

253.117  
Inventor: George J.E. Goubau  
Barcelona, España



253117

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a

la solicitud de

una PATENTE de INVENCION por VEINTE AÑOS en ESPAÑA, a favor de  
GEORGE J.E. GOUBAU, de nacionalidad norteamericana, residente  
en 18 Stirrup Lane - EATONTOWN - New Jersey, EE.UU.

p o r

"SISTEMA DE TRANSMISION DE ALTA FRECUENCIA Y METODO PARA SU  
PUESTA EN PRACTICA"

INVENTOR: el Sr. solicitante.

PRIORIDAD: Sol. Pat. norteamericana Ser.775.402, del 21  
de noviembre de 1958.

(MVE)

253117



Esta invención se relaciona con guías de ondas electromagnéticas y más concretamente con un sistema de transmisión para la propagación de un haz de ondas cilíndrico a través del espacio.

- Actualmente, la transmisión de energía electromagnética
- 5.- entre dos lugares se efectúa o bien por radiación de la energía a través del espacio o bien guiando la energía a lo largo de una guía de ondas extendida entre los dos puntos. Cuando se emplea la transmisión por radiación a través del espacio, la energía es radiada con cierto ángulo espacial que está determinado por la ganancia de la antena transmisora. En el lugar de recepción sólo se recibe una porción
- 10.- muy pequeña de la energía transmitida, es decir, esencialmente la porción que es interceptada por la antena receptora. Incluso si se emite la energía en forma de haz cilíndrico de ondas, aquélla se esparce al cabo de una pequeña distancia, transformándose gradualmente en un
- 15.- haz cónico de ondas. Esta diseminación de la energía se debe al fenómeno óptico conocido por "difracción". En el caso de la transmisión guiada, la energía queda confinada dentro de un espacio sustancialmente cilíndrico a lo largo de todo el recorrido. Esto se efectúa o bien encerrando el campo en un tubo metálico (guías de ondas cerradas) o bien
- 20.- aplicando estructuras alargadas que transmiten una onda superficial cuyo campo se halla confinado en las proximidades de la estructura alargada dentro de un espacio cilíndrico circundante de un diámetro ordinariamente inferior a una longitud de onda. La eficacia de la transmisión guiada está determinada por la conductividad y pérdidas dieléctricas de los materiales empleados en la estructura alargada y el grado
- 25.- de confinamiento de la energía. La eficacia decrece en general con el aumento de la frecuencia. Hay excepciones a esta regla, como por ejemplo la guía de ondas circular  $TE_{01}$ , cuya eficacia teórica aumenta con la frecuencia. Sin embargo, los modos de ondas usados en estos casos
- 30.- excepcionales son muy inestables, en el sentido de que unas defor-



253117

maciones pequeñísimas de la guía de ondas invierten los modos de éstas, dando lugar a una pérdida considerablemente mayor por efecto de la conversión del modo.

5.- La siguiente invención combina la transmisión de espacio libre con el principio de guía en un nuevo medio de transmisión que yo denomino guía de ondas en haz. Esta guía de ondas difiere de todas las demás guías en que no utiliza ningún dispositivo alargado. La diseminación de la energía se impide mediante dispositivo corrector de fase, que se invierte en el haz a intervalos, grandes en comparación  
10.- con el radio del haz y muy grandes comparados con la longitud de onda de la energía transmitida. La guía de ondas en haz es particularmente eficaz con longitudes de onda de centímetros y milímetros.

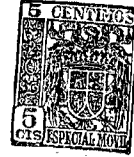
15.- Es un objeto de esta invención proporcionar un método para transmitir energía electromagnética, en el que un haz de ondas sustancialmente cilíndrico es guiado a lo largo de una trayectoria predeterminada causando apropiados cambios de la distribución transversal de fase en el haz a intervalos grandes en comparación con el radio del haz, para contrarrestar la expansión difraccional del haz.

20.- Un objeto más específico de esta invención es proporcionar un método para transmitir un haz de ondas sustancialmente cilíndrico mediante el reajuste de la distribución transversal de amplitud y fase del haz a intervalos grandes en comparación con el radio del haz.

25.- También es objeto de la invención el proporcionar medios para formar un haz de ondas de muchas longitudes de onda de diámetro, cuya distribución transversal de fase y amplitud es de tal naturaleza que puede repetirse a intervalos grandes en comparación con el radio del haz, con una pérdida mínima de energía.

30.- Otro objeto lo constituyen unos elementos correctores de fase que interceptan el haz para efectuar las deseadas repeticiones de la distribución transversal de amplitud y fase.

253117



Un objeto más específico son unos elementos correctores de fase que determinan una ligera convergencia del haz, de manera que la difracción restaure el diámetro original del haz en el siguiente elemento corrector de fase.

- 5.- Otro objeto más específico es el uso de "lentes" correctoras de fase, que tengan preferiblemente una longitud focal igual al semi-espaciado de las lentes.. Esta longitud focal es tan grande en comparación con el radio de las lentes que, dentro de los valores operativos de longitud de onda, el proceso de formación de la imagen está esencialmente regulado por las leyes de la difracción en lugar de por las leyes ópticas geométricas.

- 10.- Otro objeto específico de la invención consiste en placas correctoras de fase de material dieléctrico de un espesor que proporciona la deseada corrección de fase o refracción de onda con una pérdida mínima y que tenga un índice de refracción en disminución desde su centro hacia la periferia, aproximadamente de acuerdo con una función cuadrada.

- 15.- Otra finalidad de la invención es proporcionar elementos correctores de fase que posean una reflexión mínima.

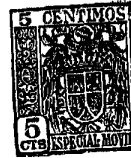
- 20.- En una versión del invento, los medios correctores de fase consisten en pares de lentes dieléctricas idénticas con curvaturas apropiadas, dispuestas dorso con dorso para la obtención de unas reflexiones mutuamente compensadas.

- 25.- En otra versión del invento, se evita la reflexión de lentes dieléctricas de tipo simple cubriendo sus superficies con una capa de cuarto de onda de un material con un índice de refracción igual a la raíz cuadrada del de las lentes.

- 30.- Otra versión del invento proporciona un dispositivo corrector de fase consistente en una serie de dieléctricos estratificados.

- Otra finalidad más de la invención es ofrecer una guía de

253117



ondas para un haz de radio linealmente polarizado.

A este respecto, otro objeto de la invención es transmitir dos campos linealmente polarizados simultáneamente en direcciones de polarización que sean perpendiculares entre sí.

5.- Como alternativa, y según otro objeto de la invención, se combinan dos campos linealmente polarizados en un campo circularmente polarizado.

10.- Un objeto más específico de la invención es proporcionar modelos de campo similares a los de los modos  $TE_{ol}$  ó  $TM_{ol}$  en guías redondas de ondas.

