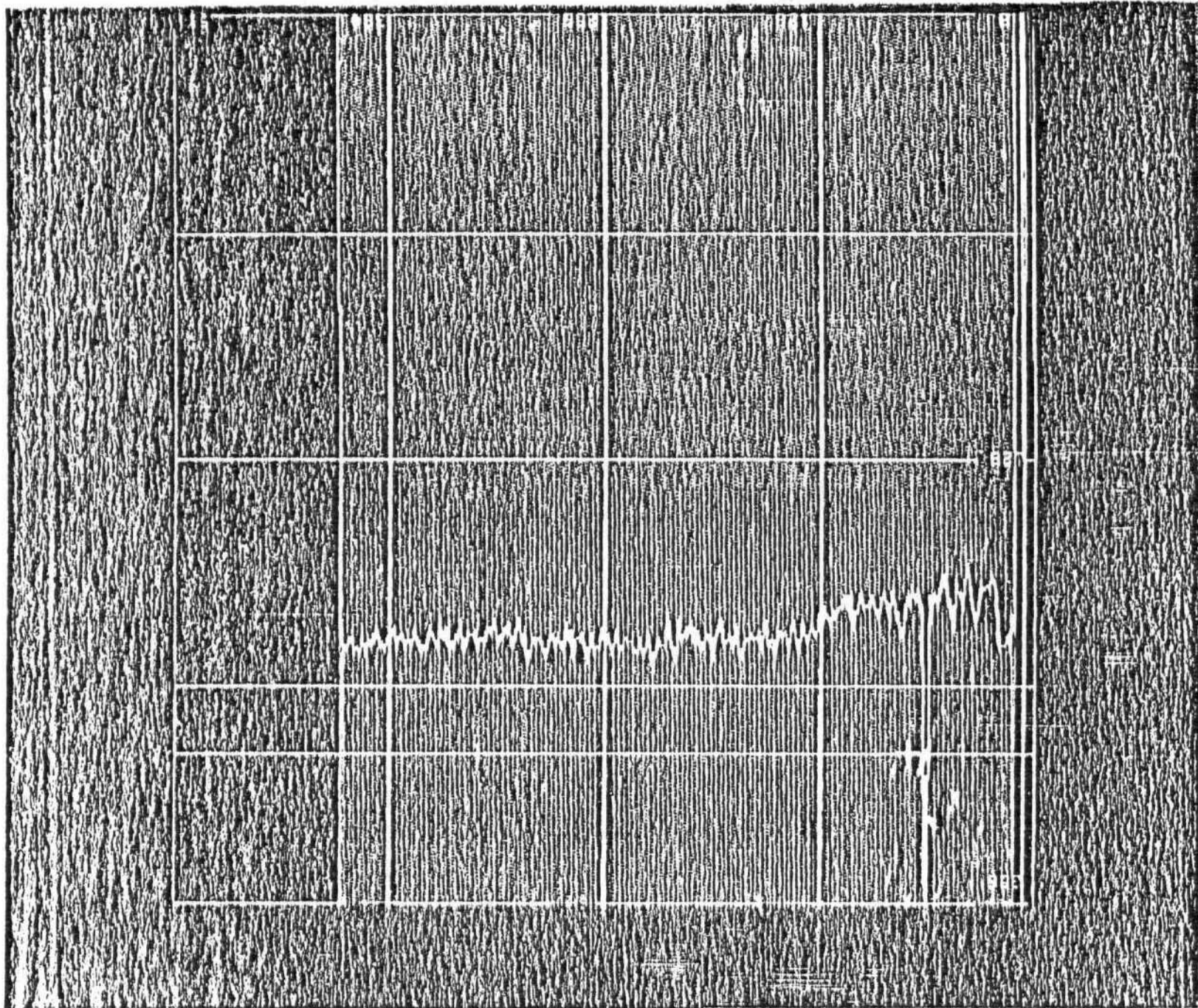




206

1-20-1





27-N

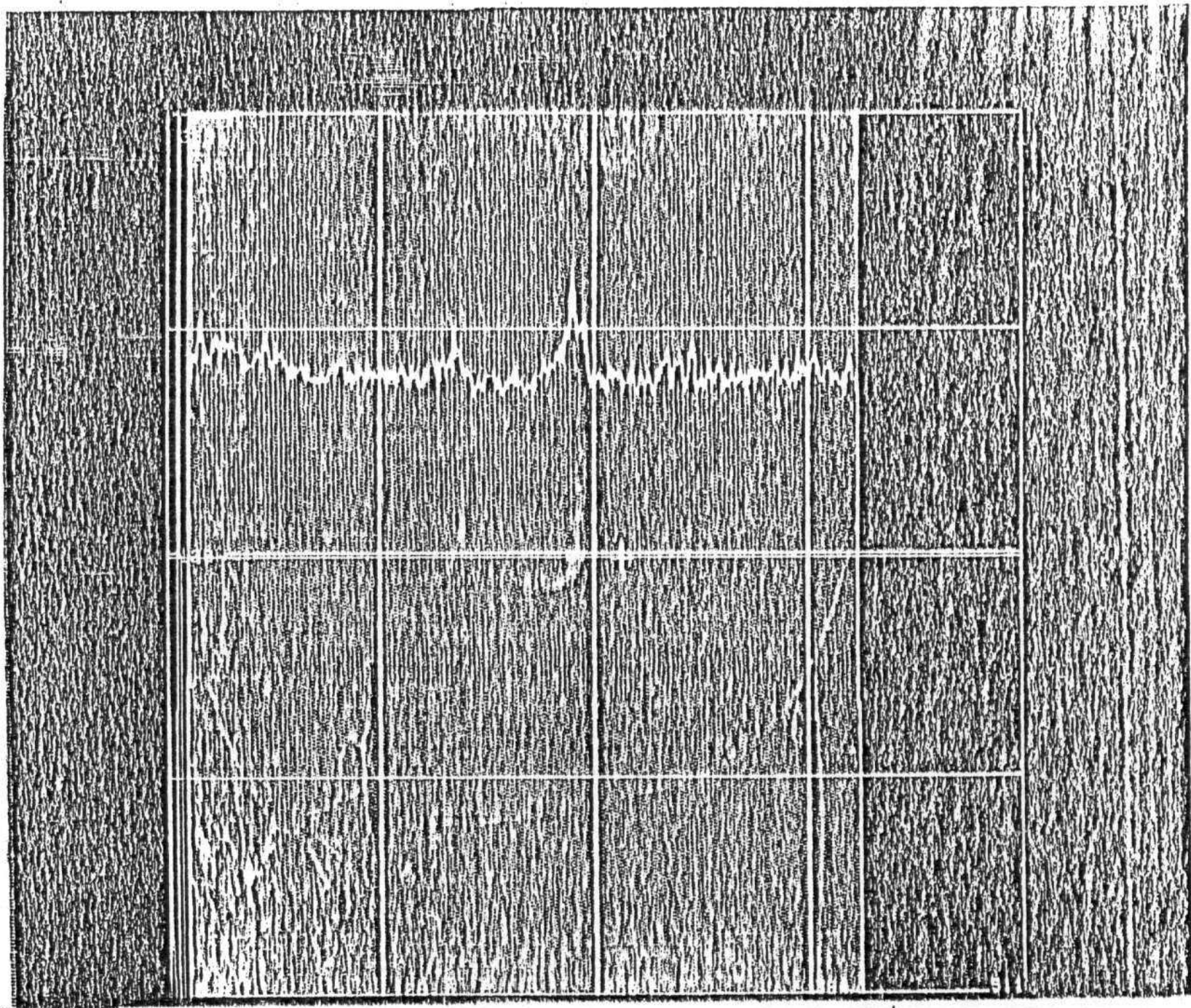


Fig. 1. Wood grain patterns in wood.

