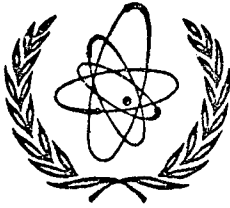


05.70.20

CONFERENCIA Nº III/3.1



ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA Y
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CURSO REGIONAL DE CAPACITACIÓN EN LA PROSPECCIÓN DE URANIO

BUENOS AIRES, 8 de setiembre - 31 de octubre 1969

III. MÉTODOS DE PROSPECCIÓN URANIFERA

3.6. b. PROSPECCIÓN AEREA

DR. KIRILO MARINKOFF

PROSPECCION AEREA

KIRILO MARINKEFF

Comisión Nacional de Energía Atómica

I. INTRODUCCION

La radimetría aérea es una técnica de prospección que se viene utilizando desde el año 1950. Los principales países del mundo que cuentan hoy día con importantes reservas de minerales uraníferos, la han aplicado y continúan utilizándola en forma intensiva sobre vastas regiones de sus territorios, de acuerdo a sus necesidades y posibilidades. Tal es el caso de E.E.U.U., Canadá, U.R.S.S., Francia, Argentina, Australia, etc.

Fué en sus comienzos uno de los métodos de prospección geofísica más discutidos, debido a diversos factores entre los que primordialmente debemos mencionar, la imperfección de los equipos de detección utilizados y la deficiente sensibilidad de los mismos, que no estaban de acuerdo con las exigencias y móviles del trabajo.

Los primeros en investigar sobre la prospección aérea de radiación gamma han sido los ingleses en el año 1946. Simultáneamente en los E.E.U.U. y Canadá se realizaban estudios y en el año 1952 ya se tienen noticias de utilización de cristales de yoduro de sodio, activados con talio, que desplazaron definitivamente los detectores Geiger-Müller. Más tarde al disponerse de cristales de mayor tamaño y de alto grado de sensibilidad, se lograron equipos de cintillome-

tría aérea muy eficaces para la detección aérea de radiactividad.

Hoy en día podemos decir, que esta técnica aplicada con criterios definidos, en áreas previamente seleccionadas, se ha convertido en uno de los métodos de prospección general de gran eficacia, para la búsqueda y localización de minerales nucleares.

El perfeccionamiento alcanzado en el desarrollo de instrumental y equipos, en las técnicas operativas de campaña y en la interpretación de los registros en gabinete, permiten afirmar que aplicando correctamente este método, el hallazgo de un depósito uranífero, depende casi exclusivamente de la presencia de afloramientos radiactivos próximos a la superficie.

II. PROSPECCION AEREA

II.1. DEFINICION Y OBJETO

Es un método de prospección geofísica que permite la localización de minerales radiactivos, desde un avión, basado en la propiedad natural que poseen estos minerales de emitir radiaciones gamma, que pueden ser medidas mediante aparatos especiales diseñados para tal fin.

El aparato detector fundamental que se utiliza en este método de prospección, es un cintillómetro de alta sensibilidad instalado convenientemente en un avión, el que capta desde alturas de vuelo preestablecidas la radiación producida por las rocas aflorantes de las áreas sobrevoladas.

En esa forma se obtienen registros de magnitudes radiactivas que, debidamente interpretados, posibilitan la localización y delimitación de sectores en los que las concentraciones de minerales radiactivos pueden llegar a revestir importancia económica.

II.2. VENTAJAS DEL METODO

Es un método ventajoso para cubrir y reconocer con rapidez y economía grandes extensiones, delimitando dentro de ella sectores bien definidos con posibilidades, y postergando a su vez para una etapa subsiguiente otras áreas de menor interés.

Resulta, junto con la geoquímica, uno de los métodos de vanguardia más rápidos y especialmente indicados para países vastos, con poca densidad de poblaciones y vías de comunicación no adecuadas.

II.3. LIMITACIONES DEL METODO

Como toda técnica exploratoria, este método de prospección general tiene sus limitaciones, dadas principalmente por las condiciones naturales de las regiones a explorar.

Una de ellas, quizás la más importante, es la característica topográfica de la zona de trabajo; en efecto, si la topografía es muy abrupta, con desniveles frecuentes muy pronunciados y con quebradas o valles muy encajonados, pueden llegar a imposibilitar la maniobrabilidad del avión, aún a costa de disminuir los rendimientos operativos.

Otra limitación está dada por la altura sobre el nivel del mar, que reduce notablemente los rendimientos de las máquinas comúnmente usadas en prospección aérea, tornando demasiado riesgosas las condiciones de vuelo aún para helicópteros.

La altura límite sobre el nivel del mar es variable de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada máquina, especialmente la relación peso/potencia motor.

Las regiones cubiertas con selvas y bosques tropicales; son también a veces un factor de limitación al método, ya que, según la densidad de la vegetación, se puede tor-

nar difícil la graficación de los itinerarios, llegando al punto de imposibilitar la ubicación posterior de una anomalía por falta de referencias.

III. FUNDAMENTOS TEORICOS

III.1. RADIOACTIVIDAD NATURAL

III.1.a) Características y propiedades

La radiactividad natural de la superficie de la tierra es debida a varios de los elementos constitutivos de su corteza; el potasio 40, el uranio y el torio en forma principal, junto con otros de menor importancia como el actinio, rubidio 87, samario 147 y el lutecio 176. Aunque en cantidades infinitamente pequeñas, los tres elementos nombrados en primer término se hallan ampliamente difundidos en todas las formaciones geológicas.

Ellos tienen la propiedad de emitir radiaciones radiactivas, que impresionan la placa fotográfica, provocan la fluorescencia de ciertos cuerpos, ionizan los gases, liberan energía y pueden atravesar espesores diversos, siendo comparables a los rayos x.

Tipos de radiación

Un haz de rayos emitidos por una substancia radiactiva, sometido a la acción de un campo magnético intenso, se divide en tres tipos de emisiones:

Emisiones alfa, cargados positivamente, que se desvían en un sentido.

Emisiones beta, cargadas negativamente, que se desvían en otro sentido.

Emisiones gamma, sin carga eléctrica, que no sufren desviación alguna.

Los rayos alfa son átomos de helio que han perdido sus dos electrones exteriores y están constituidos por 2 protones y 2 neutrones. Su carga es igual a dos cargas ele-

mentales positivas y su número de masa es 4. Estos rayos alfa son rápidamente absorbidos por pequeños espesores de materia (3 ó 4 centímetros de aire son suficientes para detenerlos) por lo que su poder de penetración es muy débil.

Los rayos beta poseen carga negativa y están formados por electrones. Su energía es mayor que la de los rayos alfa pudiendo recorrer en el aire varios metros o atravesar algunos milímetros de aluminio.

Los rayos gamma están formados por ondas electro-magnéticas denominados fotones, semejantes a las de la luz y de los rayos x, pero de longitudes de onda muy cortas. Son mucho más penetrantes que los rayos alfa y beta pudiendo recorrer en el aire distancias considerables, siendo necesarios varios decímetros de espesor de aluminio o varios centímetros de plomo para detenerlos, dependiendo ello del valor energético inicial de la fuente.

Como vemos, los rayos gamma son los que, por sus propiedades y características, han hecho posible la utilización de aparatos destinados a determinar la presencia de los minerales radiactivos.

Ya hemos dicho que los principales elementos emisores de radiactividad para nuestro caso son: el uranio, el torio y el potasio 40. La radiación gamma que emite cada uno de estos elementos por gramo es la siguiente:

Potasio 40 emite		3,6 gamma por segundo.			
Uranio	"	33.500	"	"	"
Torio	"	20.900	"	"	"

Vemos que existe una predominancia del uranio en lo que a emisión de radiación gamma se refiere. En un granito medio que contiene 4 % de K_2O , 4 p.p.m. de Uranio y 13 p.p.m. de torio, tendríamos:

23 % de radiación gamma debida al K 40
25,5 % " " " " U
51,5 % " " " " Th

La influencia del K 40 no es despreciable; pero afortunadamente puede ser considerada como una constante debido a que son muy raras las variaciones superiores al 1 % en los tenores de este elemento. Por ello no tienen mayor influencia para la detección de los yacimientos de Uranio.