15.- Es también objeto de la invención el emitir y/o recibir la energía transmitida por la guía de ondas en haz por medio de un cono electromagnético y preferiblemente combinar también el cono con uno o más dispositivos correctores de fase, tales como lentes dieléctricas.

A este respecto, otro objeto de la invención es ofrecer un emisor o receptor de haces en forma de reflector parabólico con un alimentador convencional colocado fuera del punto focal de la parábola para efectuar un haz convergente.

20.- De acuerdo con otro objeto de la invención, se acoplan guías de ondas en haz de diferentes secciones transversales estableciendo una lente ampliadora que forme una imagen agrandada de la última lente de la guía de haz más pequeña sobre el plano de la primera lente de la guía de haz mayor.

25.- De acuerdo con otro objeto de la invención, se cambia la dirección de la guía de ondas en haz insertando un prisma dieléctrico en el haz de ondas para desviar el haz de la dirección original hacia otra dirección.

30.- A este respecto, otro objeto de la invención es cambiar la dirección del haz por medio de placas metálicas reflectoras.

253117



Otro objeto de la invención es encerrar la guía de ondas en haz en un tubo de material preferiblemente no conductor, tal como hormigón, o colocarla bajo tierra.

5.- Estos y otros objetos de la invención se expondrán más plenamente con referencia a los adjuntos dibujos, en los que:

La fig. 1 muestra el efecto de difracción sobre un haz de ondas convergentes.

La fig. 2 ilustra esquemáticamente un sistema de transmisión que da forma a algunos detalles de la invención.

10.- Las figs. 3A a 3G muestran ejemplos de estructuras correctoras de fase.

Las figs. 4A y 4B muestran ejemplos de estructuras emisoras y receptoras para un sistema de transmisión de acuerdo con la invención.

15.- La fig. 5 muestra la combinación de guías de ondas en haz diferentemente polarizadas.

La fig. 6 muestra unos medios para efectuar desviaciones de una trayectoria recta en un sistema de transmisión de acuerdo con la invención.

20.- La fig. 7 ilustra otro dispositivo que permite tal desviación.

La fig. 8 muestra una guía encerrada en un tubo de hormigón y también la derivación de una guía de ondas en haz.

25.- La fig. 9 ilustra el acoplamiento entre guías de ondas en haz de diferentes tamaños.

La fig. 10 muestra el montaje de un elemento corrector de fase a escala ampliada.

30.- Las figs. 11, 12, 13 y 14 muestran las distribuciones transversales del campo y las correspondientes direcciones de éste, respectivamente, para haces de ondas de diferentes modos de propagación.



253117

A. Principios

- 5.- Es bien sabido que el haz de ondas situado dentro de la región de Fresnel de una antena altamente direccional, tal como una antena parabólica, se halla sustancialmente confinado en un espacio cilíndrico de las dimensiones transversales de la antena. Más allá de esta región el haz se abre, aproximadamente finalmente a la distribución cónica característica del campo lejano. Esta apertura o expansión de la energía se debe al fenómeno óptico de las ondas denominado difracción.
- 10.- Si se considera un haz que, a diferencia del de una antena, no sea paralelo sino convergente, la energía tiende a concentrarse en un punto. Sin embargo, debido a la difracción, la sección transversal del haz pasa sólo por un mínimo antes de abrirse en un haz divergente.
- 15.- Esto se ilustra en la figura 1.
- 20.- Las líneas ininterrumpidas 1 indican un haz enfocable tal como se produce cuando la difracción es insignificante; en otras palabras, cuando la longitud de onda es infinitamente corta. Las líneas discontinuas 2 indican la envoltura del haz debida a la difracción. En realidad, la energía no está completamente confinada dentro de esta envoltura; sin embargo, la cantidad de energía que se halla fuera de esta envoltura es tan pequeña que puede despreciarse.
- 25.- La porción dilatada del haz de radio puede interceptarse mediante dispositivo corrector de fase apropiadamente diseñado, preferiblemente en forma de una lente o placa correctora de fase que reajusta las fases en la sección transversal del haz a los valores que prevalecían al comienzo de la porción convergente del haz.
- 30.- Así, después de pasar tal placa correctora de fase, el haz se propaga en igual forma a la mostrada en la figura 1, es decir, haciendo que primero converja ligeramente, se contrarresta la dilata-

253117



ción difractora. Este proceso de reconformación del haz mediante el reajuste de las fases puede repetirse a intervalos apropiados.

De esta manera se obtiene una guía de ondas en haz como se ilustra en la figura 2.

5.- Esta guía de ondas en haz se comporta parecidamente a una guía de ondas convencional, pero teniendo su energía sustancialmente confinada dentro de un espacio cilíndrico preestablecido esencialmente determinado por el diámetro de las placas fásicas 4.

10.- Hay ciertas configuraciones de campo que se repiten exactamente en cada placa fásica. Se describen matemáticamente como funciones que forman una serie completa de funciones ortogonales.

Cualquier configuración arbitraria del campo puede estar compuesta por configuraciones repetidas. Las configuraciones repetidas corresponden a los "modos" en las guías convencionales de ondas.

15.- En adelante, cuando se use el término "modos" con referencia a estas configuraciones repetidas, debe entenderse que estos "modos" son realmente haces de ondas y no como los modos de las guías convencionales de ondas u ondas planas ordinarias, caracterizadas por una simple constante de propagación.

20.- Suponiendo unos haces circulares de simetría axial que estén polarizados en una dirección, la teoría de la difracción de Fresnel-Kirchhoffs establece para las configuraciones repetidas de campo la siguiente ecuación integral:

25.- 
$$f(r) = \frac{k}{pD} \int_0^R F(\rho) \cdot J_0 \left( \frac{k\rho r}{D} \right) \cdot \rho \cdot d\rho \quad (1)$$

siendo  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

30.- En la derivación de esta ecuación, se ha supuesto que el radio R del haz es muy grande en comparación con la longitud de onda  $\lambda$  y simultáneamente pequeño en comparación con la distancia D entre



253117

5.- sucesivas placas fásicas.  $J_0$  es la función Bessel del orden cero. Las eigenfunciones  $f(r)$  describen la distribución radial de la intensidad del campo y los eigenvalores  $p$  dan la relación entre las amplitudes del campo en sucesivas placas fásicas. La configuración de campo perteneciente al más bajo eigenvalor  $p$  tiene la más baja atenuación.