T°C

35

30

25

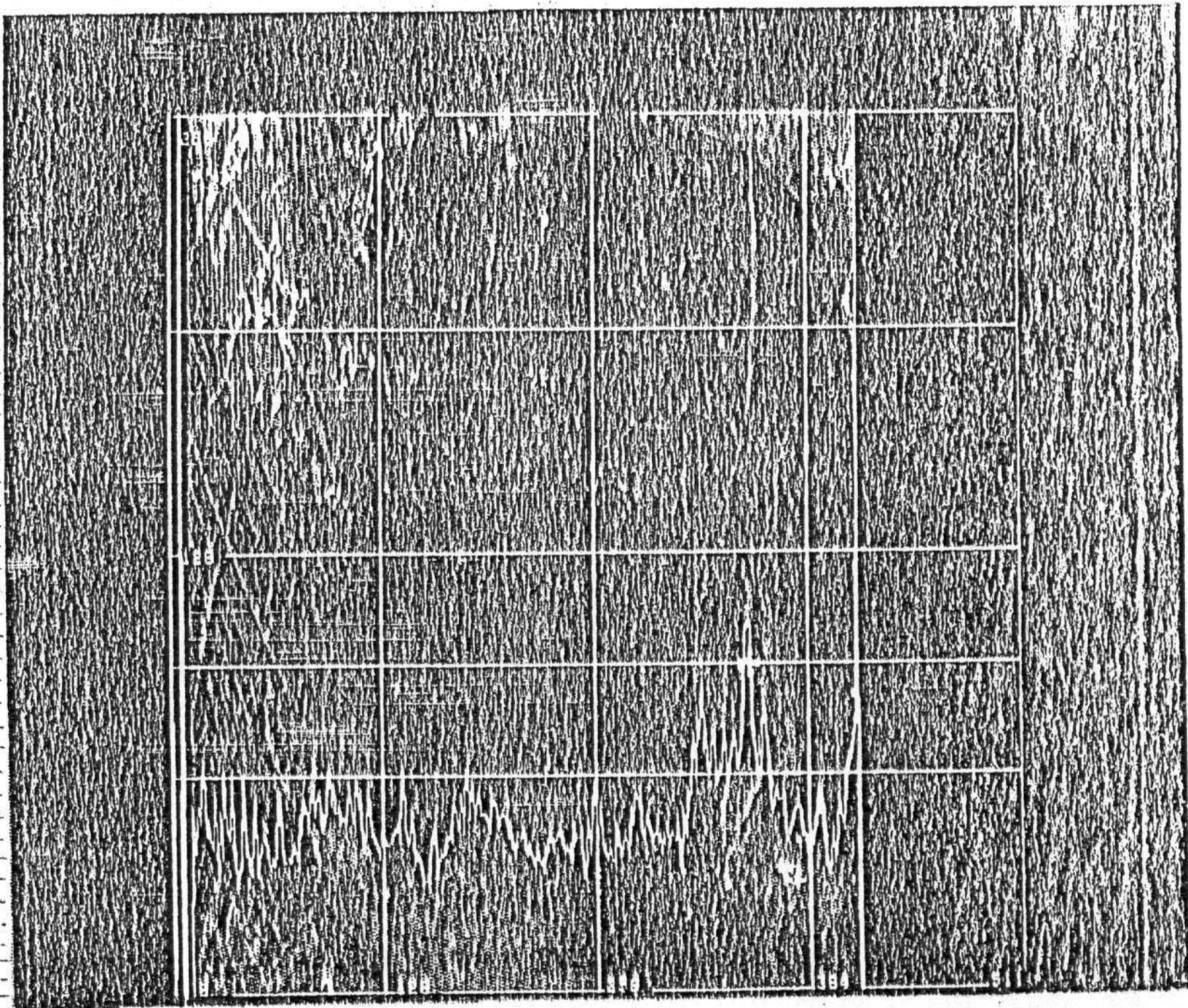
20