No sucede lo mismo con el torio, ya que este elemento se presenta ampliamente distribuido en la corteza terrestre; se lo encuentra dentro de las rocas metamórficas, puede estar acompañando al uranio y es frecuente su presencia en el seno de los minerales detríticos y series sedimentarias. También está siempre presente en las rocas eruptivas ácidas.

Radiactividad promedio de algunas rocas:

Tipo de roca	P.p.m.U	P.p.m.Th
Rocas graníticas	3-4	9-13
Rocas básicas	1	3
Rocas intermedias	1,5-2	5-6
Sedimentos calcáreos	0,7-3,8	
Sedimentos carbonosos	5-10	

P.p.m.: partes por millón

Otra fuente de radiación natural es la producida por el gas radón que se encuentra en el aire, que emite radiaciones alfa, como producto de desintegración. Su distribución en la atmósfera, está controlada por las variaciones climáticas imperantes en cada zona, pero por lo general, se halla muy disperso y bien mezclado, motivo por el cual no tiene mayor influencia. Su presencia, de bajas proporciones,

no afecta en forma sensible la detección.

Finalmente debemos mencionar la radiación cósmica, constituida por partículas atómicas elementales (protones, neutrones y electrones) provenientes del espacio sideral.

Si bien esta radiación aumentará con la altura, se puede decir que no afecta sensiblemente las mediciones, a las alturas de vuelo utilizadas en prospección aérea.

III.1.b) Alteración de las radiaciones

La radiación gamma natural de un afloramiento es compleja ya que está constituida por rayos de distinto origen, provenientes de los diversos elementos que liberan energías diferentes. Hay factores que modifican la radiación gamma que queremos medir.

En primer lugar, interfiere la existencia de un suelo o cubierta inactiva, que absorbe total o parcialmente los rayos gamma de baja energía. Por otro lado, la radiación pierde al propagarse en la materia gran parte de su energía, y su composición espectral es deformada a cierta distancia de la fuente emisora.

Al llegar a la superficie y entrar en el aire, sufre alteraciones similares aunque de menor magnitud a aquellas ocasionadas por la cubierta. La absorción atmosférica está sujeta a variaciones climáticas y geográficas, es proporcional a la densidad del aire, la que a su vez varía en función de la altitud del lugar, de la temperatura, de la humedad y de la cantidad de polvo en suspensión en la atmósfera. Se puede considerar que a una altitud de 600 metros sobre el terreno los rayos gamma quedan absorbidos en forma total por la atmósfera.

III.2. DETECCION DE LA RADIOACTIVIDAD

Nos referiremos solamente a la detección de los rayos gamma, que como hemos visto son los únicos que podremos

detectar desde un avión en el que se ha montado un cintillómetro. Ya hemos dicho que los rayos gamma no poseen carga; son radiaciones electromagnéticas que se denominan fotones y se originan en la desintegración radiactiva.

Precisamente por no poseer carga, no es posible su detección mientras no ocasionen en el seno de la materia una radiación secundaria cargada eléctricamente.

Cuando un rayo gamma atraviesa la materia, se producen tres procesos fundamentales:

Efecto fotoeléctrico: consiste en la interacción del fotón incidente con el conjunto de todos los electrones de un átomo, produciéndose la absorción total de la energía del fotón y la emisión de un electrón atómico.

Efecto Compton: consiste en la interacción de un fotón incidente y un electrón atómico supuesto en reposo, resultando un fotón o rayo gamma de menor energía, llamado fotón secundario, y un electrón libre.

Formación de pares: el rayo gamma interactúa en este caso con el núcleo del átomo, en tal forma que como resultado de este proceso son emitidos dos electrones: uno positivo y otro negativo.

III.2.a. Cintillómetro. Principio de funcionamiento

Las moléculas de ciertas sustancias llamadas centellantes, sometidas a la acción de los rayos gamma, son excitadas produciendo destellos que se deben a la expulsión de un fotón por el átomo del cuerpo que ha sido excitado y retorna a su estado inicial. Ya hemos dicho anteriormente que los rayos gamma emiten electrones, que son los que en este caso producen el centelleo.

Los destellos impresionan una célula fotoeléctrica, produciendo una corriente que es amplificada por un amplificador electrónico o fotomultiplicador, la cual final-

mente se mesura en el instrumento del cintillómetro. Las substancias que se utilizan como pantallas receptoras de radiación gamma pueden ser diversas; cada una de ellas posee características y propiedades acordes con la materia de la que están constituídas. Entre ellas podemos nombrar:

Sulfuro de cinc o sulfuro de cadmio activado con plata: tienen el inconveniente de ser policristalinas pero poseen un buen coeficiente de absorción; su constante de tiempo es muy grande.

Tetrafenilbutadieno (T.F.B.) en solución en una materia plástica; son de rendimiento más bajo que los inorgánicos, pero su constante de tiempo es baja.

Ioduro de sodio activado con talio; son monocristalinos, de buen rendimiento y constante de tiempo adecuada.

Los que normalmente se utilizan en el instrumental moderno son estos últimos, es decir los cristales de ioduro de sodio activado con talio debido a su sensibilidad, rendimiento, constante de tiempo, etc. Tienen el inconveniente de su mayor costo en relación a los cristales plásticos que son mucho más económicos. Todos sabemos que para la sensibilidad de un equipo, es primordial el tamaño del cristal. Para igualar rendimientos, un cintillómetro dotado con cristal plástico debe aumentar enormemente su tamaño, desventaja ésta que juntamente con otras, han hecho que se fuera relegando su utilización en los cintillómetros para este tipo de prospección.

El foto multiplicador está formado: por un fotocátodo con base de cesio-antimonio, seguido por una óptica electrónica y una decena de multiplicadores o dinodos, constituidos por placas de una aleación que al recibir un electrón, producen emisión de gran número de electrones secunda-

rios; posee además un ánodo donde son recibidos estos electrones, produciéndose en esta forma los impulsos eléctricos de una amplitud proporcional a la radiación primitiva incidente.

En un amplificador estos impulsos son amplificados y transformados en corriente eléctrica, siempre que posean una amplitud mínima preestablecida por el umbral de entrada del integrador. Esta corriente eléctrica es la que finalmente se mide a través de la lectura del instrumento del cintillómetro.

La energía de la radiación gamma que llega a la altura normal operativa de prospección (60-100 metros), posee valores promedio bastante reducidos, por lo que es necesario contar con instrumentos bien diseñados de alta sensibilidad y constante de tiempo adecuada. Deben ser de poco peso y reducido volumen; en lo posible deben ser transistorizados, lo cual aliviará el problema de la alimentación, siempre crítica a bordo de un avión.

IV. FACTORES PRINCIPALES A CONSIDERAR EN PROSPECCION AEREA

IV.1. FACTORES NATURALES

IV.1.a) Absorción y dispersión

La radiación gamma en el aire sufre una absorción y dispersión que está en relación con la densidad y espesor de la capa de aire atravesada, que media entre el suelo y el avión en el que está montado el equipo detector. Por tal motivo, tienen influencia en los valores de radiación todos los agentes que puedan modificar las condiciones atmosféricas, tales como: temperatura, presión, humedad higroscópica, vientos, etc.

La intensidad de las fuentes radiactivas de superficie va decreciendo rápidamente con la altura debido a ese motivo, dependiendo lógicamente el valor resultante, de

la energía inicial y del tamaño y forma de la fuente emetrix. Para tener una idea de la influencia de este factor, diremos solamente que a las alturas normales de vuelo de prospección (75 m), el 90 % de los rayos gamma detectados tienen una energía inferior a los 700 keV y el 40 % inferior a los 150 keV. Se puede establecer como valor medio aproximado, que la intensidad de una fuente decrece en un 50 % a los 105 m de altitud relativa (350 pies).

Si bien este decrecimiento se puede determinar exactamente de acuerdo a la fórmula física correspondiente, es aconsejable realizarla en forma empírica para cada equipo, toda vez que se instale en un avión, obteniendo en esa forma los reales coeficientes de corrección por altura a aplicar en cada caso.

