



Número 351.663

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

Domicilio : Wilmington, Delaware, EE.UU.

Enunciado : "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LA
FABRICACION DE VARILLAS POSTENSADAS
PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON".

Prioridad : de la solicitud de patente estadounidense
nº 623.709 del 16 de Marzo de 1967.

IG.



1 Este invento se refiere a estructuras de hormigón
en las que éste se mantiene en compresión durante su
uso con objeto de impedir las roturas por tensión y a
las varillas para mantener este hormigón bajo compresión.

5 En el método de postensado del hormigón pretensado,
éste se vierte en un encofrado que define la forma de la
estructura deseada y que contiene unas varillas que se
extienden a través del encofrado. Después de que el hor-
migón se ha endurecido suficientemente, las varillas se
10 estiran hasta un punto situado dentro de su límite elás-
tico y sus extremos se fijan mediante afianzadores que des-
cansan sobre el hormigón o sobre una placa soporte que
descansa sobre el hormigón. De esta forma, la fuerza de
tracción en las varillas produce una fuerza de compresión
15 en el hormigón y, como resultado, aumenta la capacidad de
carga de este último.

 Para el éxito del postensado es importante el re-
quisito de que la varilla pueda moverse libremente dentro
del hormigón durante el postensado, de forma que el alar-
gamiento esté distribuido con la mayor uniformidad posi-
20 ble a lo largo de la varilla. Una forma de conseguir este
resultado ha sido mover la varilla hacia adelante y hacia
atrás dentro del hormigón durante su endurecimiento para
formar una caña (patente estadounidense nº 3.029.490 de
25 Middendorf). Otra solución ha consistido en formar la va-



1 rilla a partir de un haz de barras cubiertas de grasa
que después se envuelven en espiral con cinta de plás-
tico o de papel y se embeben en el hormigón. Después de
5 que el hormigón endurece alrededor de la varilla, puede
producirse cierto movimiento entre las barras y la cin-
ta durante el postensado. El mismo principio es emplea-
do en el caso de una varilla compuesta por barras o ca-
ble que ha sido arrollado sobre un tubo de metal o plás-
tico. Para este fin se han diseñado tubos especiales
10 (patente estadounidense nº 2.677.957 de Upson y la pa-
tente estadounidense nº 3.212.222 de Wittfoht). Estas so-
luciones presentan uno o más inconvenientes, por ejemplo,
la presencia de una fricción relativamente alta que pro-
duce un alargamiento no uniforme de la varilla durante
15 el postensado, la presencia de huecos mensurables (entre
el tubo o cinta y la barra o cable) que exponen la vari-
lla a la corrosión y la necesidad de emplear varillas de
sección transversal relativamente grande que son difíci-
les de transportar y manipular en la obra. Aunque se han
20 adoptado precauciones para reducir al mínimo algunos de
estos inconvenientes, por ejemplo la inyección descrita
en la patente estadounidense nº 3.114.987 y nº 3.060.640
de Harris, estas precauciones requieren gastos extra y
todavía permanecen los demás inconvenientes.

25 El presente invento proporciona una varilla que



1 supera los inconvenientes de las varillas previas. Una
realización de la varilla de este invento comprende un
alambre y un material plástico que recubre dicho alam-
bre ajustada y uniformemente. En esta realización, el
5 material plástico debe ser tal que proporcione un coe-
ficiente de fricción entre el revestimiento de material
plástico y el alambre no superior a 0,09. En otra reali-
zación, se encuentra presente un lubricante en la inter-
fase entre el alambre y el revestimiento uniforme
10 y ajustado de material plástico para producir un coefi-
ciente de fricción no superior a 0,09. Los aspectos de
baja fricción y revestimiento ajustado en estas realiza-
ciones parecen anómalos ya que cabe esperar que un aspec-
to perjudique al otro. Esto no ocurre, sin embargo, en
15 el presente invento en el que el alambre es un hilo úni-
co de pequeño diámetro, generalmente no superior a 0,3
pulgadas (7,62 mm) y tiene una superficie lisa y regular
y en el que el revestimiento se adapta estrechamente a
esta superficie y tiene un espesor uniforme generalmen-
20 te no mayor de unas 0,05 pulgadas (1,27 mm). El bajo
coeficiente de fricción permite que el alargamiento del
alambre en el postensado sea prácticamente uniforme, de
manera que se utiliza más eficazmente que los sistemas
de varillas que presentan un coeficiente de fricción más
25 elevado. El revestimiento es suficientemente ajustado,

15 MAR 1958

1 sin embargo, para que el alambre no pueda roscarse en
 el revestimiento a lo largo de cualquier distancia
 útil. En lugar de ello, el revestimiento está moldeado
 alrededor del alambre partiendo del estado fundido. Es
 5 te ajuste elimina los huecos y con ello reduce notable
 mente la posibilidad de que lleguen al alambre los ele-
 mentos corrosivos tales como aire y humedad. Esto, jun-
 to con la protección adicional contra la corrosión en
 caso necesario, que puede ser proporcionada mediante un
 10 revestimiento adecuado sobre el alambre, permite utili-
 zar con seguridad alambres de pequeño diámetro y gran
 resistencia a la tracción para el postensado.