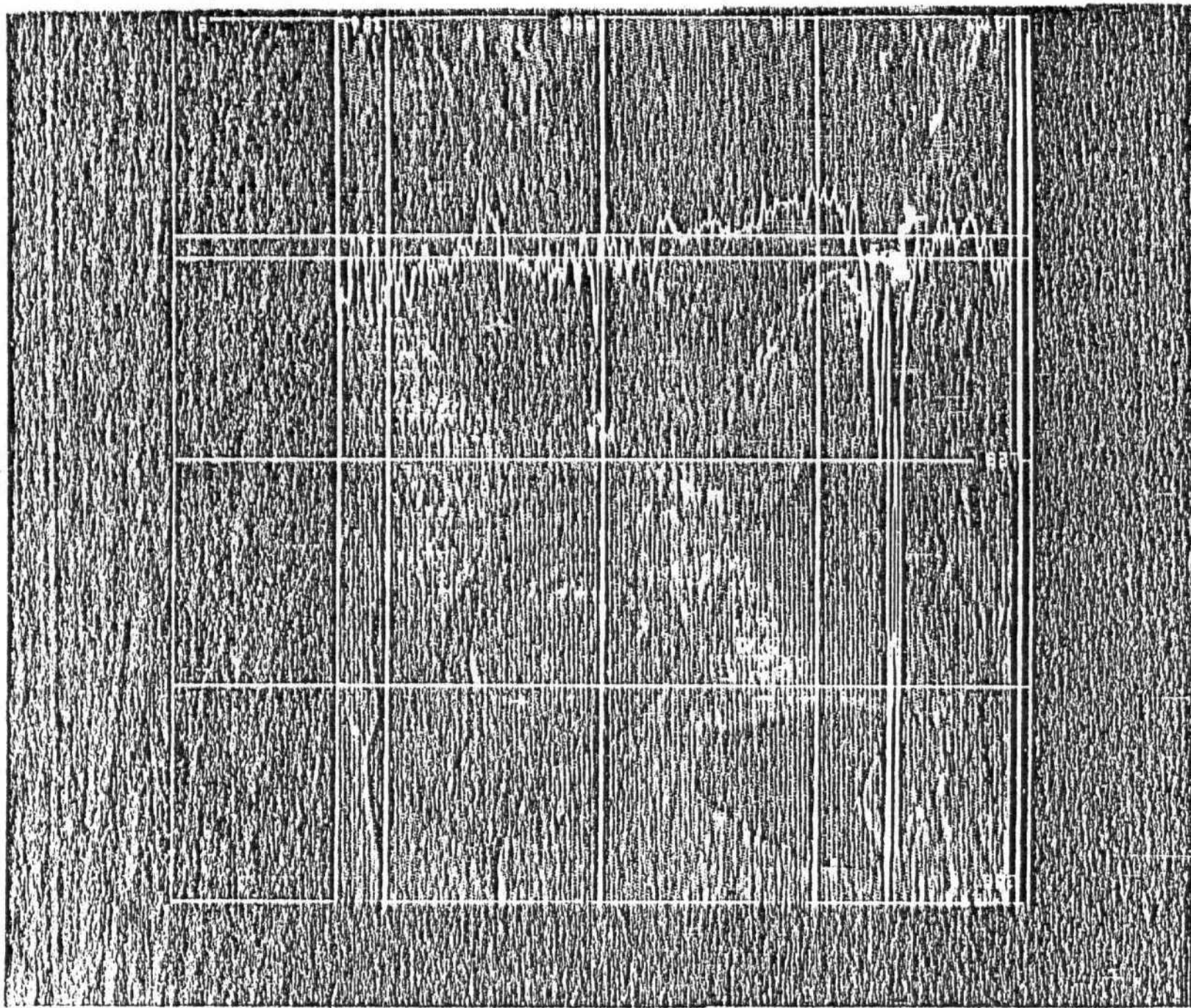
15

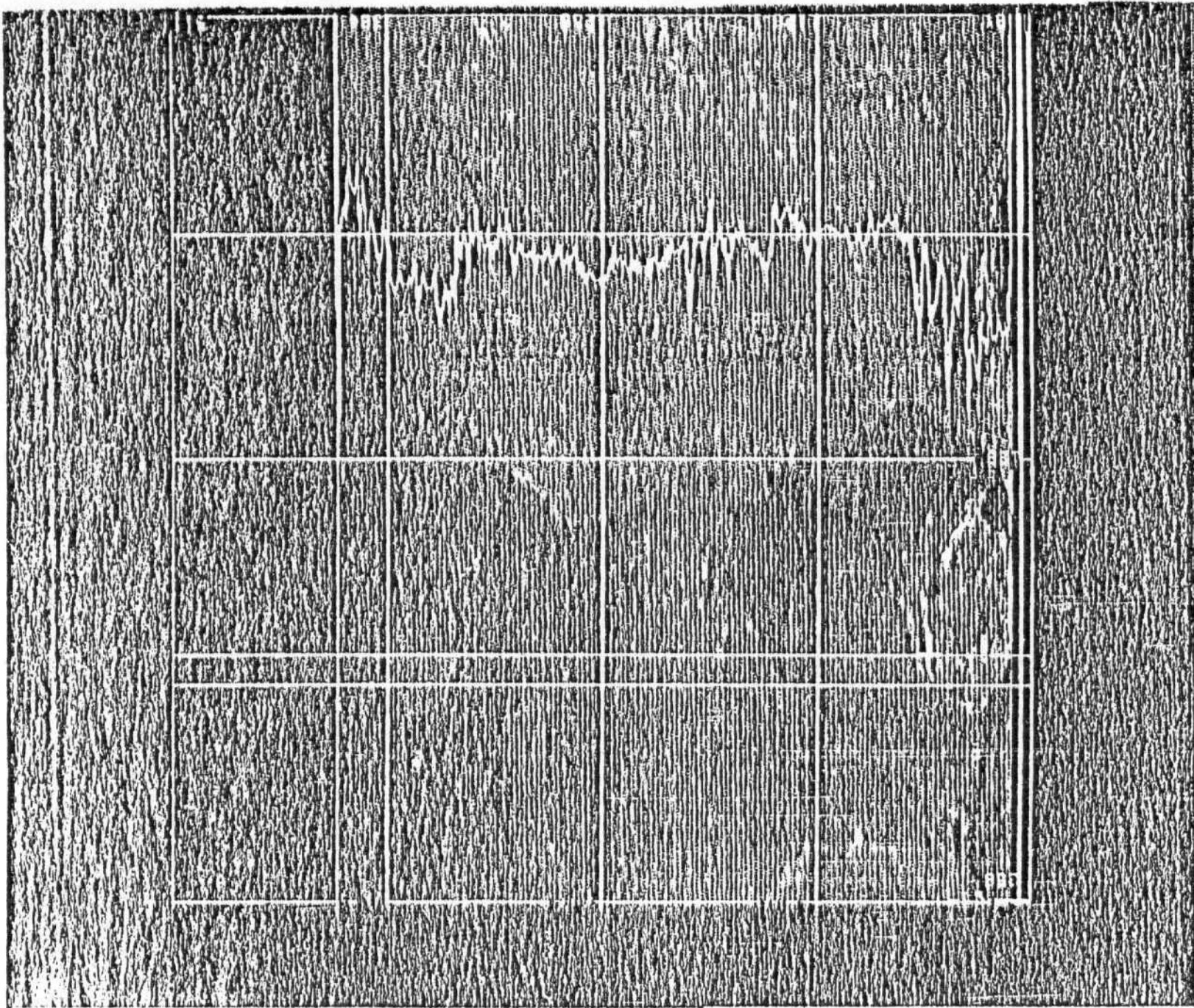
10