IV.1.b) Condiciones del terreno

Otro de los factores que tienen su influencia en las variaciones de radiación gamma, está dado por las características y estado en que se encuentran los terrenos próximos a la fuente radiactiva. En efecto, después de una lluvia, los valores radiactivos se verán disminuidos en la medida que los suelos hayan retenido la humedad, la que será variable de acuerdo a las características del mismo, a la cantidad de agua precipitada, y a la topografía del área. Efectos similares puede llegar a producir la nieve.

En una zona cubierta de densa vegetación, como ser una selva tropical, el espesor del follaje modifica también la emisión gamma.

Algunos de los factores enunciados pueden adquirir valores de mayor o menor grado de importancia, por lo que deben ser tenidos en consideración si se pretende obtener óptimos resultados.

IV.1.c) Fuente radiactiva

Al hablar de la presencia de los elementos radiactivos en la superficie terrestre y enumerarlos, dijimos que de todos ellos los que nos importaban eran el uranio y el torio. En efecto, geológicamente estos dos elementos son los que fundamentalmente pueden llegar a interesarnos, por constituir acumulaciones que representen algún interés económico. Todos sabemos que las manifestaciones radiactivas pueden presentarse en concentraciones de tamaño y forma diversas, alojados en formaciones de distinto origen y edad, ya sean vetiformes, sedimentarias, intrusivas, etc., y con leyes o tenores de variada importancia.

Asimismo, gran parte de ellas no serán más que simples manifestaciones anómalas, sin llegar a constituir depósitos o yacimientos de valor económico. Por tales causas, el tipo de fuente radiactiva a detectar desde el aire, puede presentarse en superficie con formas, magnitudes y características variadas, de las que primordialmente nos va a interesar tomar en consideración: intensidad radiactiva, cobertura estéril, forma del afloramiento, dimensiones del mismo, condiciones de yacencia, tipo de yacimiento, geología del sector.

De acuerdo a como se conjuguen estos factores y otros se obtendrá una información resultante que determinará en principio, la importancia relativa de una anomalía aérea.

IV.1.d) Efectos topográficos

Hemos mencionado que la radiación gamma sufre variaciones al atravesar distintos espesores de aire. Es decir que al variar la altura de vuelo en relación a la superficie del suelo, tendremos valores diferentes de acuerdo a la topografía del área sobrevolada.

Por ello, se instala en el avión, como veremos más adelante, un radiocálmetro, que registra continuamente

la distancia avión-tierra, que permitirá efectuar luego las correcciones del caso. Sin embargo, el radiocólimetro mide solamente la distancia al punto más cercano; no brinda información de la "topografía tridimensional" que existe al costado de la línea de vuelo. Al efectuar la corrección por altura de los registros radiométricos, se la realiza de acuerdo a la información del radiocólimetro, que por el motivo señalado no es en rigor la real. Este efecto se acentúa especialmente cuando por condiciones operativas se debe traspasar un portezuelo, un cerro o cuando se sobrevuela una zona de terrazas recortadas por angostos y frecuentes cañadones, con bruscas variaciones de la altura de vuelo, resultando incrementos repentinos del registro radiométrico, que se mantendrán aún después de efectuar las correspondientes correcciones por altura. Este incremento radiométrico se lo define como "efecto topográfico".

IV.2. FACTORES OPERATIVOS

IV.2.a) Altura de vuelo

Por las consideraciones ya realizadas anteriormente, los vuelos de prospección deben efectuarse a baja altura. Aunque no existe un criterio único, las alturas promedio adoptadas varían entre los 60 y 100 metros (200-350 pies). Nosotros en la Argentina hemos tomado como altura de vuelo los 75 metros.

A los efectos de evitar luego en la interpretación la utilización de factores de corrección muy extremos, se debe tratar de mantener constante la altura promedio adoptada. Ello es difícil y sólo será posible en la medida que la topografía de la zona lo permita, de acuerdo al avión utilizado y a la experiencia y pericia del piloto en vuelos a baja altura sobre zonas montañosas. La misma podrá variarse en más o menos dentro de los límites citados, pero siempre debe-

rán estar supeditados a la sensibilidad y constante de tiempo de los equipos, así como también de la velocidad del avión. Lógicamente tendremos mejor respuesta a una menor altura de vuelo; contrariamente, volando a mayor altura, la cobertura a lograr con cada línea de vuelo será mayor y los límites de seguridad operativa serán algo mejores.

IV.2.b) Desplazamiento

No debemos olvidar, al fijar la altura de vuelo, que la misma se refiere a la distancia vertical al suelo, pero que las fuentes de radiación que se intenta detectar pueden estar desplazadas lateralmente con respecto a la línea de vuelo, resultando por tal motivo mayor la distancia a la anomalía.

También se debe tener en cuenta que existe una demora en la respuesta de una anomalía, que está relacionada con la escala de sensibilidad y constante de tiempo utilizada, la velocidad de desplazamiento y la altura de vuelo. Ello se traducirá en un desplazamiento lineal aparente de la anomalía.

IV.2.c) Tipo de vuelo

Dependerá de las características topográficas de la zona, como así también del detalle de la información que nos propongamos obtener del sector de prospección delimitado, resolver que tipos de vuelo llevaremos a cabo en cada uno de ellos. Los resultados estarán directamente ligados a estos factores. Así por ejemplo, en una zona de difícil topografía, no podremos efectuar una prospección del tipo sistemático con vuelos de malla equidistante; nos veremos obligados a cubrir el área lo mejor posible con vuelos de ladera o cornisa, en la medida de lo permisible, acordes con las características y especificaciones técnicas de la máquina utilizada y la experiencia del personal interviniente.

Los rendimientos y resultados, obviamente serán menores a los que se obtendrán en otros sectores de características más favorables y fáciles. En zonas bajo estas condiciones difíciles, la experiencia del personal y el conocimiento geológico de la misma, juegan un rol de importancia que no se deben desestimar. En la medida que nos podamos aproximar a las condiciones normales de operación, la seguridad y posibilidad de obtener resultados positivos serán mayores.

IV.2.d) De los equipos utilizados

Ya hemos considerado en lo que respecta al cintillómetro, las condiciones que esta técnica de prospección requiere del mismo, en cuanto a sensibilidad y constante de tiempo. Recordaremos solamente que la sensibilidad está dada por el tipo de cristal utilizado y sus dimensiones. Deben poseer en especial buen diámetro (4 a 5 pulgadas) y espesores menores (2 a 3 pulgadas). En cuanto a la constante de tiempo, diremos que es el intervalo durante el cual los impulsos son integrados y transformados en corriente, la que en los cintillómetros aéreos debe ser pequeña y compatible con la velocidad del avión, altura de vuelo, etc. Deben tener buena estabilidad, es decir, no acusar variaciones ante cambios relativamente amplios de temperatura y humedad. Deben ser además de fácil calibración y mínimo consumo.

V. INTERPRETACION

V.1. FONDO RADIATIVO O "BACKGROUND"

En ausencia de anomalías, los valores radiactivos obtenidos representan la radiactividad normal de las distintas formaciones sobrevoladas, denominándoselos fondo o background. Volando sobre el agua el valor del mismo es bajo, pero sobre tierra se incrementa en forma variable de acuerdo al tipo de roca. Interfiere en lo antedicho solamente la radiación cósmica y el radón que se halle en la atmósfera, de

tal manera que el fondo dependerá de la uniformidad u homogeneidad de las formaciones sobrevoladas, y lógicamente, de los niveles topográficos que se sucedan. A alturas similares de vuelo, el mismo variará únicamente al pasar de una formación a otra, incrementándose o disminuyéndose según la radiactividad natural de las rocas y de acuerdo a los variados contenidos de uranio, torio y potasio que existan en una u otra formación.

Es por ello, que cada ambiente geológico tiene un valor de fondo y fluctuación que es característico, particular y constante para cada uno de ellos. Es así que podemos hablar de un background o fondo medio de un ambiente o facies geológica determinada, que nos servirá como nivel de comparación o referencia para definir el valor de una anomalía. Las fluctuaciones que se puedan observar en el fondo, dependen principalmente de la constante de tiempo utilizada y de la velocidad del avión, y será tanto mayor cuanto menor sea la altura de vuelo. El valor de fondo se lo establece en la mitad de la amplitud de estas fluctuaciones.