Las varillas de este invento eliminan las moles-
 15 tias de transporte y manipulación de una varilla de sec-
 ción relativamente grande, ya que las varillas de este
 invento pueden ser suministradas en un tambor de diáme-
 tro conveniente. No es necesario ningún proceso de pre-
 fabricación avanzada de la varilla, tal como equipado
 con herrajes terminales de sujeción. Tampoco es nece-
 20 sario el uso de tubos separados a través de los cuales
 es ensartado la barra o cable. En lugar de ello, la va-
 rilla de este invento es un sistema previamente embala-
 do susceptible de postensado. Simplemente la varilla de
 este invento se desenrolla en el interior y a través
 25 del encofrado para el hormigón, se coloca en su sitio,



1 se corta a la longitud apropiada y después se equipa
con los herrajes terminales de sujeción apropiados.
No es necesaria ninguna operación adicional durante
el endurecimiento del hormigón. Cuando éste se ha en-
5 durecido, el revestimiento plástico se embebe estacio-
nariamente en su seno. Sin embargo, el alambre dispone
de libertad de movimiento y por lo tanto puede ser pos-
tensado uniformemente.

En otra realización, una pluralidad de las vari-
10 llas de este invento antes descritas se integran en
forma de cinta, estando las varillas individuales en un
plano común y permitiendo la posibilidad de separar unas
de otras. Esta varilla compuesta tiene las mismas venta-
jas de la varilla individual de este invento y además la
15 ventaja de proporcionar el manejo simultáneo de una plu-
ralidad de varillas.

Estas y otras realizaciones serán descritas con
más detalle a continuación haciendo referencia a los di-
bujos, en los que:

20 La Figura 1 muestra una vista plana de una estruc-
tura de hormigón que incorpora las características de
este invento;

La Figura 2 muestra una sección transversal toma-
da a lo largo de la línea 2-2 de la estructura de la Fi-
25 gura 1;



1 La Figura 3 muestra una longitud indeterminada de una realización de varilla de este invento, en la que se ha separado una sección de su revestimiento;

5 La Figura 4 muestra una sección transversal tomada a lo largo de la línea 4-4 de la varilla de la Figura 3;

 La Figura 5 muestra una sección transversal de otra realización de varilla de este invento;

10 La Figura 6 muestra una vista plana de un trozo de varilla compuesta de este invento con el componente de alambre parcialmente expuesto;

 La Figura 7 muestra una vista lateral de la varilla compuesta de la Figura 6;

15 La Figura 8 muestra una sección transversal tomada a lo largo de la línea 8-8 de la varilla compuesta de la Figura 7;

 Las Figuras 9 a 11 muestran la sección transversal de otras realizaciones de varillas compuestas;

20 La Figura 12 muestra una vista plana de una forma de estructura de hormigón postensado con una disposición especial de varillas de este invento;

 La Figura 13 muestra una vista plana, parcialmente descubierta, de una estructura de hormigón similar a la de la Figura 12, empleando una disposición diferente de varillas postensadas;

25 La Figura 14 muestra una longitud indeterminada y



1 una vista plana de otra forma de estructura de hormigón
postensado con otra disposición distinta de varillas de
este invento;

5 La Figura 15 muestra una vista plana ampliada y par-
cialmente descubierta de un extremo de la estructura de
hormigón de la Figura 14, con la disposición de varillas
con mayor detalle;

10 La Figura 16 muestra otra ampliación más de una vis-
ta plana descubierta de una región de la estructura de
hormigón de la Figura 15, presentando un cambio de direc-
ción de las varillas;

La Figura 17 muestra una vista plana de una estruc-
tura de hormigón postensado con otra disposición distin-
ta de varillas de este invento;

15 La Figura 18 muestra una vista plana de un extremo
de la estructura de hormigón de la Figura 17 con una va-
riación en la disposición de varillas en la misma;

20 La Figura 19 muestra una vista plana de una cons-
trucción de hormigón voladiza utilizando una varilla del
presente invento;

La Figura 20 muestra una sección transversal de la
construcción de hormigón voladiza, tomada a lo largo de
la línea 20-20 de la Figura 19;

25 La Figura 21 muestra una longitud indeterminada de
una tubería postensada con una varilla de este invento;



1 La Figura 22 muestra una sección transversal de la
tubería tomada a lo largo de la línea 22-22 de la Figu-
ra 21;

5 La Figura 23 muestra una sección transversal de una
realización para sujetar los extremos de las varillas de
este invento; y

Las Figuras 24 a 26 muestran esquemáticamente las
operaciones para obtener la sujeción descrita en la Fi-
gura 23.

10 Refiriéndonos ahora a los dibujos, la Figura 1 mues-
tra una losa de hormigón 2 que se mantiene bajo compre-
sión mediante las varillas postensadas 4 del presente in-
vento, alargadas de manera prácticamente uniforme, dis-
puestas formando un dibujo cruzado corriente, estando fi-
15 jados los extremos de las varillas mediante los retenes
terminales 6 que pueden incluir unas placas de asiento.
Las varillas 4 están distanciadas unas de otras una lon-
gitud que proporciona la cantidad y distribución desea-
das de la compresión sobre la losa 2 que puede encontrar-
20 se en forma de pavimento, suelo, pared, tejado, lateral,
es decir bardas y cara superior de mesas. Las varillas 4
pueden encontrarse flectadas al extenderse a través de
la losa 2, como se indica en la Figura 2 para una vari-
lla.