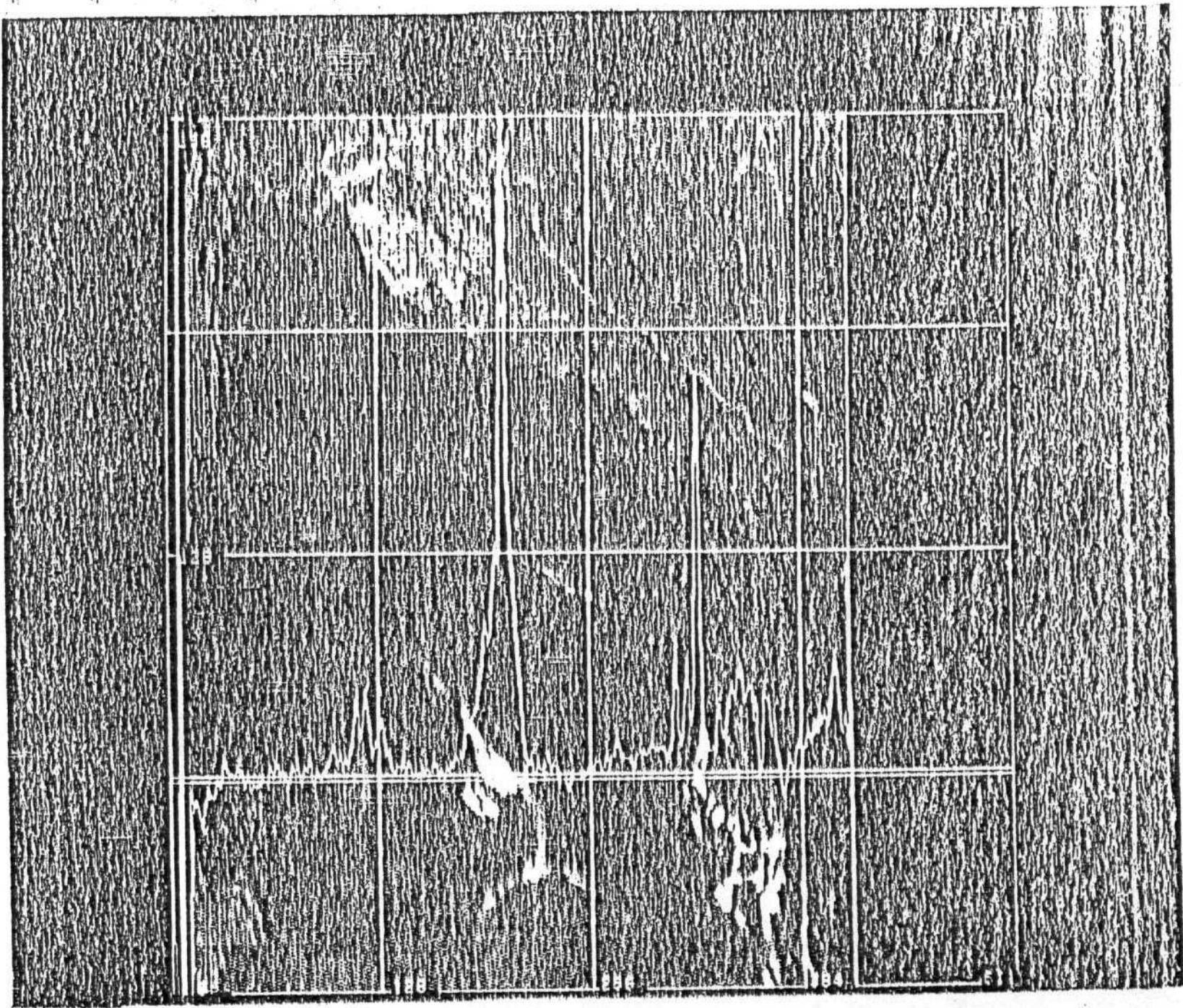
5

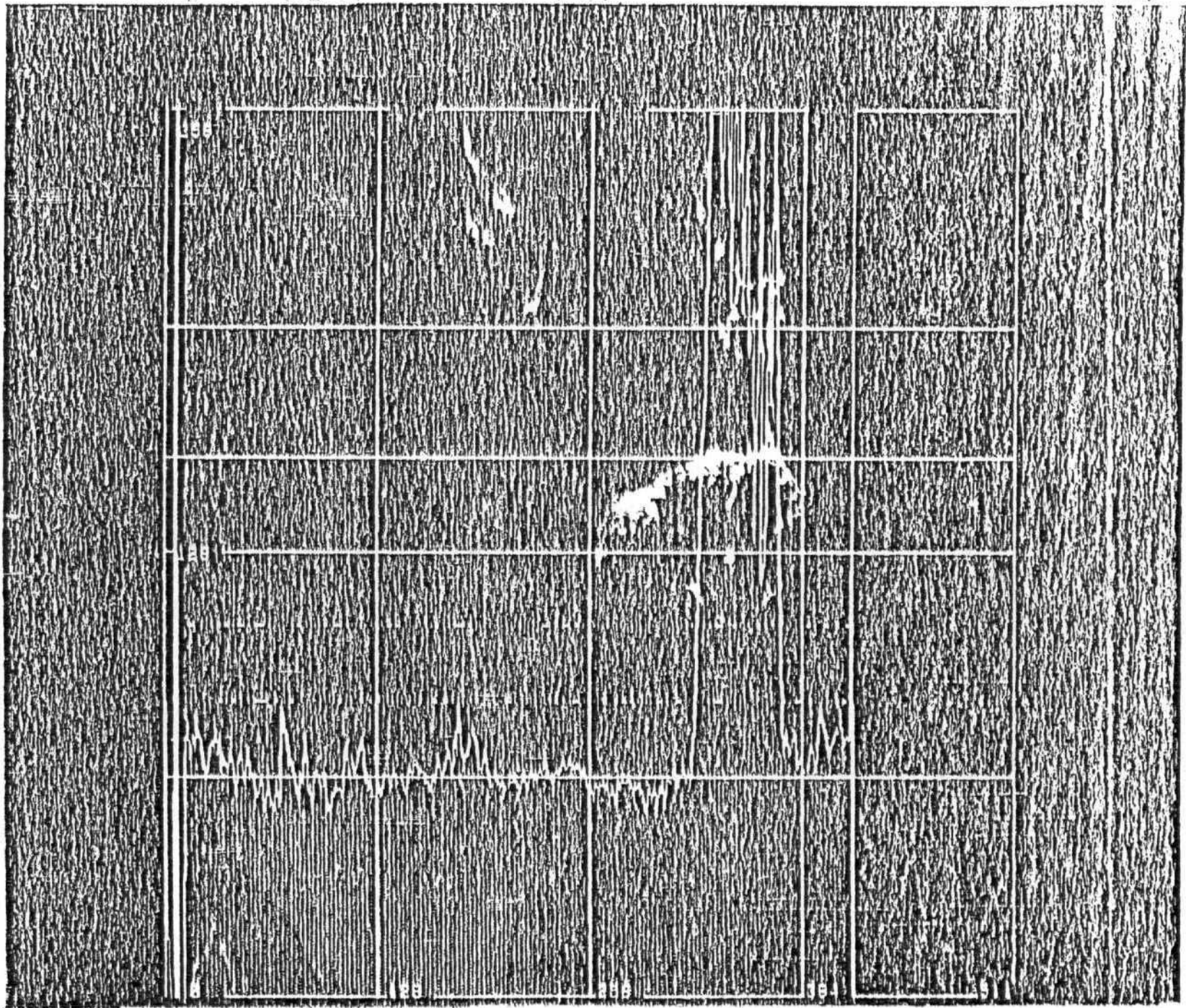