La ecuación (1) puede transformarse en una ecuación integral con núcleo simétrico:

$$f(x) = p \cdot \int_0^a f(y) \cdot \sqrt{xy} \cdot J_0(xy) \cdot dy \quad (2)$$

10.- empleando las siguientes sustituciones:

$$x = \sqrt{\frac{k}{D}} \cdot r \quad y = \sqrt{\frac{k}{D}} \cdot \rho \quad a = \sqrt{\frac{k}{D}} \cdot R \quad (3)$$

15.- Hasta ahora, el mínimo eigenvalor de  $p$  ha sido computado para  $a = 1,4, 1,6, 1,8$  y  $2,0$ . Los correspondientes valores de  $p$  son  $p_1 = 1,275, 1,118, 1,043$  y  $1,013$ , respectivamente.

20.- En las figuras 11 a 14 se ilustran ejemplos de las distribuciones transversales de campo. La figura 11 muestra la relativa distribución de intensidad radial para el modo más bajo de un haz de ondas linealmente polarizado. Las correspondientes direcciones de los vectores de campo eléctrico (E) y magnético (H) se muestran en la fig. 12. Las figuras 13 y 14 ilustran la distribución radial de la intensidad de campo y las direcciones de los vectores de campo para un modo de haz que tenga una distribución de campo similar al modo  $TM_{01}$  en la guía de ondas redonda, o el modo  $TE_{01}$  si se intercambian E y H en la figura 14.

25.- Es evidente que, de acuerdo con la figura 11, que corresponde a una versión preferida, en el borde de la placa correctora de fase el campo es casi cero, es decir, que prácticamente la totalidad de la energía pasa a través de la lente. De acuerdo con la figura 13, 30.- el campo es cero tanto en el centro como en la periferia.



253117

Imaginando la configuración de campo de las figuras 11 y 12 asociada a los eigenvalores más bajos  $P_1$ , el promedio de pérdida de transmisión por metro es

$$\text{Pérdida/metro} = \frac{1}{D} 20 \log_{10} P_1 \text{ db/m} \quad (4)$$

5.- o, si D, que se mide en metros, es expresado en términos de a, k y R con (3)

$$\text{Pérdida/metro} = 20 \frac{a^2}{kR^2} \log_{10} P_1 \text{ db/m}$$

donde R y  $\lambda = \frac{2\pi}{k}$  se miden en metros.

10.- Esta pérdida es una pérdida de difracción, causada por el hecho de que una pequeña porción de la energía elude el paso por las placas correctoras de fase. Como  $a^2 \log p$  disminuye al aumentar a, la pérdida de difracción se reduce cuando "a" aumenta; esto significa que la distancia entre las placas correctoras de fase es más pequeña. Además, la pérdida aumenta con la longitud de onda y disminuye con el cuadrado del radio R.

15.- Ejemplos para a = 2:  
 $p = 1,013$ ;  $a^2 \log p_1 = 0,022$ ; pérdida/metro =  $7,0 \times 10^{-2} \frac{\lambda}{R^2}$  db/m

Para  $\lambda = 1,3 \times 10^{-2}$  m, R = 0,1m: pérdida/metro =  $9,1 \times 10^{-2}$  db/m (5)  
D = 1,2m

20.-  $\lambda = 0,3 \times 10^{-2}$  m, R = 0,3m: pérdida/metro =  $0,23 \times 10^{-2}$  db/m  
D = 47m

25.- La corrección de fase requerida en las placas fásicas está dada por la fórmula aproximada  $\psi = \frac{kr^2}{D}$ , donde  $\psi$  es el avance de la fase a una distancia r del eje, con relación a la fase del eje. En esencia, en este caso simplificado las placas fásicas son lentes de una longitud focal de  $\frac{D}{2}$ . Así, cada lente de fase reproduce la imagen de la precedente lente de fase en la siguiente. Sin embargo, el proceso de formación de imágenes es diferente del óptico, pues no se halla regulado por consideraciones relativas a rayos ópticos. En los

253117



5.- rayos ópticos, cualquier imagen es reproducida en forma similar, mientras que en nuestro caso sólo son realmente reproducidas las imágenes de ciertas configuraciones de campo. Las condiciones de rayos ópticos sólo prevalecen si  $\frac{kr^2}{D}$  es muy grande en comparación con 1, mientras que en nuestro caso esta cantidad es un número pequeño.

10.- Las lentes usadas como dispositivo corrector de fase pueden ser de tipo convencional; sin embargo, deben hallarse libres de reflexiones sustanciales. Las reflexiones en las superficies no sólo reducen la eficacia del sistema, sino que además producen ondas estacionarias entre las placas correctoras de fase.

15.- Pueden conseguirse lentes dieléctricas sin ninguna reflexión sustancial combinando dos lentes dieléctricas idénticas 5 y 6 de adecuadas curvaturas, con éstas dispuestas dorso con dorso, como se muestra en la figura 3A, de material de polietileno, polistireno u otro de baja pérdida y refractor de ondas.

20.- Tales lentes de compensación, como las que se ofrecen en la figura 3G en una escala exagerada, en lugar de unas curvaturas lisas, tienen preferiblemente unas superficies ligeramente onduladas para efectuar una óptima compensación de las reflexiones. Estas desviaciones de la superficie lisa son pequeñas contra la longitud de onda en la dirección de propagación; y de la dimensión de la longitud de onda en una dirección perpendicular.

25.- Un método bien conocido para liberar de reflexiones a las lentes dieléctricas simples consiste en cubrir sus superficies con una capa de cuarto de onda de un material que tenga un índice de refracción igual a la raíz cuadrada del de las lentes.

30.- Esto se muestra esquemáticamente en la figura 3B, en la que una lente 7 consistente en polietileno sólido de adecuado índice de refracción se halla provista de las capas 8 consistentes en polietileno o material similar menos sólido o espumado, de índice apropia-



253117

damente reducido.

- 5.- También pueden usarse estructuras con dieléctricos estratificados, como se indica en la figura 3C, en la que se muestra una lente en forma de disco 9, formada por capas anulares 10, 11, 12 de diferentes índices de refracción, que decrecen gradualmente desde el centro del disco 9 a su periferia, preferiblemente de acuerdo con una función cuadrada aproximadamente. Así, las diversas capas pueden consistir en polietileno o material análogo de diferente consistencia, por ejemplo la capa interior 10 de polietileno relativamente denso y la capa exterior 12 de polietileno relativamente espumoso,
- 10.- de acuerdo con los diferentes índices de refracción de onda deseados en esas zonas. El espesor del disco 9 puede aumentar también con el radio, como se muestra en la figura 3C, a fin de producir las deseadas refracciones con un mínimo de pérdida en la reflexión. El espesor es preferiblemente el de una longitud de onda o un múltiplo de medias longitudes de onda, medido dentro del material dieléctrico en el radio particular.
- 15.- Otro método conocido para la supresión de reflexiones en la corrección de fase consiste en incrustar capas parcialmente reflectoras a profundidades adecuadas por debajo de las superficies de las lentes correctoras de fase; esto se indica esquemáticamente en la figura 3D, en la que se muestra una lente construida de polietileno o material análogo y provista de capas 14 correctoras parcialmente reflectoras, consistentes en una alineación de partículas metálicas o una rejilla metálica.
- 20.- Como alternativa, en lugar de medios dieléctricos correctores de fase de material refractor, puede emplearse de acuerdo con la invención material conductor en forma de secciones tubulares metálicas con dimensión de longitud de onda, como se muestra en la figura 3e en 15, donde la estructura es de una curvatura opuesta a la de las
- 25.-
- 30.-

253117



estructuras dieléctricas ilustradas en la figura 3D y los diámetros de la sección tubular metálica decrece con la distancia desde el eje.