25 Como se indica en la Figura 3, la varilla 4 compren-



1 de un alambre 8, que se alarga durante el postensado,
recubierto ajustada y uniformemente con un material
plástico 10, que permanece embebido de forma fija en
el hormigón durante el postensado. El alambre presen-
5 ta una superficie externa lisa y el revestimiento 10
tiene su superficie interna estrechamente adaptada a
la superficie externa del alambre como indica la Figu-
ra 4. De esta forma no existen irregularidades entre
el revestimiento y el alambre que interfieran con el
10 alargamiento de este último.

Generalmente el diámetro del alambre no es ma-
yor de 0,3 pulgadas (7,6 mm) y generalmente no excede
de 0,2 pulgadas (0,5 mm). El diámetro más pequeño de
alambre que puede ser utilizado dependerá fundamen-
15 tamente del tamaño de la forma de hormigón que se desee
postensar; por ejemplo, en el postensado de formas de
hormigón del tamaño de tableros de mesa, son útiles
los alambres de música que miden alrededor de 0,02 pul-
gadas (0,5 mm). Sin embargo, generalmente, el diámetro
20 del alambre será de 0,05 pulgadas (1,27 mm). Con res-
pecto al revestimiento 10, es continuo y de espesor uni-
forme. Generalmente no es necesario un espesor del re-
vestimiento superior a 0,05 pulgadas (1,27 mm). No obs-
tante, habitualmente no es necesario que el espesor del
25 revestimiento sea mayor de 0,015 pulgadas (0,4 mm). Co-



1 mo regla general, el espesor del revestimiento no debe
ser mayor del 25 %, y preferiblemente no mayor del 12 %
del diámetro del alambre. La delgadez del revestimien-
to 10 alrededor del alambre 8 contribuye a mantener la
5 integridad del revestimiento bajo las cargas transver-
sales, reduciendo la tendencia del revestimiento a
fluir en frío, exponiendo posiblemente el alambre. El
ajuste del revestimiento alrededor del alambre impide
el contacto con el mismo de los elementos corrosivos,
10 como aire y humedad.

Para conseguir el bajo coeficiente de fricción
entre el alambre y el revestimiento, sus superficies co-
rrespondientes deben ser lisas, iguales y uniformes en-
tre sí. Algunos materiales plásticos, por ejemplo polí-
15 meros de tetrafluoretileno, es decir, homopolímeros y
copolímeros de los mismos con pequeñas proporciones de
otros monómeros copolimerizables, preferiblemente monó-
meros perfluorcarbonados, proporcionan generalmente
unos coeficientes de fricción de 0,09 o menos. En el
20 caso de otros materiales plásticos puede ser necesario
emplear un lubricante en la interfase entre el alambre
y el revestimiento. Este lubricante no debe ser corrosi-
vo para el alambre y debe tener una resistencia de "pe-
lícula" suficiente para impedir el contacto directo en-
25 tre el alambre y el revestimiento de material plástico.



1 La magnitud de la resistencia de "película" requerida
dependerá del valor del esfuerzo transversal ejercido
sobre la varilla durante el postensado. Para las vari-
llas del presente invento se consiguen coeficientes
5 de fricción no mayores de 0,05. Estas varillas son es-
pecialmente útiles en las disposiciones con cambio de
dirección dentro del hormigón. Por ejemplo, para un
cambio de dirección (ángulo total de curvatura) de unos
180°, es conveniente un coeficiente de fricción no su-
10 perior a 0,05 entre el alambre y el revestimiento. A
medida que aumenta el grado de cambio de dirección, son
aconsejables coeficientes incluso más bajos. Para ángu-
los de curvatura que oscilen entre unos 540° y 1300°,
son aconsejables coeficientes de fricción que disminu-
15 yan desde 0,02 a 0,009, entendiéndose que no se sobre-
pasa el límite de elasticidad del alambre al doblar el
mismo para formar cualquiera de las disposiciones con
cambio de dirección aquí descritas.

La lubricación puede conseguirse mediante la in-
20 corporación de agentes causantes de deslizamiento al
revestimiento de material plástico, encontrándose entre
tales agentes el grafito, el disulfuro de molibdeno y
los aceites. Un revestimiento especialmente adecuado es
la poliamida mezclada con 1 a 5 % aproximadamente de
25 aceite de silicona, siendo la poliamida preferiblemente



1 nylon 610. En otra realización, el lubricante puede dis-
ponerse en forma de capa independiente 12 entre la su-
perficie externa del alambre 8 y la superficie interna
5 del revestimiento 10, como se indica en la Figura 5. De
preferencia, el lubricante de la capa 12 contiene por
lo menos parte de material lubricante sólido, especial-
mente en el caso de que la varilla haya de ser utiliza-
da para disposiciones con cambio de dirección. Entre
10 los lubricantes sólidos y líquidos representativos se
encuentran los aceites minerales, los aceites hidrocar-
bonados, los grafitos, los polímeros fluorcarbonados co-
mo los polímeros de elevado peso molecular o telómeros,
derivados principalmente del tetrafluoretileno utiliza-
do solo o en combinación. Una capa 12 lubricante espe-
15 cialmente útil está constituida por un revestimiento
fluorcarbonado sólido, como el obtenido con las disper-
siones de politetrafluoretileno descritas en la patente
estadounidense nº 2.612.484. Es preferible que se encuen-
tre presente un inhibidor de la corrosión entre el alam-
20 bre 8 y el revestimiento 10, constituido, por ejemplo,
por un agente químico reductor como el nitrito sódico o
aminas orgánicas de elevado peso molecular como la lau-
rilamina. Junto con el inhibidor de la corrosión, tam-
bién conviene que se encuentre presente un agente dis-
25 persante, estando seleccionado el mismo entre una am-