0



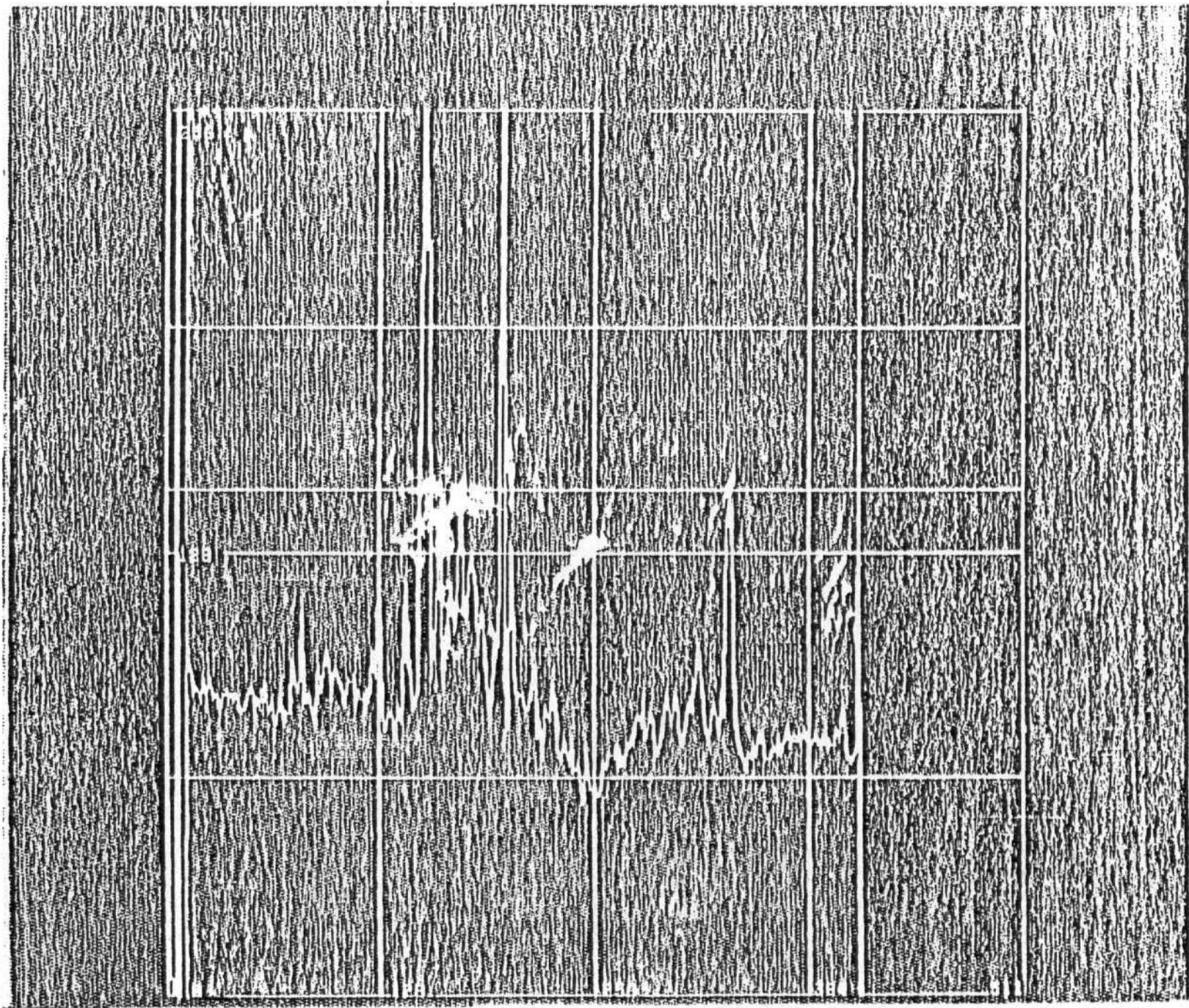


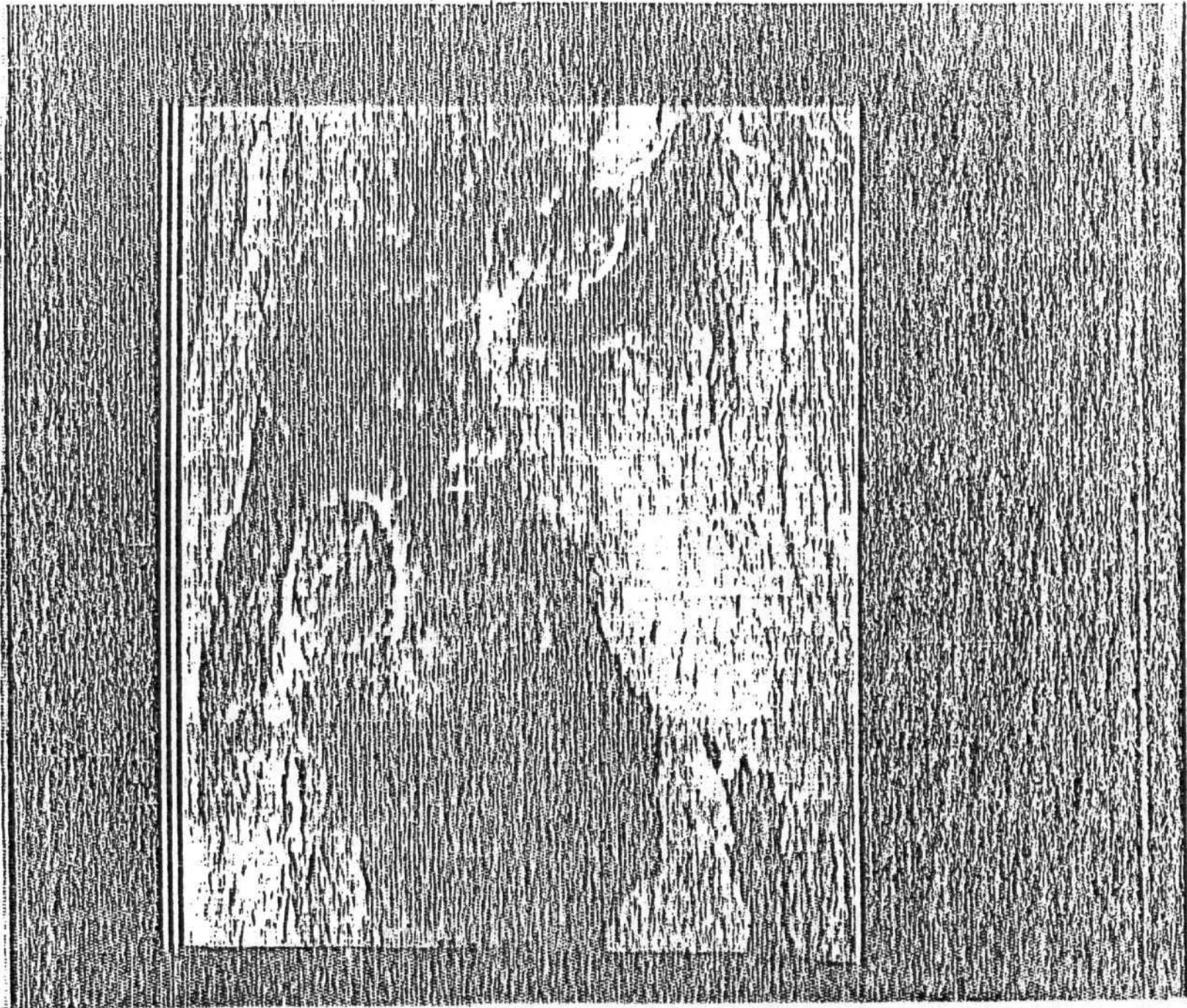