V.2. ANOMALIAS

Se definen como tales a todo incremento de radiactividad que sea detectado por encima del nivel medio de las fluctuaciones del fondo o background. Para cada altitud de vuelo existe una mínima intensidad radiactiva, capaz de ser detectada a esa distancia. Solamente cuando sobrepasa ese límite será acusada la anomalía (fig. 1).

La misma se manifiesta en forma de pico de formas y características variables. A los efectos de su clasificación debemos tener presentes los siguientes parámetros:

Magnitud: denominada también intensidad o amplitud, es la altura que adquiere el pico en unidades sobre el fondo local.

Cresta: es el punto de mayor magnitud.

Punto de valor medio: el punto de cualquiera de los lados de la anomalía, en el cual la intensidad alcanza la mitad de su magnitud.

Ancho medio: la distancia horizontal entre los puntos de valor medio.

Si tenemos en cuenta que el ángulo de captación del cintillómetro es de 90° , cualquier punto radiactivo es registrado durante un período igual al doble de la altura de vuelo. En base a ello, diremos que una anomalía será puntual cuando el valor del ancho medio del pico, represente en el registro una distancia equivalente no superior al doble de la altura de vuelo. Cuando el ancho medio sobrepasa esta magnitud, será una anomalía de cresta plana y será clasificada como lineal o areal. La magnitud de la anomalía en el registro indicará la intensidad de la misma. De esta manera, las anomalías irán indicando su importancia en base a la magnitud, forma de la cresta y ancho medio que adquieran los picos, como así también a la frecuencia con que se manifiesten dentro del área prospectada. Todas ellas deberán ser objeto de una corrección por altura de vuelo, de acuerdo a las indicaciones de los registros del radioaltímetro, y llevadas al nivel de referencia tomado como base (75 m) con el valor resultante. Se debe tener presente que el fondo debe ser corregido también por altura, antes y después de la anomalía y llevado a su valor real.

VI. INSTRUMENTAL Y MATERIALES DE VUELO

VI.1. EQUIPOS

VI.1.a) Detector

Es variada la gama de equipos detectores cintillométricos que se pueden obtener hoy día para prospección aérea. Lógicamente los mismos han ido evolucionando en su con

cepción y desarrollo, a medida que han ido pasando los años y la experiencia aconsejando mejoras de diverso tipo tendientes a lograr instrumentos de: gran sensibilidad, baja constante de tiempo, bajo consumo, volumen y peso reducidos, fácil instalación y mantenimiento, etc.

El actualmente en uso en la Comisión Nacional de Energía Atómica ha sido desarrollado y construido en la Gerencia de Materias Primas, y ha demostrado una buena performance, especialmente en lo que se refiere a sensibilidad. Su alimentación puede ser independiente con pilas comunes de 1,5 V o con 12 V proporcionados por el avión; es de rápido montaje y reducido consumo.

Descripción general del equipo MP.-10:

El prospector aéreo transistorizado MP-10 consta de dos unidades fundamentales: el cabezal de centelleo y el amplificador-integrador, teniendo además un instrumento repetidor adicional que permite su colocación en cualquier parte del avión para mayor comodidad y visualización. El cabezal consta de un cristal de centelleo de ioduro de sodio activado con talio, de 5 pulgadas de diámetro por 2 de espesor, acoplado a un fotomultiplicador del mismo diámetro. Las constantes de tiempo que posee son de 0,5; 1,0 y 1,5 segundos. Posee 5 rangos de medida: mínima de 250 cuentas por segundo y máxima de 10.000 cuentas por segundo. El error máximo de lectura con variaciones en la tensión del 30 % es menor que el 5 %; ese mismo valor del error lo posee para temperaturas variables entre -10° C hasta 40° C; el error en la precisión de calibración de escalas es menor que el 5%.

VI.1.b) Radioaltímetro

A los efectos de contar en todo momento con el valor de la distancia entre el avión y la superficie del terreno, y poder aplicar el factor de corrección correspondiente

te a la pérdida de radiactividad que se produce por la absorción del aire, se instala en el avión un radioaltímetro que proporciona el valor exacto de la altura de vuelo en forma continua.

El radioaltímetro utilizado es el antiguamente empleado en aeronáutica. Se trata del modelo AN-APN 1 constituido por un transceptor con su unidad de alimentación y un sistema de dos antenas: una emisora y otra receptora. Su fuente de alimentación ha sido modificada habiéndola llevado a una tensión de 12 volts proporcionada por el circuito del avión. Tiene dos escalas de trabajo, una de 0-400 pies y otra de 0-4.000 pies. Las dos antenas, de idénticas características, son las encargadas de transmitir y recibir la señal emitida y reflejada por la superficie que se sobrevuela. Para un buen funcionamiento del equipo se debe poner especial cuidado en la instalación de las antenas, ajustándose a las especificaciones técnicas según manual. Las señales son graficadas por un registrador, que nos indica la altura de vuelo con respecto al suelo a lo largo de todo el itinerario seguido. Este va conectado en forma sincrónica con el registrador radimétrico.

VI.1.c) Registadores

Las lecturas correspondientes al cintillómetro y radioaltímetro se grafican, en forma sincrónica, en dos registradores continuos de banda simple acoplados en tandem o uno de doble banda.

Los hay de distinto tipo: electromecánicos, eléctricos, transistorizados, etc. Su inscripción puede ser a tinta, térmico o fotográfico, con distintas ventajas y desventajas de acuerdo al tipo y modelo. Deben poseer fundamentalmente una constante de tiempo compatible con la sensibilidad del equipo detector. La velocidad de traslado del papel

debe ser graduable, como para obtener registros claros y legibles. Su manejo debe ser sencillo y de fácil mantenimiento.

VI.1.d) Cámaras fotográficas de posición

Con el objeto de referir los valores proporcionados durante el vuelo a puntos reales del terreno, se acopla una cámara aérea de registro continuo, suplementada con un sistema de marcación de accionamiento automático y/o manual, que permite sincronizar su marcha con la de los registradores.

Se obtiene con ella una banda fotográfica del terreno, que permite aplicarla sobre el fotomosaico o contrastarla con los planos topográficos, posibilitando una mayor exactitud en la ubicación de los puntos con interés.

Está dotada de una lente gran angular y de un magazine o chasis para 60 y 120 metros de capacidad de film de 35 mm. El motor eléctrico, de velocidad regulable, permite ajustar el traslado del film acorde a las velocidades y alturas de vuelo promedio del avión. A la altitud de vuelo de prospección (75 m) proporciona detalles a una escala aproximada 1:10.000. El consumo de película varía entre 16 y 47 cm por minuto, según las velocidades impresas al motor de acuerdo a las necesidades operativas.

VI.1.e) Equipos auxiliares

Radiofaros y receptores de V.H.F. Para lograr una correcta orientación de las líneas de vuelo en los trabajos de prospección detallada, con mallas preestablecida, se recurre frecuentemente al empleo de la navegación radioeléctrica, utilizándose para tal fin radiofaros y radiobalizas, diseñados y contruídos de acuerdo con las necesidades propias de este tipo de tarea.

Para ayudar a corregir los efectos de deriva, controlar la verticalidad del pasaje del avión sobre los puntos de referencia y otras necesidades operativas de campaña,

se asegura un contacto permanente entre el avión y el personal auxiliar de tierra, agregando una etapa modulada a los radiofaros, y dotando de receptores V.H.F. a las unidades móviles terrestres. La frecuencia de los radiofaros se varía de acuerdo a las bandas del receptor del radiogoniómetro del avión, y la del receptor V.H.F. dentro de la gama de frecuencias del transmisor, que como equipo normal de fábrica cuentan los aviones utilizados.

Cámara aerofotográfica. Resulta necesario a veces en prospección aérea, al no contar con planos de referencia adecuados, individualizar una anomalía o sector de interés en forma tal que facilite su ubicación por tierra. Es de utilidad en esos casos la ejecución de pequeños levantamientos aerofotográficos, no apoyados, para cuyo fin se debe contar con una pequeña cámara aérea que se monta en la misma abertura del fuselaje del avión, que se utiliza para la de otra cámara de posición.