5.- Otro método consiste en emplear placas de corrección de fase formadas por un dieléctrico estratificado cuyas refracciones varían tanto en dirección radial como axial y compuestas, como se muestra en la figura 3E, por una serie de capas como las de una concha 16, 16', 16'', 16''', etc., de diferentes índices de refracción formando una estructura correctora de fase gradualmente variable tanto en dirección radial como axial.

10.- Otro medio para obtener la corrección de fase sin reflexión consiste en el uso de material para el cual la relación  $E/\mu$  tenga el mismo valor que en el espacio libre.

15.- Una sencilla construcción de medios correctores de fase emplea material dieléctrico uniforme pero muy espumado, tal como el polietileno de espuma, de una constante dieléctrica no muy diferente de la del aire, por ejemplo 1,1. Para materiales de tales bajos valores  $E$  la reflexión es insignificanamente pequeña. Para conseguir la requerida corrección de fase, las placas han de hacerse más espesas. Esto a su vez reduce la requerida precisión mecánica en el proceso de conformación de las superficies de las placas fásicas.

20.- La emisión y recepción de la energía transmitida por la guía de ondas en haz pueden conseguirse por medio de un cono electromagnético 17 (fig. 4A) y para obtener un haz convergente se combina el cono 17 con una o más lentes 18 antes de lanzar el haz hacia las estructuras 19 correctoras de fase de la guía de ondas en haz 20.

25.- En la figura 4B se muestra otro emisor o receptor de haces, en forma de reflector parabólico 21 con un alimentador convencional 21' dispuesto fuera del punto focal de la parábola para producir un haz convergente.

30.- En general, puede usarse cualquier estructura formadora

253117



de haces para emitir o recibir ondas de radio, si puede adaptarse para formar un haz de estructura esencialmente igual a la del haz transmitido por la guía de ondas en haz.

- 5.- Si la distribución del campo en el haz se desvía de la distribución del campo del "modo" fundamental de la guía de ondas en haz, se desarrollan simultáneamente modos superiores que, en general, quedan amortiguados dentro de una distancia corta. La pérdida causada por el desajuste en la distribución del campo puede considerarse como pérdida en la emisión. Fácilmente se obtienen eficiencias de emisión
- 10.- del 80% y mejores.

B. Modificaciones

1. Dos campos linealmente polarizados pueden transmitirse simultáneamente y en forma sustancialmente independiente si las direcciones de polarización son perpendiculares entre sí. Esto se ilustra
- 15.- en la figura 5, donde un haz linealmente polarizado es emitido en un extremo en la dirección 22 y otro haz linealmente polarizado, cuya polarización es perpendicular al haz original, puede ser inyectado desde la dirección 23 de haz por medio de un reflector 24 hecho de alambres paralelos de separación inferior a la longitud de onda y orientados perpendicularmente al campo eléctrico del haz original y con un
- 20.- ángulo de  $45^\circ$  respecto al eje de los haces de ondas 22 y 23. El reflector 24 permite el paso del haz 22 y refleja el haz 23 en la misma dirección que el 22. Simultáneamente, un haz igualmente polarizado procedente de la dirección de haz 25 puede ser desviado y propagado en
- 25.- la dirección 26.

2. Generalmente, iguales o diferentes tipos e iguales o diferentes modos de haces de ondas pueden ser propagados en direcciones opuestas a iguales o diferentes frecuencias portadoras, sin afectarse entre sí sustancialmente.

- 30.- Al mismo tiempo, pueden propagarse diferentes tipos o di-

253117



ferentes modos de haces de ondas en la misma dirección en iguales o diferentes frecuencias portadoras sin afectarse sustancialmente entre sí. Además, iguales tipos e iguales modos de haces de ondas pueden propagarse en iguales direcciones en diferentes frecuencias portadoras, sin afectarse tampoco sustancialmente entre sí.

5.-

A este respecto, si por ejemplo dos haces de ondas semejantemente polarizados en forma lineal se transmiten en la misma dirección, serán propagados en forma de un simple haz de ondas circular o elípticamente polarizado sin afectar, no obstante, señales transportadas en diferentes frecuencias portadoras apropiadamente espaciadas de los diferentes haces de ondas.

10.-

Esta combinación o permutación de iguales y diferentes polarizaciones y de iguales y diferentes modos de ondas, de iguales y diferentes direcciones de propagación y de iguales y diferentes frecuencias portadoras, permite una explotación de largo alcance de un espacio cilíndrico común ocupado por tales haces de ondas y de los correspondientes correctores de fase montados a lo largo del espacio, facilitando al mismo tiempo la adición y sustracción, inyección y extracción respecto al espacio de cualquier haz de ondas deseado y de los datos informativos transportados en él, todo esto dentro del ámbito de la presente descripción.

15.-

20.-

3. Pueden usarse secciones transversales de haz no circulares.

25.-

4. El dispositivo corrector de fase puede montarse en medios metálicos, aislantes o absorbentes de las ondas, esquemáticamente indicados en la figura 4B en 31 (consistiendo estos últimos, por ejemplo, en crin de caballo u otras fibras naturales o artificiales, impregnadas de negro de carbono o algo similar).

30.-

5. La totalidad de la guía de ondas en haz puede encerrarse en un dieléctrico o tubo absorbente de las ondas, esquemáticamente

253117

indicado en la figura 4B en 31'.

C. curvaturas en una guía de ondas en haz.

5.- Pueden efectuarse grandes desviaciones de una trayectoria recta por medio de reflectores o deflectores metálicos como los ilustrados en la figura 6 en 32, dispuestos en la trayectoria de una guía de ondas en haz 20, consiguiéndose pequeñas desviaciones por medio de cuñas dieléctricas tales como las indicadas en la figura 7 en 33, dispuestas en la trayectoria de una guía de ondas en haz 20.