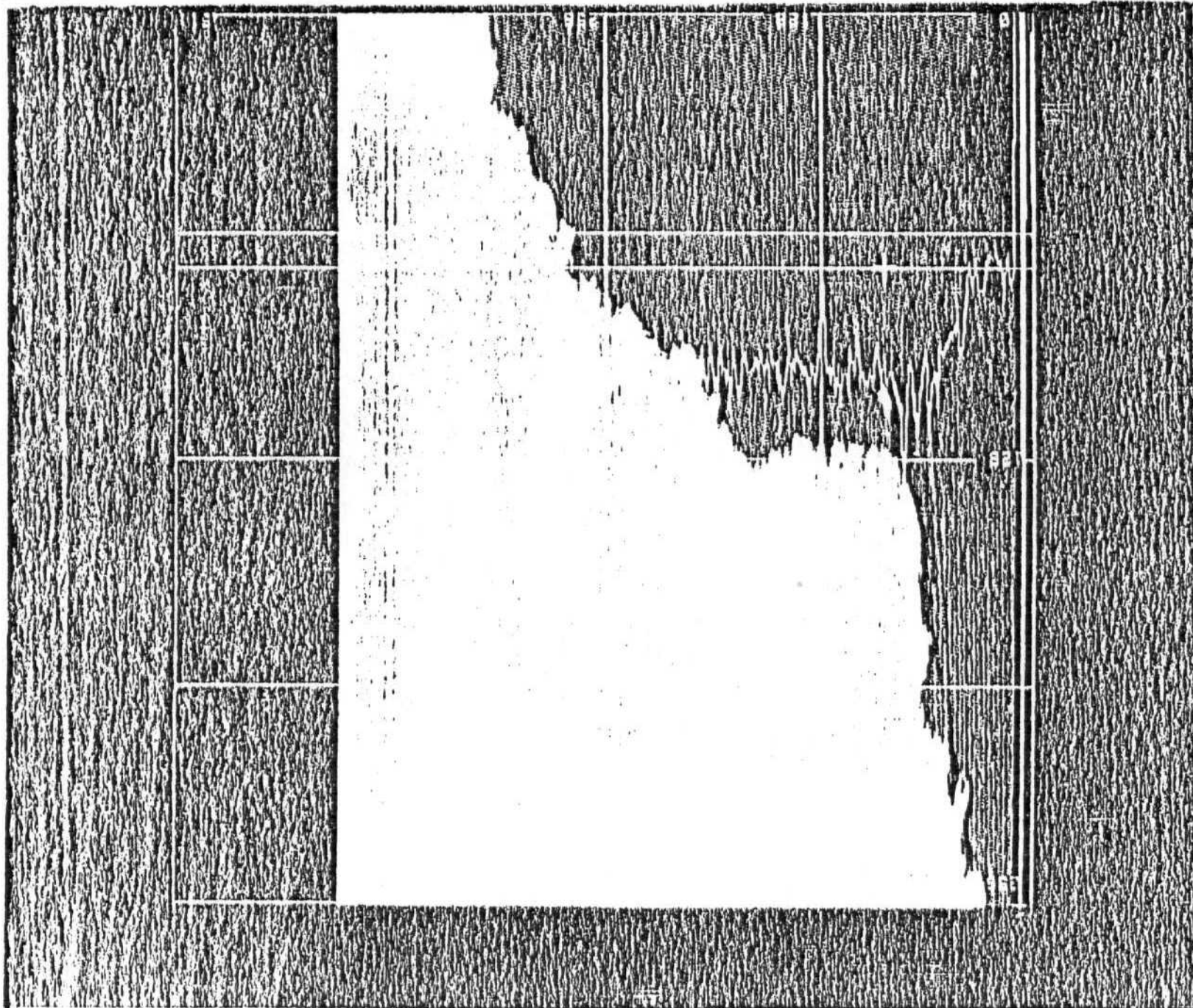