1 plia variedad de agentes emulsionantes solubles en
agua, existentes en el mercado, tales como las sales
inorgánicas de petróleo sulfonatado o hidrocarburos
sulfonados, las arilsulfonamidas y las sales inorgá
5 nicas de ácidos grasos de elevado peso molecular, por
ejemplo, ácidos monocarboxílicos alifáticos, especial
mente ácidos grasos de 12 a 20 átomos de carbono. Es
conveniente aplicar el inhibidor de la corrosión y el
agente dispersante en forma de una emulsión de aceite
10 hidrocarbonado en agua. La mayor parte del agua es ex
pulsada durante la aplicación del revestimiento 10. Un
lubricante-inhibidor de la corrosión especialmente útil
para su aplicación al alambre 8 antes del revestimien
to, es la dispersión acuosa formada por 45-47 % de agua,
15 19-21 % de aceite, por ejemplo aceite mineral, 15-16 %
de amina, por ejemplo etanolamina, 8-9 % de ácido gra
so y 7,5-10 % de nitrito sódico. La mayor parte del
agua de esta dispersión es expulsada durante la aplica
ción del revestimiento 10 y la mezcla residual propor
20 ciona a la vez efecto lubricante y un efecto protector
de la corrosión. Esta dispersión puede ser utilizada en
combinación con otros lubricantes antes descritos. Las
mezclas de esta dispersión con dispersiones de polite
trafluoretileno proporcionan una capa 12 con propieda
des óptimas de lubricación y de protección contra la
25



1 corrosión. Generalmente los beneficios de cualquier dis-
persión se ponen en evidencia cuando en la combinación
se encuentra presente una cantidad tan pequeña como el
10 % en peso de cualquier dispersión. La capa lubrican-
5 te 12 también puede incluir un primer revestimiento de
material plástico aplicado directamente al alambre, dis-
poniéndose el lubricante de la capa 12 entre el primer
revestimiento y el revestimiento 10, con lo que el prime-
ro es estirado con el alambre mientras que el revesti-
10 miento 10 realiza la misma función descrita anteriormen-
te.

Cuando se encuentra presente, la capa 12 de lubri-
cante no es mayor de unas 0,012 pulgadas (0,30 mm) de
espesor, generalmente no mayor de 0,005 pulgadas (0,12
15 mm) y es uniforme a lo largo de todo el alambre. Es
preferible que el espesor de la capa 12 no pase de
0,002 pulgadas (0,05 mm). El revestimiento ajustado 10
de material plástico mantiene el lubricante en la inter-
fase entre el alambre y el revestimiento plástico du-
20 rante la manipulación y el uso después del postensado.

El material plástico a partir del cual puede pre-
pararse el revestimiento 10 consta esencialmente de
cualquier resina plástica que pueda ser configurada en
forma de revestimiento alrededor del alambre y que sea
25 compatible con el lubricante particular presente, en su



1 caso. El material plástico puede ser aplicado al alam
bre en forma de revestimiento uniforme y ajustado por
extrusión de aquél en forma de tubo continuo alrededor
de un alambre que se mueve en la dirección del tubo
5 extruído y extendiendo el tubo continuo mediante vacío
sobre el alambre en movimiento. Cuando hay que cubrir
el alambre con un lubricante y/o un inhibidor de la co
rrósion, esto puede realizarse por inmersión, pulveri-
zación o por cualquier otro método, aplicando el lubri-
10 cante sobre el alambre antes de la operación de reves-
timiento por extrusión, en cuyo caso el revestimiento
aquí descrito no desplaza el lubricante o el inhibidor
de la corrosión previamente aplicado de la superficie
del alambre. Este tipo de revestimiento por extrusión
15 puede realizarse con lo que generalmente se denomina un
troquel de tubos, como el descrito en el artículo nº 603
titulado "Wire Jackets of Nylon" por E.C. McKannan y
R.E. Shaw publicado por la E. I. duPont de Nemours and
Company. Cuando la capa de lubricante tiene integridad
20 suficiente antes del revestimiento con el material plás-
tico, puede utilizarse un troquel de extrusión a pre-
sión para formar el revestimiento 10. Entre los plásti-
cos adecuados se encuentran las poliamidas, especialmen-
te la hexametilénadipamida (nylon 66), policaprolactama
25 (nylon 6) y hexametilensebacamida (nylon 610) y los co-



1 polímeros y terpolímeros de las mismas, las poliolefinas
como α -monocolefinas de 2 a 10 átomos de carbono, espe-
cialmente polietileno y polipropileno, los poliestirenos,
las resinas ABS, los ionómeros como los descritos en las
5 patentes canadienses 674.595 y 713.631, ambas de Rees,
las poliolefinas halogenadas como los polímeros de cloru-
ro de vinilo, los polímeros y copolímeros de oximetileno
y el tereftalato de polietileno.