Nosotros hemos logrado resultados satisfactorios con una cámara aerofotográfica Kodak K 24, que resulta práctica por sus características, tamaño y peso reducido.

VI.2. AVIONES

Dos son los tipos de máquinas que debemos considerar como aptas para desarrollar un programa de prospección aérea, y ellos son: los aviones convencionales llamados de planos fijos y los helicópteros o de plano rotativo. Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas que deben ser tomadas en consideración y entre las que solamente señalaremos las principales.

Seguridad. Teniendo en cuenta el tipo de vuelo que es necesario llevar a cabo, el helicóptero resulta mucho más seguro que el avión convencional.

Economía. Es mucho más costosa una operación

con helicóptero; para dar una idea diremos que en términos generales puede resultar de 4 a 5 veces superior al avión. Incide en ello: mayor precio inicial del helicóptero, costos de mantenimiento superiores en general, rendimiento menor, personal auxiliar más numeroso, revisiones periódicas más frecuentes, seguros más costosos, dificultades en "service" y repuestos, etc.

Rendimiento operativo. A igual superficie prospectada el avión reduce sensiblemente el tiempo de ejecución de un trabajo.

Revisión terrestre de anomalías. Únicamente posible de efectuar en forma inmediata con el helicóptero.

Es opinión general que en una primera etapa de prospección el avión convencional resulta más apropiado y ventajoso. El factor principal de ventaja del helicóptero reside en la seguridad. Ello no obstante, tomando las precauciones del caso, los índices de seguridad que ofrece el avión convencional son los suficientes como para permitir un desarrollo normal de las operaciones de vuelo.

En todos los casos, en la selección del avión deben primar las siguientes premisas:

Avión pequeño (avioneta tipo Cessna 180-182 Piper Cub PA 18, etc.)

Alto índice de maniobrabilidad, especialmente buena relación de peso-potencia de motor.

Excelente ángulo de trepada.

Virajes a baja velocidad.

De plano alto.

Techo operativo alto.

Velocidad de crucero baja.

Costos operativos reducidos.

Fácil mantenimiento.

Apto para aterrizar normalmente en pistas no

bien preparadas.

Autonomía de vuelo mínima de 4 horas.

Debe contar con instrumental completo para navegación radioeléctrica.

No debe estar próximo a los límites que estipule el certificado de aeronavegabilidad, en lo que respecta a motor y planeador.

VI.3. INSTALACION DE LOS EQUIPOS

Todos los equipos e instrumental de prospección deben estar convenientemente instalados y dispuestos en forma adecuada, tendiendo a facilitar la operación en vuelo. Deben estar firmemente sujetos. El circuito de alimentación debe ser independiente y poseer un interruptor general para seguridad. Se debe tratar en lo posible de transistorizar los instrumentos (menor recargo al sistema eléctrico del avión) y homogeneizar la tensión de entrada, evitando la utilización de baterías adicionales. El regulador de voltaje del avión debe ser de buena calidad y funcionamiento correcto.

VII. PLANIFICACION Y ORGANIZACION

VII.1. SELECCION DE AREAS

Es bien conocido por todos que en los trabajos de prospección, es fundamental una selección previa de áreas, en la que hayan entrado en consideración todos los factores que inciden en forma preponderante, si se pretende obtener resultados positivos rápidamente.

VII.1.a) Antecedentes geológicos

Desde luego juega un rol preponderante el grado de conocimiento geológico de las áreas a investigar, lo cual permitirá una selección más ajustada, adjudicando las prioridades que correspondan a cada una de ellas en relación a las demás. Se tendrán en cuenta todos los antecedentes favorables, tales como formaciones con mayores posibilidades por sus ca-

racterísticas geológicas, antecedentes uraníferos del área y presencia de otros ciclos mineralizantes que puedan estar relacionados con el mineral buscado.

VII.1.b) Características geográficas

Cuando hablamos de las limitaciones del método y de los factores que modifican la radiación natural de las rocas, señalamos algunos hechos que deberán tenerse en cuenta al seleccionar y delimitar las áreas. En efecto, no debemos olvidar las características geográficas de la zona: su ubicación, tipo de topografía, altura sobre el nivel del mar y la época del año favorable para la prospección, de acuerdo al clima, régimen de lluvias, intensidad de vientos, etc.

VII.2. DOCUMENTACION

Es importante la recopilación de toda la bibliografía técnica que resulte de interés por estar en relación con la zona seleccionada, tales como informes geológico-mineros, especialmente los que se refieran a uranio y sus relaciones geológicas. Los levantamientos geológicos con el detalle suficiente, posibilitarán una mejor interpretación de los fenómenos que se registren, ya sea en vuelo, o en la etapa posterior de interpretación de anomalías y vuelco de resultados.

Las fotocartas o en su defecto las cartas topográficas a escala adecuada son las bases imprescindibles para apoyar los vuelos de prospección, y en las que se graficarán los resultados obtenidos.

VII.3. PERSONAL

El personal de una comisión de prospección aérea está constituido básicamente por:

Un geólogo jefe de comisión.

Un geólogo ayudante.

Una comisión de apoyo terrestre.

Personal auxiliar.

Un piloto.

El geólogo jefe de comisión es el responsable de todas las tareas y actividades de la operación. Debe ser un profesional de buena experiencia, sumamente responsable y capaz de afrontar todos los problemas inherentes al trabajo. Juntamente con el geólogo ayudante y desde luego el piloto, integra la tripulación normal del personal en vuelo.

Para nosotros, resulta de gran importancia que el personal de vuelo sea de nivel profesional, ya que se debe aprovechar al máximo los vuelos sobre áreas nuevas, de las que muchas veces no se posee un real conocimiento geológico a la escala que requiere el trabajo de prospección, especialmente en la etapa de prospección expeditiva.

Es valiosa la información que se adquiere desde el aire, y las observaciones útiles que se pueden realizar tendientes a una mejor interpretación y al logro de resultados positivos, en un área. En esta forma creemos que se complementa de manera eficaz el aspecto geológico de la cuestión introduciendo en este método geofísico un aporte de real importancia, ya en el momento inicial de su aplicación. Se trata de este modo de evitar una interpretación geofísica pura o de matemática fría que puede llevar a conclusiones inciertas. Se pretende en base a los valores geofísicos obtenidos lograr una interpretación geológica de las causas naturales que los motivan.

El geólogo observador o navegante es el que va señalando e indicando al piloto los itinerarios y planes de vuelo a desarrollar diariamente, a la vez que efectúa todas las observaciones de interés en su libreta o fotocarta o plano de base utilizado. El geólogo operador está a cargo de todo el instrumental, vigilando su marcha, ajustando su funcionamiento de acuerdo a las necesidades operativas, y tomando nota de toda información complementaria de interés para la

interpretación posterior de los registros.

El piloto, que es el responsable de todas las operaciones inherentes al avión, debe poseer licencia de piloto comercial y tener por lo menos 500 horas de vuelo en el tipo de máquina a utilizar. Debe tener experiencia en vuelo de montaña y preferiblemente también en vuelos de baja altura. Se debe tener en cuenta que los vuelos requeridos en prospección aérea están calificados por las compañías de seguros, como de igual o mayor riesgo que los usuales en fumigación sanitaria. La seguridad del avión en vuelo es de exclusiva responsabilidad del piloto, quien por tal motivo indicará la factibilidad o no de un vuelo determinado. Como es lógico también, son de su exclusiva competencia todas las operaciones y medidas tendientes a asegurar el normal desempeño del avión.

La comisión contará además con todo el personal auxiliar complementario de cualquier otra comisión geológica.

La comisión de apoyo terrestre es la encargada de brindar todos los requerimientos que sobre el terreno sean necesarios durante el desarrollo de los trabajos. La misma podrá estar constituida por personal especial o alternar en la misma algunos de los profesionales ya nombrados con anterioridad. Depende ello del tipo de tarea que se esté desarrollando y las necesidades particulares de cada operación. Esta comisión realizará las verificaciones de anomalías recomendadas para su revisión y será la responsable de la información preliminar de cada una de ellas.