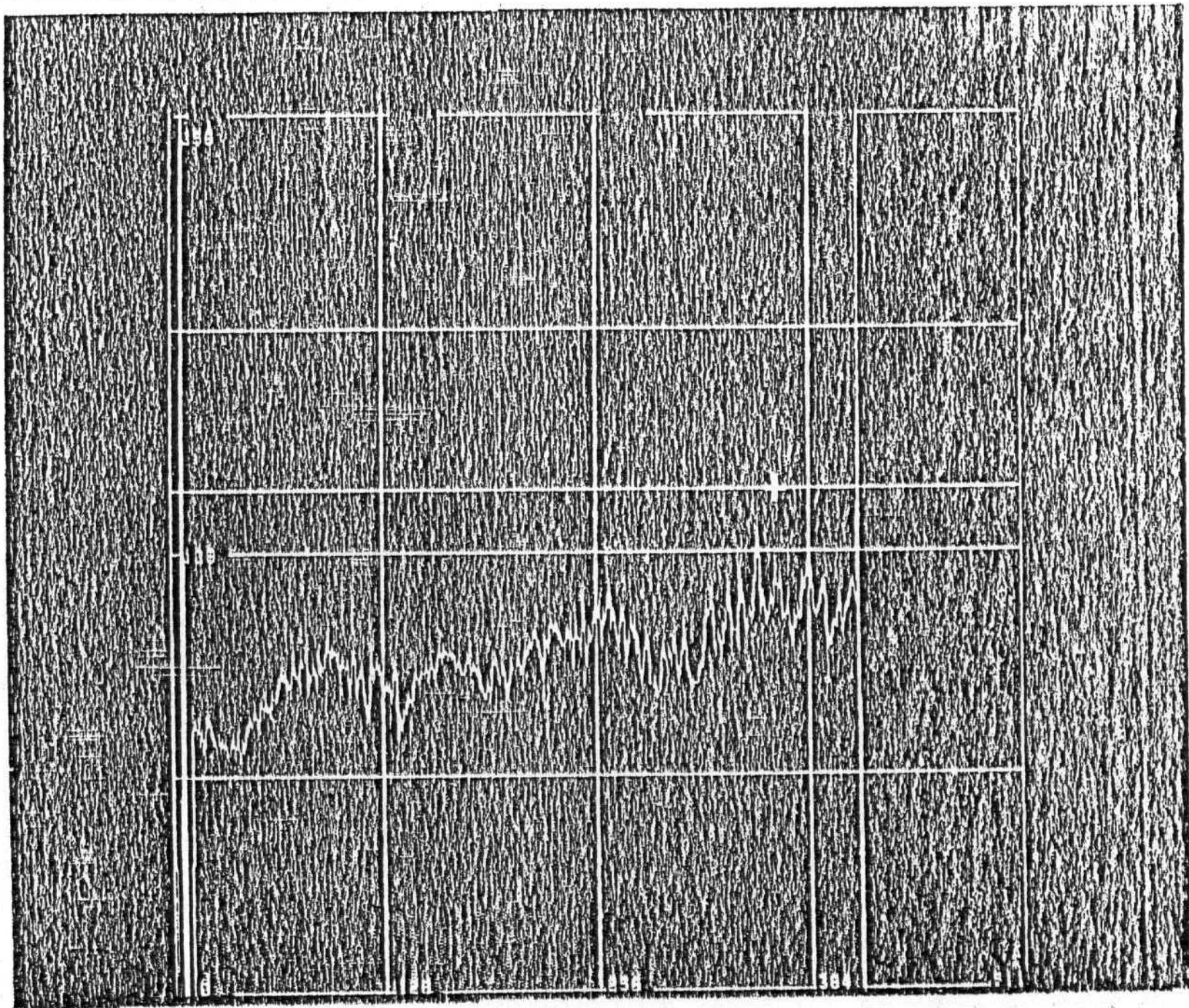


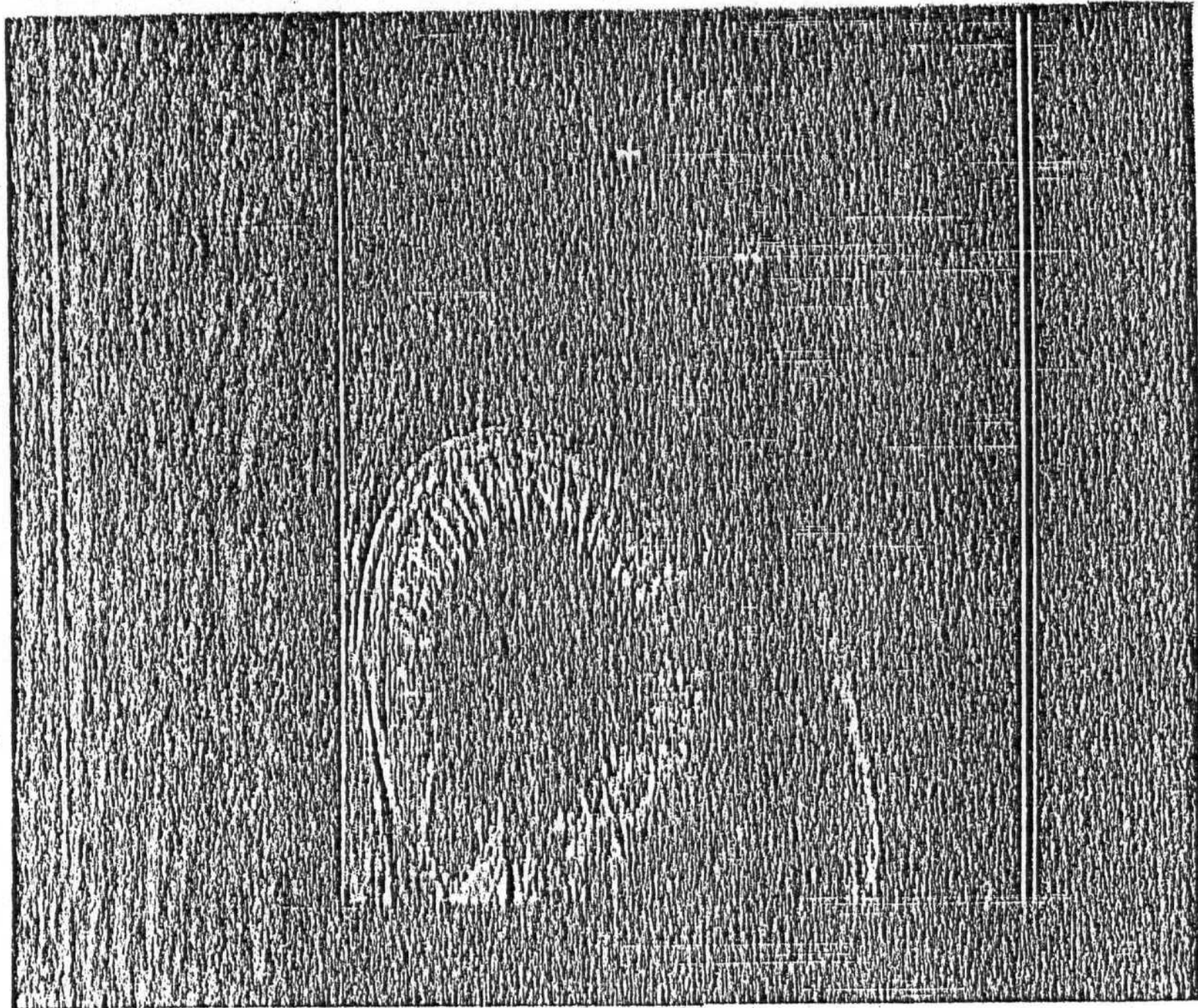