10 El alambre utilizado en las varillas de este in-
vento es generalmente cualquier material filamentososo que
presente un límite de elasticidad (esfuerzo) de 150.000
psi (10.546 kg/cm^2) como mínimo. El alambre puede ser de
metal, como acero al carbono estirado en frío, o de fi-
bra de vidrio. Una varilla especialmente útil de este in-
15 vento es aquella en la que el alambre es de acero inoxi-
dable y mide 0,08 pulgadas (2,03 mm) de diámetro, recu-
bierto con un aceite lubricante que contiene partículas
sólidas de polímero de tetrafluoretileno dispersadas en
el mismo, hasta un espesor de unas 0,0005 pulgadas
20 (0,013 mm), que a su vez está revestido ajustada y uni-
formemente con nylon 610 con un espesor de 0,01 pulga-
das (0,25 mm).

25 En otra realización de varillas de este invento,
puede hacerse una varilla compuesta 14 a partir de una
pluralidad de alambres 16, que son semejantes a los



1 alambres 8, cubiertos con un revestimiento uniforme y
ajustado 18 de material plástico, que es semejante al
revestimiento 10 antes descrito. Como muestran las Fi-
guras 6 y 7, los alambres están dispuestos en un plano
5 común, con lo que la varilla compuesta 14 tiene la for-
ma de una cinta. Los alambres individuales 16 de la va-
rilla 14 están conectados integralmente mediante un
puente 20 relativamente delgado del mismo material plás-
tico que el revestimiento 18. Esta varilla puede ser
10 aplicada a la construcción de hormigón a partir de un
tambor, en la misma forma que la varilla 4, con la ven-
taja adicional de manipular simultáneamente los alambres
16.

Si se desea separar un alambre revestido 16 de
15 otro alambre de la varilla 14, ya sea para su uso inde-
pendiente o con objeto de proporcionar extremos indivi-
duales a la varilla con fines de sujeción en los extre-
mos, la unión entre el revestimiento 18 de cada uno de
los alambres puede estar en forma de V aguda 22, como
indica la Figura 9. En otra realización, indicada en la
20 Figura 10, el puente 20 puede tener la forma de un ta-
bique 24 entre los alambres revestidos 16, con ranuras
opuestas 26 en forma de V, bisecando los tabiques 24 pa-
ra favorecer la separación de un alambre revestido 16
25 del otro.



1 En otra realización más de varilla compuesta en
forma de cinta, una pluralidad de varillas mostradas en
la Figura 4 puede ser recubierta con un revestimiento
externo de material plástico 28 que forma la unión en-
5 tre las varillas individuales 4. La configuración del
revestimiento 28 en la unión de las varillas 4 puede
variarse en la forma deseada, por ejemplo similar a las
uniones descritas para las realizaciones de las Figu-
ras 8 a 10.

10 Las varillas compuestas de este invento pueden
hacerse de los mismos materiales y tener las mismas ca-
racterísticas de fricción y los mismos revestimientos
12 discutidos con anterioridad en relación con la vari-
lla 4.

15 Además de la aplicación cruzada de varillas de
este invento, como se describe en la Figura 1, las va-
rillas también pueden ser utilizadas para el postensado
en una sola dirección de las estructuras de hormigón,
especialmente aquéllas que tienen una longitud mucho
20 mayor que la anchura. Por ejemplo, puede emplearse una
pluralidad de varillas 4 para postensar una estructura
de hormigón 30 que puede tener la forma de una traviesa
de ferrocarril. Las varillas 4 se sujetan en sus extre-
mos mediante los retenes terminales 6, como muestra la
25 Figura 12.



1 Debido al pequeño espesor y a las bajas caracte-
rísticas de fricción de las varillas de este invento,
se puede postensar una estructura de hormigón alargada
similar 32 mediante una varilla que está dispuesta en
5 forma curvada dentro de la estructura y que solamente
requiere el uso de retenes terminales en un extremo de
la misma. En esta realización, los retenes terminales
están situados dentro de una cavidad 34 en un extremo
de la estructura de hormigón 32, que también puede ser
10 utilizada como traviesa de ferrocarril. En esta realiza-
ción, es evidente que solamente es necesario sujetar la
mitad de los extremos de varilla 4 comparado con la rea-
lización de la Figura 12. El punto en el que la varilla
4 curvada de la Figura 13 puede terminarse puede estar
15 situado en el lugar deseado. Por ejemplo, puede hacerse
que uno o ambos extremos de la varilla 4 terminen en una
cavidad (no mostrada) que está en un punto intermedio en
tre los extremos de la estructura de hormigón 32.