10.- La figura 8 muestra un tubo de hormigón 34 provisto de un accesorio de transmisión de haces que incluye placas correctoras de fase esquemáticamente indicadas en 5, 6, y una pronunciada curvatura efectuada a través de la placa reflectora 32. La derivación de la línea puede efectuarse insertando una placa dieléctrica 35 en la trayectoria y desviando una porción predeterminada en una dirección deseada

15.- 36.

D. Transmisión entre diferentes secciones transversales de haz.

20.- La función distribuidora del campo en una guía de ondas en haz y la pérdida de difracción por lente correctora de fase, caracterizada por el eigenvalor  $\rho$ , permanece inalterada si  $\frac{kR^2}{D}$  se mantiene constante. Si los radios de las lentes se duplican, las distancias entre las lentes aumenta en un factor 4, ocurriendo otro tanto en las longitudes focales de las lentes. Como la pérdida por lente permanece inalterada, el promedio de pérdida de transmisión por metro queda reducido en un factor de  $1/4$ .

25.-

La transmisión entre guías de ondas en haz de diferentes secciones transversales pero idénticas funciones de distribución puede conseguirse como se ilustra en la figura 9, donde se muestran conectadas dos guías de ondas en haz 20 y 20'.

30.- En este caso, de acuerdo con la invención, se usa una lente



253117

amplificadora 37 que forma una imagen ampliada del último corrector de fase 38 de la guía de ondas en haz 20 en el plano del primer corrector de fase 39 de la guía de ondas en haz 20'.

- 5.- El diámetro de la lente 37 se hace lo suficientemente grande para no introducir ningún efecto de difracción al restringir el haz que pasa. En otras palabras, la lente 37 funciona como una lente óptica. A fin de obtener la correcta distribución de fase en el haz de 20' es necesario sustituir el último corrector de fase 38 de la guía de ondas en haz 20 por un corrector de fase del mismo diámetro que todos
- 10.- los otros correctores de fase de esta guía, pero de diferente longitud focal. La longitud focal se establece de manera que el corrector de fase 38 reproduzca la imagen del plano del precedente corrector de fase de la guía en el plano de la lente amplificadora 37. Igualmente, el primer corrector de fase 39 de la guía de ondas en haz 20' es sustituido por uno que reproduzca la imagen del plano del siguiente corrector
- 15.- de fase de esta guía en el plano del amplificador 37.

E. Aplicación de la guía de ondas en haz

- 20.- La guía de ondas en haz puede aplicarse a la transmisión de ondas en milímetros, no sólo en distancias cortas, sino también largas (véase el segundo ejemplo de la página 10 -línea 19-). En este caso, el haz de ondas podría canalizarse bajo tierra a través de tubos de hormigón de 1 a 2 pies de diámetro con placas correctoras de fase situadas a intervalos de 50 a 150 pies.

- 25.- Consideraciones teóricas indican que la precisión requerida para el alineamiento de las placas correctoras de fase es independiente de la longitud de onda y disminuye al aumentar el diámetro del haz.

- 30.- Tal ajuste queda explicado en la figura 10, en la que se muestra un corrector de fase 5, 6, montado en un anillo metálico 40 suspendido del tornillo 41, ajustablemente sustentado en la abertura 42 del

253117



tubo de hormigón 34 por medio de la tuerca 43. En el fondo, el anillo 40 es guiado por otro tornillo 44 situado en otra abertura 45 del tubo 34.

5.- Generalmente, la guía de ondas en haz debe ser menos costosa y de instalación menos crítica que la guía de ondas circular en el modo  $TE_{01}$  que se considera actualmente para la transmisión a largas distancias en ondas de milímetros.

10.- La invención no se limita a las particulares forma, extensión, tamaño, sección transversal o estructura de la guía de ondas en haz o líneas de transmisión mostradas o descritas con referencia a las particulares estructuras transmisoras, receptoras o correctoras de fase de haces expuestas, sino que puede aplicarse en cualquier forma o manera cualesquiera sin separarse del ámbito de la invención tal como aquí se reivindica.

15.- REIVINDICACIONES

En resumen: la Patente de Invención cuyo registro se solicita, recaerá sobre las reivindicaciones siguientes:

20.- 1. Sistema de transmisión de alta frecuencia y método para su puesta en práctica, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas sustancialmente cilíndrico que tiene en un punto predeterminado de su trayectoria una amplitud transversal preestablecida y una distribución de fase que varía a lo largo de dicha trayectoria desde dicho punto, la fase se corrige a través del haz en un punto más alejado en la trayectoria para reajustar las fases sustancialmente a la distribución física que prevalece en dicha primera sección transversal.

25.- 2\*. Sistema de transmisión según la reivindicación 1, caracterizado por medios productores de haz de ondas que incluyen por lo menos un dispositivo corrector de fase.

30 3. Sistema de transmisión según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por medios correctores de fase que determinan el diámetro

253117



metro del espacio dentro del cual ha de confinarse dicho haz.

5.- 4. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que se dispone una serie de medios correctores de fase en la trayectoria de un haz de ondas sustancialmente cilíndrico en la sección transversal extensible del mismo para reajustar las fases de dicha sección transversal a los valores originales que prevalecen en las anteriores secciones transversales.

10.- 5. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por un haz provisto de un radio que es grande en relación con la longitud de onda, con una distancia entre los medios correctores de fase que también es grande con relación a la longitud de onda, aumentando al disminuir la longitud de ésta.

15.- 6. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por un haz provisto de un radio que es grande con relación a la longitud de onda, con una distancia entre los medios correctores de fase que es proporcional al cuadrado del radio del haz e inversamente proporcional a la longitud de onda.

20.- 7. Sistema de transmisión según la reivindicación 6, caracterizado por el hecho de que, en longitudes de onda que operan en sentímetros o milímetros, la distancia es aproximadamente de 100 veces por lo menos la longitud de onda.

8. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por un haz de radio linealmente polarizado.

25.- 9. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por medios correctores de fase en forma de lentes refractores de ondas que tienen una distancia focal tal que cada fase de dichas lentes reproduce la imagen de la lente anterior en la siguiente:

30.- 10. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivin-

253117



dicaciones 1 a 9, caracterizado por medios correctores de fase que comprenden lentes dieléctricas en forma de dos lentes dispuestas con sus curvaturas apoyadas entre sí, dorso con dorso.

5.-

11. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por medios correctores de fase que comprenden simples lentes dieléctricas con superficies cubiertas con una capa de un cuarto de onda de un material de un índice refractivo igual a la raíz cuadrada del de las lentes.

10.-

12. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por medios correctores de fase que comprenden una serie de dieléctricos estratificados.

15.-

13. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por medios correctores de fase que comprenden lentes en las que se hallan incrustadas capas parcialmente reflectoras a profundidades adecuadas por debajo de las superficies de dichas lentes.