VII.4. BASE DE OPERACIONES

Será seleccionada dentro del área o lo más próximo a ella, evitando en lo posible los tiempos de vuelo a utilizar en traslado, los que en términos generales no deben superar el 20 ó 30 % de la autonomía del avión. En casos necesarios será preferible la habilitación de una pista, aunque

ello traiga consigo otros inconvenientes (abastecimiento de combustible, hangaraje, etc.) Desde luego se tratará de operar desde una base que cuente con las facilidades, comodidades y seguridades que brinda un aeródromo habilitado. De acuerdo a la base elegida, se tomarán las previsiones como para asegurar el normal desarrollo de los trabajos: abastecimiento de combustibles y lubricantes, stock de repuestos, básicos como para un ritmo continuado de labor, etc. Deberá contarse con movilidad adecuada y según las circunstancias y condiciones del medio, se deberán tomar algunas precauciones adicionales.

No se debe omitir el reconocimiento diario del sector a volar; gran parte de los accidentes pueden evitarse tomando las precauciones y realizando los controles correspondientes. El exceso de confianza es un mal consejero para este tipo de trabajo. No es recomendable el vuelo del mismo personal durante más de una autonomía de vuelo por día; se debe tener en cuenta que los vuelos de prospección exigen del individuo un estado físico óptimo. Pocas horas de vuelo producen un índice de cansancio o agotamiento, que es variable en cada persona, pero que siempre se refleja en una disminución de su rendimiento, que insensiblemente se verá reflejado en la calidad final del trabajo.

VII.5. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

Deberán obtenerse y cumplimentarse todos los permisos y requisitos previos que de acuerdo a las leyes de cada país sean necesarios ante las autoridades aeronáuticas respectivas. Asimismo deberán estar amparados con seguros de vida apropiados todo el personal de vuelo interviniente, y debidamente cubierto el monto del instrumental y equipos utilizados.

VIII. DESARROLLO DEL MÉTODO

VIII.1. TIPOS DE VUELO

Recordaremos solamente que la altura de vuelo sobre el terreno y su velocidad, así como también la densidad y frecuencia de los itinerarios, son de gran importancia en la prospección aérea, y los que determinarán a su vez los rendimientos y costos del método. Hemos dicho también que el cintillómetro en vuelo detectará una superficie equivalente a la base de un cono de 90° que, con vértice en el mismo y de acuerdo a la altura de vuelo, se irá sucediendo continuamente a medida que el avión se desplaza (fig. 2). En esa forma se irá cubriendo una banda o faja de ancho igual al doble de la altura de vuelo, la cual determinará de acuerdo a la densidad de los itinerarios el porcentaje de cobertura resultante. Así por ejemplo, si se volara a una altura de 100 metros la faja cubierta resultaría de 200 metros, por lo que, si se distancian las líneas a 1.000 metros, tendremos 200 metros cubiertos por cada kilómetro, lo que representa una cobertura del 20 % (fig. 3).

En base a ello podemos definir como:

a) Prospección expeditiva, cuando la cobertura mínima es del 20 % y las distancias máximas entre líneas de vuelo es de 1.000 metros;

b) Prospección regular, cuando la cobertura mínima es del 40 % y la distancia máxima entre líneas de vuelo es de 500 metros;

c) Prospección detallada, cuando la cobertura mínima es del 80 % y la distancia máxima de vuelo entre líneas es de 250 metros.

En este último tipo de prospección es imprescindible la utilización de la cámara aerofotográfica de posición. Cada una de estas categorías de prospección serán determinadas de acuerdo al detalle que se pretenda obtener y a los antece-

dentes que se tengan del área.

Diremos solamente que en zonas vírgenes y con pocos antecedentes, brinda información satisfactoria como primera etapa la malla de prospección expeditiva.

De acuerdo a los resultados y sectores que se hayan definido en esta etapa o si se tienen ya antecedentes que avalen la potencialidad de ciertas áreas, será preferible la realización de una prospección regular. Finalmente, un trabajo sistemático o de detalle, en el que queramos obtener resultados depurados que permitan una interpretación cabal del comportamiento radiométrico de un sector más reducido, necesariamente debemos efectuarlo mediante la malla de prospección detallada o menor, con itinerarios ajustados y plecteo correcto de los distintos puntos, mediante la contrastación del plano base utilizado y las tiras fotográficas obtenidas con la cámara de posición.

Conviene aclarar que en los dos primeros tipos de prospección (expeditiva y regular), no siempre se podrán seguir itinerarios que se ajusten a una malla preestablecida, ya que las condiciones topográficas determinarán a veces la necesidad de ejecutar vuelos de ladera o de cornisa siguiendo aproximadamente curvas de nivel. En estos casos se deberá conservar una equidistancia tal que posibilite los porcentajes de cobertura enunciados.

d) Vuelos de reconocimiento. Son los que primeramente deben ser realizados en el área de prospección asignada. Se ejecutan a mayor altura y son los que permitirán al personal actuante tomar contacto con el sector de trabajo a los efectos de proceder a:

1) Una delimitación real del sector de acuerdo a las observaciones geológicas (ambientes, formaciones, estructuras, etc.) eliminando sectores de desinterés evidente.

2) Un reconocimiento general tendiente a visualizar el área y tomar las precauciones que de acuerdo a las características geográficas, sean necesarias desde el punto de vista de la seguridad operativa.

3) Determinar el tipo de vuelo a realizar en cada sector y dirección de los mismos.

4) Efectuar una comprobación del comportamiento de los distintos factores climáticos (vientos, corrientes, turbulencias, etc.) en la zona a operar.

VIII.2. COMPILACION E INTERPRETACION

VIII.2.a) Registros

En cada vuelo se obtendrán fundamentalmente registros gráficos de radiactividad y altimetría de la zona sobrevolada. En base a su examen diario y aún durante el transcurso del vuelo, surgirán los puntos que en principio indicarán un valor anómalo.

Ellos deberán ser objeto de la correspondiente corrección por altura de vuelo y asignarles su verdadero valor en el nivel de referencia tomado como base (75 m). Los puntos de interés que persistan o sobrepasen el nivel medio de las fluctuaciones estadísticas, deberán ser analizados en relación al fondo o background existente antes y después de la presencia de la anomalía, y expresarlo en relación al mismo. Se puede utilizar un número fraccionario en el que el numerador indique el valor de la magnitud o intensidad y el denominador el valor del fondo (fig. 4)

VIII.2.b) Selección de anomalías

Las anomalías resultantes serán analizadas en relación a la topografía y geología que correspondiere de acuerdo a su ubicación, para lo cual nos valdremos de la carta geológica, del registro altimétrico y de las observaciones efectuadas por el geólogo durante el vuelo. Si en el vuelo se ha utilizado la cámara fotográfica de posición, el examen

de la banda fotográfica ayudará notablemente en la interpretación. Si existieran los pares fotográficos del sector, el análisis estereoscópico resultará también de sumo interés ya que muchas veces posibilitará descubrir la razón que justifique la anomalía.

Deberá observarse la forma que adquiere la anomalía (valor del pico máximo, forma de la cresta, ancho medio, etc.), su proximidad y posible relación con otras anomalías, informaciones éstas que nos permitirán formar una idea aproximada del tipo de fuente anómala descubierta.

VIII.2.c) Graficación de resultados

En el caso de prospección expeditiva o regular, las anomalías de interés resultantes serán ubicadas en la forma más precisa posible sobre la base cartográfica que se esté utilizando. Los datos y observaciones complementarias constarán en la información mensual, y se acompañará la planilla de anomalías correspondiente con datos bien definidos de su ubicación.

En el caso de una prospección detallada el procesamiento es más complejo, ya que se debe confeccionar un plano con curvas de isorradio. Para ello, sobre la base utilizada se deben graficar los itinerarios, ajustándolos con ayuda de las tiras fotográficas de la cámara de posición, a su real recorrido en el terreno. Luego se deben señalar o plotear los puntos con la densidad y frecuencia que requiera la escala de trabajo utilizada, e indicar el valor radiactivo correspondiente ya corregido. Tomando a ellos como base se confeccionará el plano final con las curvas de isorradio resultantes. Este último será realizado en lo posible a la misma escala que el geológico para permitir su superposición.