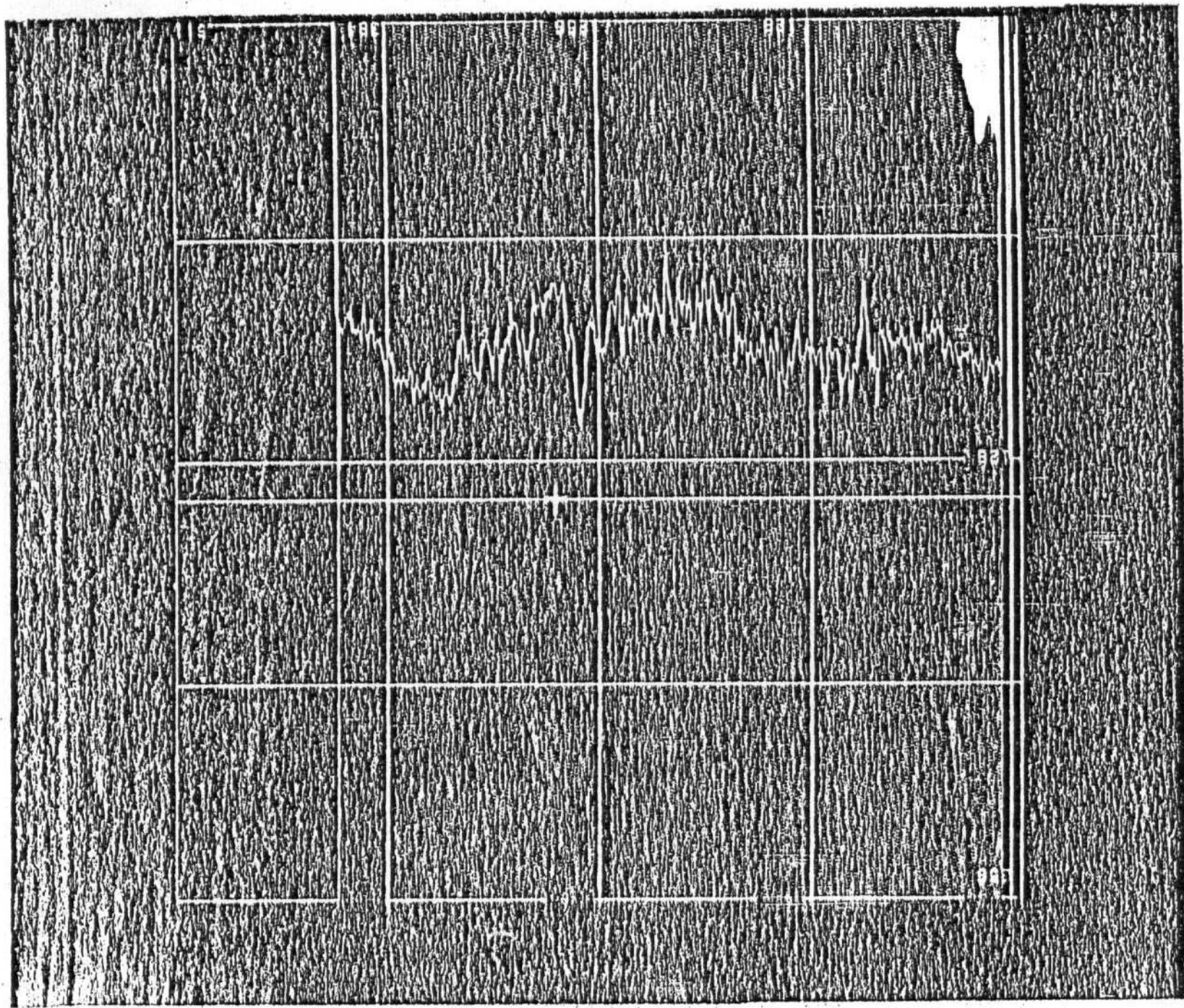












5 100 100 100 100

100

100