20.-

14. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por medios emisores y receptores de haz de ondas, incluyendo por lo menos uno de dichos medios un cono electromagnético combinado con un medio corrector de fase por lo menos.

25.-

15. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por medios emisores y receptores del haz, incluyendo por lo menos uno de dichos medios un reflector de parábola con un alimentador convencional colocado fuera del punto focal de la parábola para producir un haz convergente.

30.-

16. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por unos medios productores del haz que incluyen elementos para producir modelos de campo similares a los del modo  $TE_{01}$  en guías redondas de ondas.

253117



17. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado por medios productores del haz que incluye elementos para producir modelos de campo similares a los del modo  $TM_{01}$  en guías redondas de ondas.
- 5.- 18. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado por unos medios productores del haz que incluyen elementos para producir dos campos linealmente polarizados transmitidos simultáneamente en direcciones de polarización que son perpendicularmente entre sí.
- 10.- 19. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado por unos medios productores del haz que incluyen elementos para combinar dos campos linealmente polarizados en un campo circularmente polarizado.
- 15.- 20. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, caracterizado por un haz que es de sección transversal no circular.
- 20.- 21. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizado por unos medios correctores de fase montados en una pared absorbente de ondas.
- 25.- 22. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, caracterizado por el hecho de que la totalidad del mismo se halla encerrada en un tubo dieléctrico.
- 25.- 23. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por el hecho de que la totalidad del mismo se halla encerrada en un tubo de hormigón.
- 25.- 24. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, caracterizado por unos medios deflectores de ondas dispuestos en la trayectoria del haz para producir la desviación del mismo respecto a una trayectoria recta.
- 30.- 25. Sistema de transmisión según la reivindicación 24,

253117



caracterizado por unos medios deflectores de ondas que están constituidos por placas metálicas.

5.- 26. Sistema de transmisión según las reivindicaciones 24 ó 25, caracterizado por unos medios deflectores de ondas, constituidos por cuñas dieléctricas.

10.- 27. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 26, caracterizado por unos sistemas de transmisión del haz de diferentes secciones transversales, incluyendo cada uno una serie de medios correctores de fase, una lente amplificadora que forma una imagen ampliada del último medio corrector de fase del más pequeño de dichos sistemas de transmisión del haz en el plano del primer medio corrector de fase del sistema grande de transmisión del haz; siendo el diámetro de dicha lente amplificadora suficientemente grande para no introducir ningún efecto de difracción restringiendo al haz que pasa.

15.-

20.- 28. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, caracterizado por el hecho de que dicho último medio corrector de fase está constituido por elementos correctores de fase de igual diámetro que los otros elementos correctores de fase del citado sistema más pequeño de transmisión, pero de tal longitud focal que el citado elemento corrector de fase reproduce la imagen del plano del precedente elemento corrector de fase de dicho sistema de transmisión del haz en el plano de dicha lente amplificadora.

25.- 29. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 28, caracterizado por el hecho de que el primer elemento corrector de fase de dicho sistema mayor de transmisión del haz está constituido por elementos correctores de fase que reproducen la imagen del plano del siguiente elemento corrector de fase de la citada transmisión del haz en el plano de dicha lente amplificadora.

30.- 30. Sistema de transmisión según cualquiera de las rei-



253117

- 5.- vindicaciones 1 a 29, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas sustancialmente cilíndrico, que tiene en un punto predeterminado situado a lo largo de su trayectoria una distribución de fase transversal sustancialmente uniforme, se disponen unos elementos correctores de fase a través de dicho haz y después del citado punto, para reajustar en un punto más alejado de dicha trayectoria la distribución de fase transversal en un valor sustancialmente uniforme.
- 10.- 31. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 30, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas sustancialmente cilíndrico, que tiene en un punto predeterminado de su trayectoria una distribución de fase transversal sustancialmente uniforme, se disponen elementos correctores de fase a través de dicho haz cerca de dicho punto para variar la citada distribución de fase transversal en un grado preestablecido, y ulteriores elementos
- 115.- correctores de fase dispuestos a través del haz mencionado en un punto más alejado de su trayectoria para reajustar la citada distribución de fase variada en una distribución de fase transversal uniforme sustancialmente sobre la misma sección transversal.
- 20.- 32. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 31, caracterizado por el hecho de que la distancia entre dichos dos puntos es del orden del cuadrado del radio del haz dividido por la longitud de onda.
- 25.- 33. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 32, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas sustancialmente cilíndrico, que gradualmente se dilata desde un punto predeterminado de su trayectoria de acuerdo con la difracción, se disponen unos elementos refractores de ondas a través del citado haz en un punto más alejado de su trayectoria para compensar dicha dilatación difraccional.
- 30.- 34. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivin

253117



dicaciones 1 a 33, caracterizado por el hecho de que dentro del mismo espacio cilíndrico se produce una serie de haces de ondas sustancialmente cilíndricos, dilatándose cada uno de ellos desde puntos predeterminados situados a lo largo de dicho espacio de acuerdo con la difracción, y porque se disponen unos elementos refractores de ondas a través de dicho haz en puntos más alejados situados a lo largo del citado espacio para compensar la referida dilatación difraccional.

5.-

35. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 34, caracterizado por unos haces cilíndricos de ondas propagados en la misma dirección.

10.-

36. Sistema de transmisión según las reivindicaciones 34 ó 35, caracterizado por unos haces cilíndricos de ondas propagados en direcciones opuestas.

15.-

37. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 36, caracterizado por unos haces de ondas propagados en diferentes modos de ondas.

38. Sistema de transmisión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 37, caracterizado por unos haces de ondas propagados en diferentes planos de polarización.

20.-

39. Método para la puesta en práctica del sistema de transmisión según las reivindicaciones 1 a 38, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas electromagnéticas sustancialmente cilíndrico de distribución de campo transversal predeterminada, la dilatación difraccional se contrarresta repetidamente para mantener dicho haz en una sección transversal sensiblemente uniforme.

25.-

40. Método según la reivindicación 39, caracterizado por el hecho de que el haz es obligado a converger periódicamente a intervalos predeterminados a lo largo de su trayectoria.

41. Método según las reivindicaciones 39 ó 40, caracterizado por el hecho de que el haz es obligado a converger a intervalos

30.-

253117



constantes a lo largo de su trayectoria.

5.- 42. Método según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 41 caracterizado por el hecho de que la sección transversal de dicho haz es variada a lo largo de su trayectoria desde una dimensión predeterminada a otra dimensión predeterminada reproduciendo ópticamente la imagen de una de dichas secciones transversales en la otra y simultáneamente corrigiendo la fase en la distribución de campo de dicha sección transversal.