VIII.3. INFORMACION

VIII.3.a) Planillas

A los efectos de sistematizar el trabajo, resulta conveniente la utilización de planillas impresas, en las que se registran todos los datos que resultan de interés.

Las principales son: (adjunto 1 a 4)

Controles de Equipo e Informes de Vuelo.

Planilla Resumen de Actividad.

Planilla de Costos.

Planillas de Cálculo de Anomalías.

VIII.3.b) Información mensual

Mensualmente se elaborará una breve relación en la que se resumirán las actividades desarrolladas durante dicho período, haciendo resaltar las novedades de mayor interés. Se adjuntarán al mismo la planilla Resumen de Actividades y la correspondiente al Cálculo de Anomalías descubiertas. Asimismo se elevará la Planilla de Costos y un plano de avance de las superficies prospectadas durante el mes, diferenciando en el mismo los distintos tipos de prospección. Se señalarán las observaciones que se hayan realizado en las anomalías ya verificadas por tierra.

VIII.3.c) Verificación terrestre de anomalías

La comisión de apoyo terrestre tiene por misión la ubicación y verificación de las anomalías recomendadas para su revisión. Elaborará una información preliminar de acuerdo a la importancia del sector visitado, aportando los datos terrestres adicionales que permitan efectuar una primera valoración de cada una de ellas.

Toda anomalía recomendada debe tener necesariamente en su revisión terrestre, una explicación del origen y causa que la ha producido. Es ventajoso por esta última razón realizar la verificación terrestre en forma inmediata y

paralela mientras se está desarrollando la campaña de prospección. Indudablemente la información suministrada por el geólogo que va visitando los afloramientos, permite ir acrecentando el conocimiento y aclarando conceptos acerca del real comportamiento radiactivo de una región, en relación a la geología presente, resultando de suma utilidad en la selección de anomalías a recomendar y la interpretación final.

A veces será necesario un reconocimiento aéreo previo por parte del geólogo terrestre, a los efectos de ubicar la anomalía, reconocer el acceso más favorable, recopilar observaciones de la geología del sector, etc.

VIII.3.d) Informe final

Cada campaña de prospección será objeto de un informe final en el que se condensará toda la actividad cumplida en el área. Será desarrollado en la misma forma que cualquier otro informe geológico normal, y tratará en especial los diferentes aspectos de la prospección aérea realizada y los resultados finales alcanzados.

Describirá el programa cumplido, tipo de prospección realizada en cada sector, horas de vuelo empleadas, planos de superficies cubiertas, anomalías recomendadas, rendimientos, costos y conclusiones. Además en capítulo aparte elevará el informe de verificación terrestre de anomalías. En el caso de una prospección detallada, deberá confeccionarse un plano de curvas isorradiactivas, que permitirá visualizar el comportamiento radiactivo del sector delimitado para su estudio.

VIII.3.e) Rendimientos y costos

A través de casi 10 años de prospección aérea cumplidos en la Argentina, durante los cuales se han totalizado alrededor de 5.000 horas de vuelo, podemos decir que los rendimientos promedio resultantes han sido:

Prospección expeditiva...	1.500-1.800 Km ²	por mes.
Prospección regular.....	1.000	" " "
Prospección detallada....	500	" " "

Los costos promedio actualizados fueron:

Prospección expeditiva...	\$ 400-500	por Km ²
Prospección regular.....	" 1.500	" "
Prospección detallada....	" 5.000-6.000	por Km ²

Lógicamente, los mismos han variado principalmente en función de las características topográficas del área y su situación geográfica.

B I B L I O G R A F I A

- /1/ - BIGOTTE G ET BLANGY B., La Prospección Aérrienne des Minerais Radioactifs en Afrique. Extrait de la "Revue de L'industrie Minerale". 44 3 (1962)
- /2/ - BOWIE S.H.U. Y COL., Prospección Radiométrica Aérea de Córnnwall. Actas de la 1º Conferencia sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. Ginebra (1956).
- /3/ - COPPENS RENE, La Radiactividad de las Rocas. EUDEBA B.Aires (1963).
- /4/ - COWPER G., Aerial Prospecting with Scintillation Counters. Nucleonics 12 (1954) 29-32.
- /5/ - DAVIS F.J. Y REINHARDT P.W., Instrumentation in Aircraft for Radiation Measurements. Nuclear Sci. and Eng. 2 (1957) 713-727.
- /6/ - FRIZ CARLOS T. Y COL., Técnicas de Prospección Aérea Radimétrica y Emanometría Terrestre Aplicados en la República Argentina. 3º Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos. Ginebra (1964).
- /7/ - GREGORY A.F., Aerial Detection of Radioactive Minerals Deposits. Annual General Meeting, Toronto. (1955).
- /8/ - GUIFFON, BERHEMER, BLANGY ET LALLEMIANT., Méthodes de Prospection Autoportés et Aeroportée. La Technique de la Detection des Rayonnements. Les Perspectives Offer-tes par la Discrimination des Energies. Commissariat a l'Energie Atomique, Paris. (1958).
- /9/ - LENOELLE A., La Recherche de l'uranium. L'evolution des Methodes. Commissariat à l'Energie Atomique, Paris (1959)

VI. 1. c)	Registradores.....	pág.	19
	d) Cámaras fotográficas de posición.....	"	20
	e) Equipos auxiliares.....	"	20
2.	AVIONES.....	"	21
3.	INSTALACION DE LOS EQUIPOS.....	"	23
VII.	PLANIFICACION Y ORGANIZACION.....	"	23
1.	SELECCION DE AREAS.....	"	23
	a) Antecedentes geológicos.....	"	23
	b) Características geográficas.....	"	24
2.	DOCUMENTACION.....	"	24
3.	PERSONAL.....	"	24
4.	BASE DE OPERACIONES.....	"	26
5.	REQUISITOS COMPLEMENTARIOS.....	"	27
VIII.	DESARROLLO DEL METODO.....	"	28
1.	TIPOS DE VUELO.....	"	28
	a) Prospección expeditiva.....	"	28
	b) Prospección regular.....	"	28
	c) Prospección detallada.....	"	28
	d) Vuelos de reconocimiento.....	"	29
2.	COMPILACION E INTERPRETACION.....	"	30
	a) Registros.....	"	30
	b) Selección de anomalías.....	"	30
	c) Graficación de resultados.....	"	31
3.	INFORMACION.....	"	32
	a) Planillas.....	"	32
	b) Información mensual.....	"	32
	c) Verificación terrestre de anomalías.....	"	32
	d) Informe final.....	"	33
	e) Rendimientos y costos.....	"	33
	BIBLIOGRAFIA.....	"	35

I N D I C E

I. INTRODUCCION.....	pág.	1
II. PROSPECCION AEREA.....	"	2
1. DEFINICION Y OBJETO.....	"	2
2. VENTAJAS DEL METODO.....	"	3
3. LIMITACIONES DEL METODO.....	"	3
III. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	"	4
1. RADIOACTIVIDAD NATURAL.....	"	4
a) Características y propiedades.....	"	4
b) Alteración de las radiaciones.....	"	7
2. DETECCION DE LA RADIOACTIVIDAD.....	"	8
a) Cintillómetro.Principio de funciona- miento.....	"	8
IV. FACTORES PRINCIPALES A CONSIDERAR EN PROS- PECCION AEREA.....	"	10
1. FACTORES NATURALES.....	"	10
a) Absorción y dispersión.....	"	10
b) Condiciones del terreno.....	"	11
c) Fuente radiactiva.....	"	12
d) Efectos topográficos.....	"	12
2. FACTORES OPERATIVOS.....	"	13
a) Altura de vuelo.....	"	13
b) Desplazamiento.....	"	14
c) Tipo de vuelo.....	"	14
d) De los equipos utilizados.....	"	15
V. INTERPRETACION.....	"	15
1. FONDO RADIOACTIVO O "BACKGROUND".....	"	15
2. ANOMALIAS.....	"	16
VI. INSTRUMENTAL Y MATERIALES DE VUELO.....	"	17
1. EQUIPOS.....	"	17
a) Detector.....	"	17
b) Radioaltímetro.....	"	18