 Otra disposición de varillas que es útil para el
20 postensado de estructuras de hormigón con una longitud
mayor que su anchura es la disposición en zigzag de la
varilla 4 en una estructura de hormigón alargada 36 (Fi-
gura 14) que es útil, por ejemplo, como losas para carre-
teras o pistas de aeropuerto. Una varilla de este tipo
25 puede colocarse dentro del molde para la losa mediante



1 una máquina de pavimentación con hormigón inmediata-
mente antes de llenar el molde con hormigón. Colocando
el tambor que contiene la varilla más transversalmen-
te en respuesta al movimiento longitudinal de la máqui-
5 na de pavimentación, se obtiene el dibujo en zigzag.
En este dibujo en zigzag, el tensado de la varilla 4
se realiza en extremos opuestos de la estructura de hor-
migón 36 pero la varilla fundamentalmente se mueve siem-
pre formando un ángulo, primero con un lado 38 y des-
10 pués con el otro lado 40 y así sucesivamente, invirtien-
do su dirección en un punto próximo a los lados a me-
dida que la varilla pasa de un extremo a otro de la es-
tructura 36. Al postensar la varilla 4, la estructu-
ra 36 es sometida a compresión longitudinal y transver-
15 sal. En la práctica se emplea una pluralidad de vari-
llas 4 con cambios de dirección espaciados a lo largo
de la estructura y en secuencias opuestas, es decir el
cambio de dirección es contrario en los lados 38 y 40,
como se indica en la Figura 15.

20 En el molde en el que se va a hacer la estructu-
ra de hormigón particular pueden colocarse unos clavos
sustentantes y la varilla, tal como la varilla 4, pasa
alrededor de estos clavos antes de verter el hormigón
en el molde. El clavo 42 tiene un radio suficientemente
25 largo para que no se pase del límite de elasticidad del

1 alambre cuando se dobla (cambio de dirección) alrede-
dor del clavo. Este último puede quedar enterrado en
la estructura de hormigón, como muestra la Figura 16.
Puede utilizarse este clavo o un dispositivo similar
5 en cualquiera de las disposiciones de varillas con
cambio de dirección aquí descritas.

Otra disposición que puede producirse con las va-
rillas del presente invento es similar a la de las Fi-
guras 14 y 15, a excepción de que los extremos de las
10 varillas sobresalen todas por un extremo del hormigón
y de esta forma se sujetan al mismo. Esta realización
está mostrada en la Figura 17, donde una varilla 44 se
extiende en una dirección formando una trayectoria en
zigzag dentro de la estructura de hormigón 46 y des-
pués en un extremo de la misma, invierte su dirección
15 para formar una trayectoria de regreso similar y propor-
cionar unos extremos colaterales para la sujeción con
los retenes 6. Otra varilla 48 se extiende siguiendo
una trayectoria opuesta a través de la estructura 46
terminando también sus extremos uno junto a otro como
20 se muestra en la figura. En una variación de la dispo-
sición de varillas de la Figura 17, puede utilizarse
una sola varilla 50 para establecer prácticamente la
misma disposición mostrada en la Figura 17 para la es-
25 tructura de hormigón 46, pero uniendo el dibujo con el



1 segmento 52 de la varilla simple, con lo que solamente dos extremos requieren postensado y sujeción con los retenes terminales 6. Las varillas 44, 48 y 50 son semejantes a la varilla 4. En la práctica, se utilizará una pluralidad de varillas, con sus extremos en puntos opuestos separados de los de las otras varillas, para formar la disposición de las Figuras 14 y 15.

5
10 Otra disposición que puede prepararse con las varillas de este invento es un dibujo de varillas curvadas que se extienden radialmente y están desplazadas periféricamente entre sí, ya sea formado por una varilla o por una multiplicidad de ellas. En las Figuras 19 y 20 se muestra un ejemplo de esta disposición en la que una cubierta o piso 54 se extiende en forma de voladizo desde una sección tubular central 56, que a su vez está soportada por un pedestal 58 que está enterrado en el suelo 60 o sujeto de cualquier otra forma. La cubierta 54 tiene forma circular y está colocada simétricamente alrededor de la sección tubular 56. Embebida en la cubierta 54 se encuentra una varilla 4 que entra desde el interior 62 de la sección tubular 56 y sale dentro de la misma sección tubular donde es fijada mediante los retenes terminales 6. Dentro de la cubierta 54, la varilla 4 forma una serie de curvas que están desplazadas periféricamente, que se extienden práctica-

15
20
25



1 mente en la dirección de los radios y que están dis-
puestas uniformemente alrededor de la sección tubu-
lar 56. Los extremos de la varilla 4 se prolongan a
través de aperturas hasta un anillo de acero 63. Des-
5 pués del postensado, la cubierta 54 se comprime hacia
adentro, con el anillo de acero sirviendo para trans-
mitir la fuerza de tracción en un extremo de la vari-
lla al otro extremo de la misma. Los retenes termina-
les 6 mantienen la varilla en condiciones de postensa-
10 do. En esta disposición, como en las anteriores, puede
utilizarse una pluralidad de varillas separadas unas
de otras.

Las varillas de este invento también pueden ser
utilizadas para el postensado de tuberías de hormigón y
15 similares disponiendo la varilla, por ejemplo la vari-
lla 4, en una trayectoria helicoidal dentro de la pa-
red de una tubería 66, mantenida en posición tensada
mediante los retenes terminales 6, como muestran las
Figuras 21 y 22. Aunque solamente se muestra una vari-
20 lla, normalmente se utiliza una pluralidad de las mis-
mas, con los extremos terminando en puntos separados
alrededor de la superficie externa de la tubería, como
se indica para la varilla 4, o alrededor de los extre-
mos 69 de aquella. El ángulo de paso de cada varilla
25 dependerá del ángulo de arrollamiento deseado para la