10.- 43. Método según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 42, caracterizado por el hecho de que el haz es obligado a converger mediante la reproducción de la imagen de la distribución de fase existente en la sección transversal de dicho haz a lo largo de la citada trayectoria en la siguiente sección transversal mínima del haz a lo largo de la referida trayectoria.

15.- 44. Método según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 43, caracterizado por el hecho de que las distancias entre sucesivos puntos de compensación son del orden del cuadrado del radio del haz dividido por la longitud de onda.

20.- 45. Método según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 44, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas electromagnéticas sustancialmente cilíndrico, el haz es obligado a converger repetidamente en puntos de divergencia difraccional del haz para formar una distribución de amplitud transversal predeterminada.

25.- 46. Método según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 45, caracterizado por el hecho de que en un haz de ondas electromagnéticas sustancialmente cilíndrico, se fuerza repetidamente una distribución de fase transversal predeterminada a intervalos preestablecidos a lo largo de la trayectoria del haz.

30.- 47. Método según la reivindicación 46, caracterizado por el hecho de que se fuerza una distribución de fase transversal sustan-



253117

cialmente uniforme y que dichos intervalos son del orden del cuadrado del radio del haz dividido por la longitud de onda.

5 48. Método según cualquiera de las reivindicaciones 34 a 45, caracterizado por el hecho de que dentro del mismo espacio cilíndrico se forma una serie de haces de ondas electromagnéticas sustancialmente cilíndricos a lo largo de una trayectoria predeterminada de sección transversal sustancialmente uniforme que se dilata gradualmente de acuerdo con la difracción, y porque dicha dilatación difraccional es repetidamente contrarrestada para mantener al haz con sección transversal sensiblemente uniforme.

10 49. Método según la reivindicación 48, caracterizado por el hecho de que dichos haces de ondas cilíndricos se propagan en la misma dirección.

15 50. Método según las reivindicaciones 48 ó 49, caracterizado por el hecho de que dichos haces de ondas cilíndricos se propagan en direcciones opuestas.

20 51. Método según cualquiera de las reivindicaciones 48 a 50, caracterizado por el hecho de que dichos haces de ondas se propagan en diferentes modos de ondas.

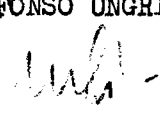
25 52. Método según cualquiera de las reivindicaciones 48 a 51, caracterizado por el hecho de que dichos haces de ondas se propagan en diferentes planos de polarización.

53. Se reivindica por último, como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "SISTEMA DE TRANSMISION DE ALTA FRECUENCIA Y METODO PARA SU PUESTA EN PRACTICA"

Todo conforme queda descrito en la presente memoria que consta de veintiseis páginas escritas a máquina, y dibujos adjuntos.

Madrid, 3 de noviembre de 1959

ALFONSO UNGRIA



255117

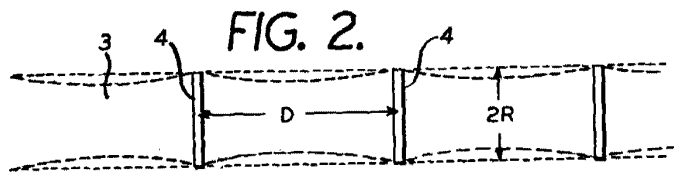
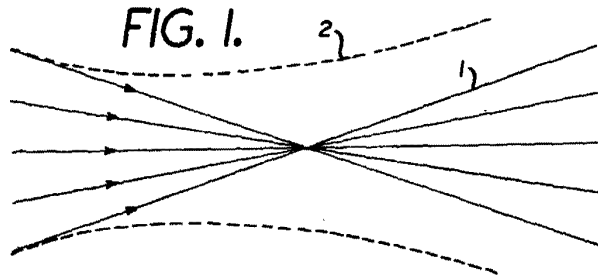
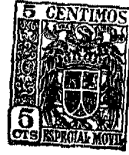
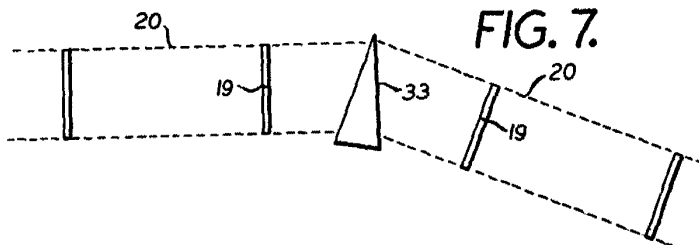
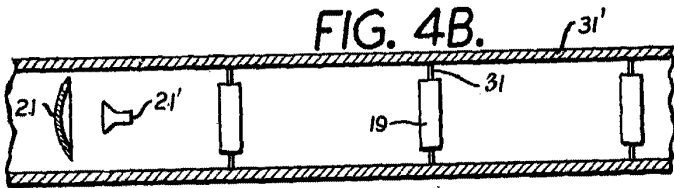
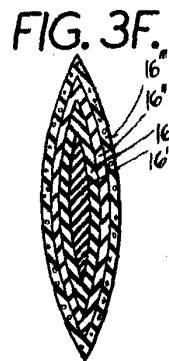
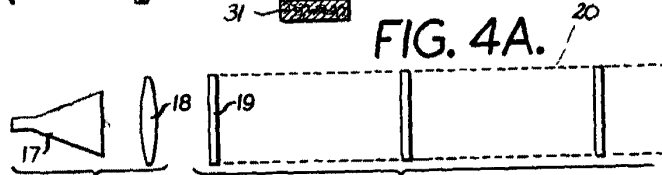
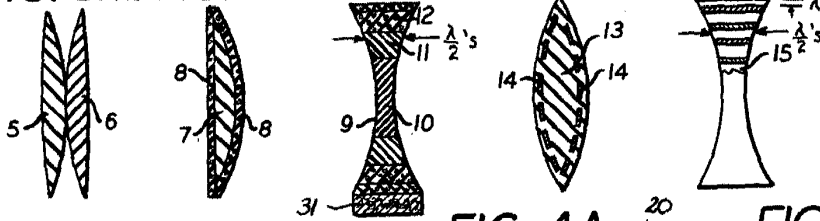