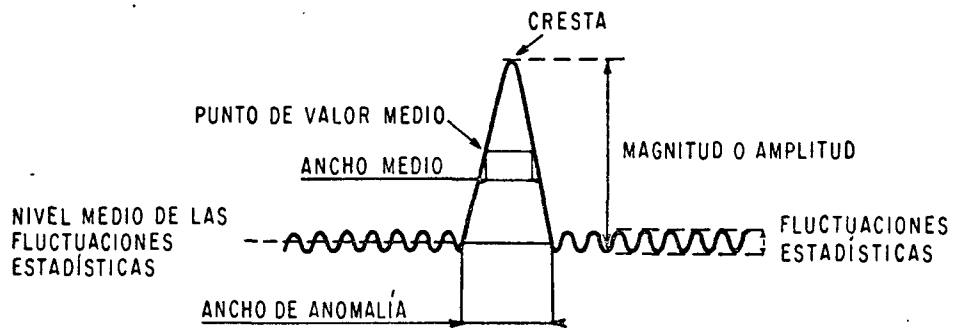


FIG. 1 ANOMALÍA

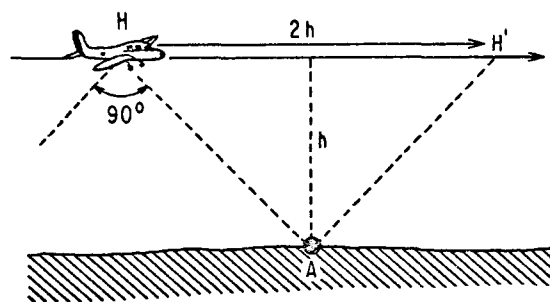


FIG. 2 DETECCIÓN DE UNA ANOMALÍA PUNTUAL

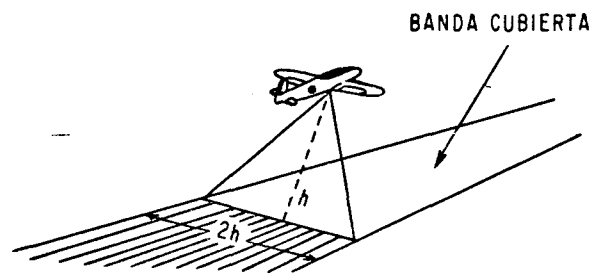
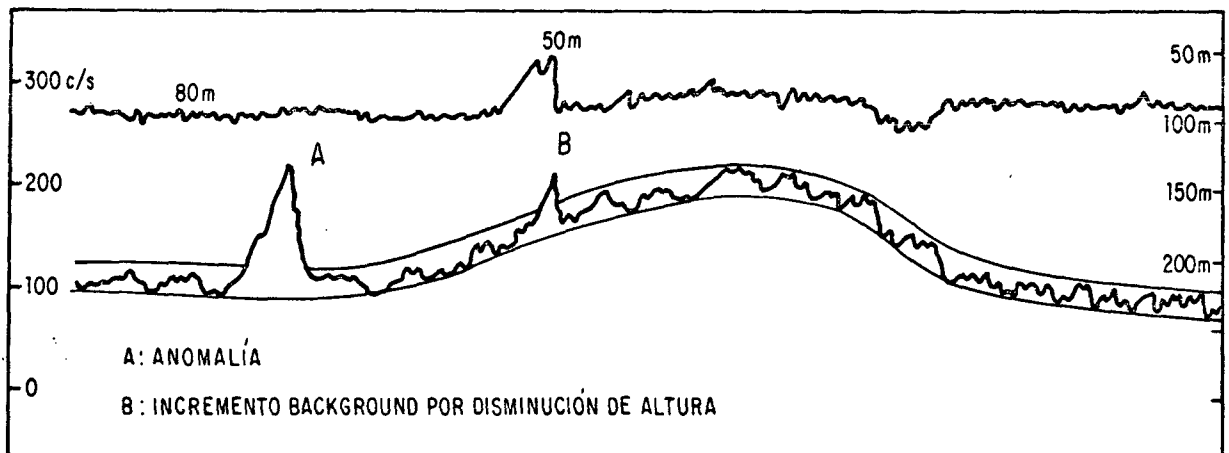
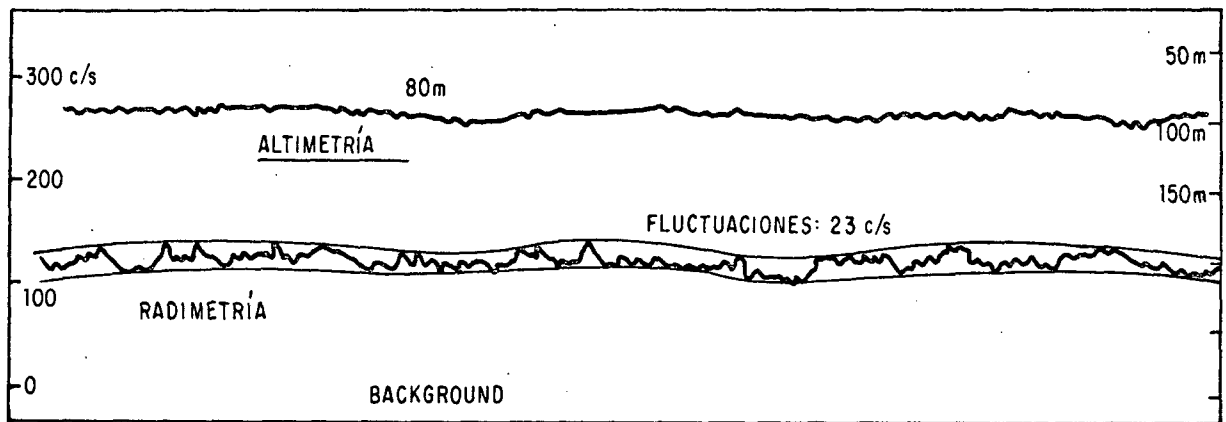


FIG. 3 ANCHO PROSPECTADO

FIG. 4: COMPILACIÓN DE REGISTROS



PLANILLA RESUMEN DE ACTIVIDAD

(Horas voladas)

Comisión N°

Lugar y Fecha

TIPOS DE VUELO	PARCIALES POR PROVINCIAS			PARCIAL ACUMULADO	TOTALES
Traslado					
Reconocimiento					
Prospección Regular					
Prospección Detallada					
Fotografía					
Otros					
TOTALES					

RENDIMIENTO EN SUPERFICIE CUBIERTA

PROVINCIA	Reconocim.	Regular	Detallada	Fotografía	Otros	Anomalías Descubiertas
Totales						

ACTIVIDAD PERSONAL

Nombre	Horas Voladas

ACTIVIDAD AVION

Matrícula	Horas Voladas

ACTIVIDAD INSTRUMENTAL

Equipo	Horas Voladas
Cintilómetro	
Radioaltímetro	
Cámara	
Registrador	

.....
 Firma

.....
 Aclaracion

Controles de Equipo e Informes de Vuelo

Prospección aérea

	Lugar y fecha.....
	Vuelo N.º.....
Avión.....	Operador.....
Piloto.....	Sector.....
Misión.....	
Instrumental.....	Escala Operada.....
Altitud media.....	Cond. Atmosf.....
Hora de despegue.....	Hora de aterrizaje.....

I D A

R E G R E S O

Temp. Exterior.....	
Lect. Scintil.....	
Viento: Inten. y Sector.....	
Higrometría.....	

CONTROL DE REGISTRADORES

Cero Scintilómetro.....	Cero radialtímetro.....
-------------------------	-------------------------

CONTROL DE VUELO A 250 PIES , HORA.....

Lectura Scintilómetro.....	Lectura Radialtímetro.....
Cam. Fotogr.....	Consumo película.....

R E S U M E N

<p>HORAS DE VUELO</p> <p>Traslado.....</p> <p>Reconocimiento.....</p> <p>Prosp. regular.....</p> <p>Prosp. detallada.....</p> <p>Otros.....</p> <p style="text-align: right;">Total Hs.....</p>	<p>RENDIMIENTO</p> <p>Km. lineales en reconocimiento.....</p> <p>Km2. en Pros. regular.....</p> <p>Km2. en Prosp. detallada.....</p>
--	---

RESULTADOS