1 varilla particular empleada. Para coeficientes de
fricción bajos, por ejemplo 0,009, puede emplearse
un ángulo de arrollamiento relativamente grande, lo
que significa que para una longitud dada de tubería,
5 el ángulo de paso de la varilla puede ser menor que
para las varillas que tienen un coeficiente de fric-
ción más elevado. No es necesario que todas las va-
rillas pasen de un extremo a otro de la tubería sino
que pueden terminar en un punto intermedio, con otras
10 varillas dispuestas helicoidalmente comenzando progre-
sivamente más adelante y extendiéndose progresivamen-
te a lo largo de la longitud de la tubería. La tube-
ría de hormigón postensado se fabrica, por ejemplo,
disponiendo un cilindro de tela metálica dentro del
15 molde para la tubería y arrollando helicoidalmente, en
forma concéntrica alrededor de su eje longitudinal, el
número de varillas deseado alrededor de este cilindro,
vertiendo el hormigón en el molde, dejándole que se en-
durezca suficientemente y después postensando y suje-
20 tando en sus extremos los alambres tensados. Preferi-
blemente, las varillas dentro de la pared de la tube-
ría 66 están más próximas a la superficie externa 67
que a la superficie interna 68 de la misma.

Las varillas compuestas como las mostradas en
25 las Figuras 6 a 11 pueden ser utilizadas en todas las



1 disposiciones aquí descritas. En aquellas disposicio-
nes que suponen un cambio en la dirección de la vari-
lla, solamente es necesario que el plano de la varilla
compuesta sea paralelo al clavo 42 en el punto de in-
5 versión de la dirección y la varilla se arrolla a su
alrededor en forma similar a la mostrada para la vari-
lla 4 en la Figura 16.

Como resulta evidente de las disposiciones de va-
rillas de las Figuras 13, 14, 17, 18 y 19, las varillas
10 de este invento pueden ser utilizadas en disposiciones
que requieran unas condiciones de cambio de dirección
extremas. Por ejemplo, cuando el ángulo total de arro-
llamiento de una varilla con un coeficiente de fricción
del orden de 0,009 es 180° , la variación del esfuerzo
15 a lo largo del alambre es apenas observable. Pueden em-
plearse disposiciones en las que el ángulo de arrolla-
miento es de 1000° o más, en las que el esfuerzo en un
extremo del tendón se encuentra dentro del 70 % como
mínimo, preferiblemente del 80 % como mínimo, del esfuer-
20 zo en el extremo opuesto. La trayectoria de la varilla
desde un punto de cambio de dirección al punto opuesto
puede ser prácticamente recta. No obstante también la
trayectoria puede estar flectada. Tensando el alambre
en ambos extremos en lugar de hacerlo solo en uno, el
25 ángulo de arrollamiento se reduce a la mitad. Así, pa-



1 ra la disposición de la Figura 19, aunque la varilla 4
sufre un número de cambios de dirección suficiente pa-
ra totalizar alrededor de 2000° en todo el dibujo, ca-
da extremo de la varilla solamente necesita ser tensa-
5 do alrededor de un ángulo de arrollamiento de unos
1000°. Esta consistencia del esfuerzo y por lo tanto es
ta uniformidad del alargamiento puede ser determinada
experimentalmente utilizando la fórmula del "cinturón",
que es $F_2 = F_1 e^{-\mu\theta}$, donde F_1 = fuerza de estirado y ten-
10 sión, F_2 = tensión en el otro extremo del alambre y μ =
coeficiente de fricción y θ es el ángulo de curvatura
total o arrollamiento de la varilla, siendo e la base
de logaritmo natural. Los coeficientes de fricción ci-
tados aquí se determinan utilizando esta fórmula. Para
15 una explicación más amplia de la misma, remitimos a
T. Y. Lin, Design of Prestressed Concrete Structures,
segunda edición, 1963, página 110.

Cualquiera de los sistemas de sujeción de la
técnica anterior que sea eficaz con las varillas de pe-
20 queño diámetro puede ser utilizado para sujetar las va-
rillas de este invento. Un retén terminal adecuado es-
tá descrito, por ejemplo, en la patente estadounidense
nº 3.137.971 de Rhodes. Otro sistema de sujeción que
puede ser utilizado es el mostrado en la Figura 23. En
25 esta figura se muestra una porción de una estructura



1 de hormigón 70 que termina en una superficie exter-
na 72 que tiene una cavidad 74. De la superficie reba-
jada 76 de la cavidad sobresale una varilla que puede
5 ser un extremo de una varilla individual de la varilla
compuesta de la Figura 6 o, para mayor simplicidad, un
extremo de una varilla 4 alargada. La porción que so-
bresale de la varilla 4 está ondulada formando una se-
rie de cambios de dirección cuya angularidad aumenta
10 en la dirección que se aleja de la superficie 76. Ex-
tendiéndose a lo largo de la porción ondulada de la
varilla 4 se encuentra una funda tubular metálica 78.
La funda 78 confina la ondulación de la varilla 4 pa-
ra impedir que se introduzca en la estructura de hormi-
gón 70, aflojando así la compresión sobre el hormigón.
15 El grado de doblado en la ondulación es suficientemen-
te elevado para que el esfuerzo axial requerido para in-
troducir la varilla ondulada en el elemento de hormi-
gón 70 en todos los momentos sea por lo menos el 30 %
mayor que el esfuerzo operante sobre la varilla (alam-
20 bre 8); por lo tanto esta introducción no se produce.
En general, el ángulo de doblado no es suficiente para
destruir la continuidad del revestimiento plástico, man-
teniendo con ello su integridad con fines de protección
contra la corrosión. La fuerza de compresión sobre la
25 funda 78 es transmitida a la estructura de hormigón 70



1 a través de la placa de soporte 80, provista de aper-
turas, situada entre ellas con fines de distribución
de la carga. Si se desea, la cavidad 74 puede ser lle-
5 nada por inyección una vez terminado el postensado y
la sujeción para formar una prolongación uniforme de
la superficie externa 72.