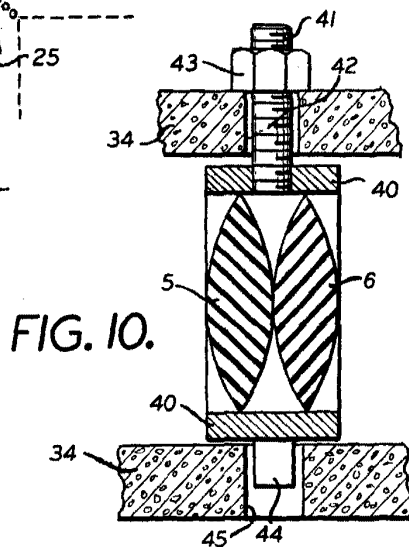
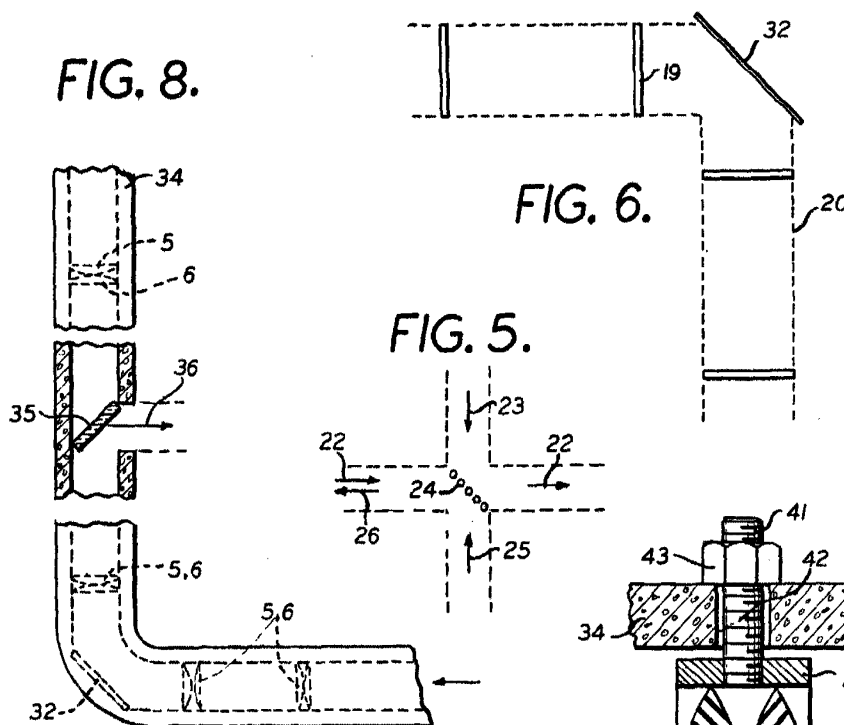
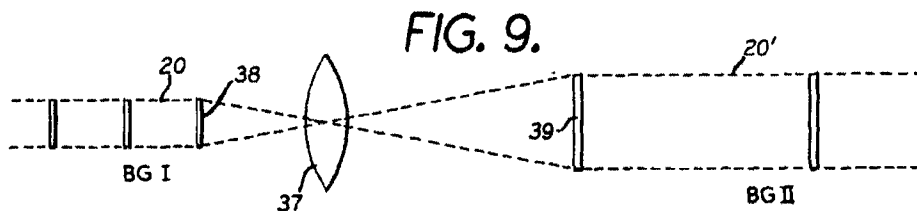
FIG. 3A. FIG. 3B. FIG. 3C. FIG. 3D. FIG. 3E.



ESCALA VARIABLE  
MADRID, DE ~~1911~~ DE 1911  
ALFONSO UNGRÍA

*Madrid*

22317



**ESCALA VARIABLE**  
 MADRID, 5 DE NOVIEMBRE DE 1911  
 ALFONSO UNGRÍA



FIG. II.

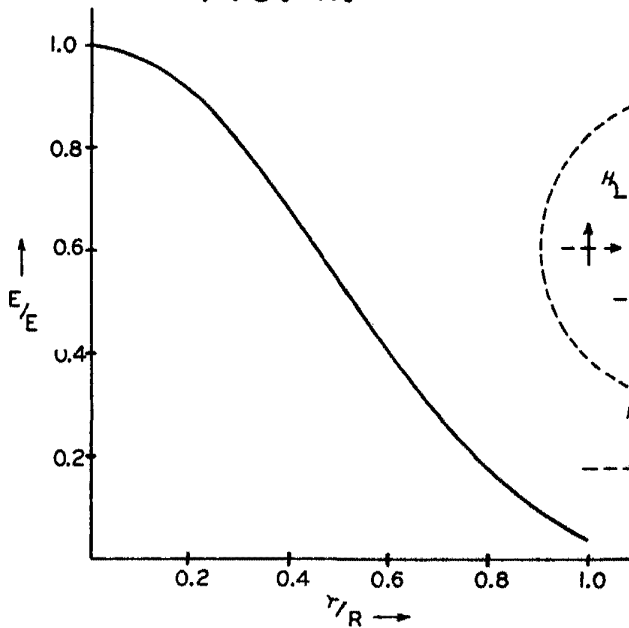


FIG. 12.

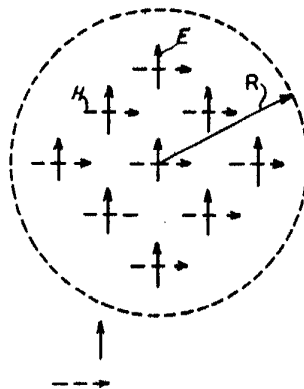


FIG. 13.

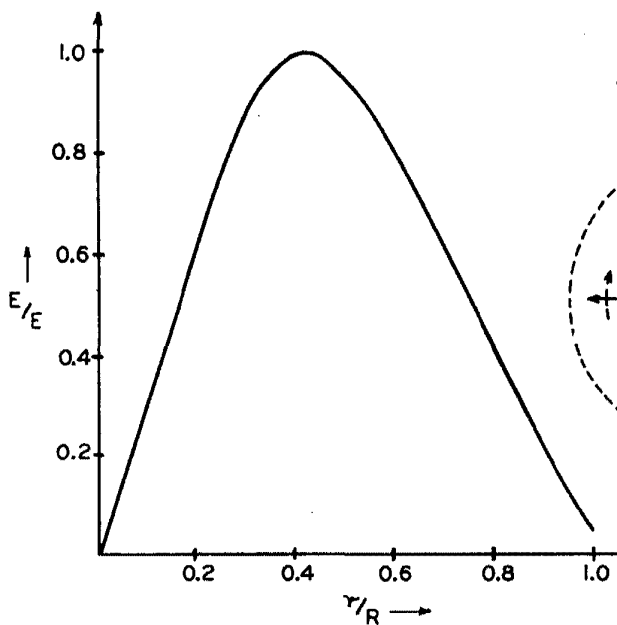
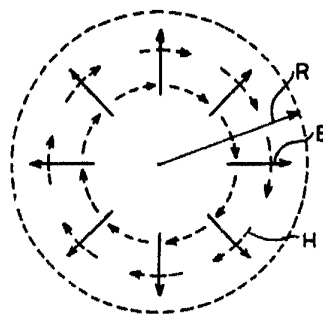


FIG. 14.



ESCALA VARIABLE

MADRID, 1 DE noviembre DE 1922

AUFONSO UNGRIA

*[Handwritten signature]*