El sistema de sujeción mostrado en la Figura 23
puede conseguirse, por ejemplo, estirando el extremo
sobresaliente de la varilla 4 mediante procedimientos
10 hidráulicos convencionales, habiendo insertado previa-
mente el extremo sobresaliente a través de las fundas
90 y 92, teniendo la funda 92 unas tuercas de sujec-
ción 94 que están roscadas dentro de una apertura en la
pared, como muestra la Figura 24. Después de alargado
15 el alambre, las tuercas de sujeción 94 se roscan en el
interior y contra la varilla 4, atravesando la funda de
plástico y la capa de lubricante hasta aprisionar con
alta fricción la superficie del alambre, prensándola
en unas escotaduras 93 correspondientes en la funda 92.
20 A continuación se retira la fuerza de estirado, como
muestra la Figura 25. Este efecto de sujeción mantiene
el alargamiento en el cable 8 de la varilla y deja que
el extremo sobresaliente de la varilla 4 se mueva li-
baramente con el ondulado de la funda 90 como muestra
25 la Figura 26. Una vez terminada esta ondulación, las



1968

1 tuercas de sujeción 94 pueden desenroscarse de la fun-
da 92, deslizar esta última sobre el extremo libre de
la varilla 4 y cortar esta varilla a la altura de la
extremidad exterior de la funda 90 ondulada, que enton-
5 ces semeja a la funda ondulada 78 de la Figura 23, con-
finar el extremo sobresaliente restante de la varilla 4
en estado ondulado y transmitir una fuerza de compre-
sión a la estructura de hormigón 70 a través de la pla-
ca soporte 80 provista de aperturas.

10 A continuación se dan algunos detalles que ilus-
tran una aplicación de una realización de las varillas
de este invento: Se prepara un molde para colar una lo-
sa de hormigón que mide 120 x 12 x 3 pulgadas (304,8 x
30,5 x 7,6 cm), con un ángulo de hierro de 3 pulgadas
15 (7,6 cm) extendiéndose a lo largo de cada dimensión de
12 pulgadas (30,5 cm). El ángulo de hierro va provisto
de unas aperturas a distancias de 3/4 pulgadas (1,9 cm)
que se extienden a lo largo de una línea que esté si-
tuada a 1,5 pulgadas (3,8 cm) de la superficie inferior
20 del molde. En el interior del molde y a lo largo de su
longitud, se colocan 19 varillas en líneas rectas para-
lelas y separadas, sobresaliendo los extremos de las va-
rillas a través de las aperturas del ángulo de hierro y
tensando con 100 libras (45,4 kg) por varilla. Cada va-
25 rilla está constituida por un alambre de acero al car-



1 bono estirado en frío, de 0,08 pulgadas (2,0 mm) de diámetro y con un límite de elasticidad de 240.000 psi (16.874 kg/cm²), una capa uniforme de un espesor de

5 0,0007 pulgadas (0,0178 mm) aproximadamente del lubricante inhibidor de la corrosión antes descrito mezclado (una mezcla 50:50) con una dispersión de politetrafluoroetileno que contiene el 60 % en peso de sólidos y un revestimiento ajustado y uniforme de nylon 610 de 0,01

10 pulgadas (0,25 mm) de espesor aplicado mediante un troquel de extrusión del tipo de turbina. El coeficiente de fricción entre el alambre y el revestimiento es de 0,08. Se vierte en el molde un hormigón con una resistencia a la compresión del orden de 5000 psi (351 kg/cm²) una vez fraguado y se deja endurecer. Entonces se colocan alrededor de cada extremo sobresaliente de cada varilla unos manguitos metálicos que miden 0,125 pulgadas (3,17 mm) de diámetro interno; cada manguito va provisto de 4 tornillos sujetadores roscados en su interior a lo largo de su longitud. Los tornillos sujetadores de

15 los manguitos que se extienden a lo largo de un extremo de la losa están todos sujetos contra los correspondientes extremos sobresalientes de las varillas. Los extremos sobresalientes opuestos son estirados individualmente (el gato agarra el alambre desnudo de la varilla) hasta una tensión de 1000 libras (454 kg), imponiendo con

20

25



1 ello un esfuerzo de 200.000 psi (14.061 kg/cm²) sobre
cada alambre. Mientras se mantiene el esfuerzo, el man
guito metálico se mueve hasta ponerse en contacto con
el ángulo de hierro y los tornillos sujetadores se
5 aprietan contra la varilla para mantener el esfuerzo
(excepto la disminución debida al arrastre) cuando se
interrumpe la fuerza de estirado. Para determinar la
capacidad de carga de la losa, se sostiene por sus ex-
tremos mediante unos bloques de 4 x 4 x 4 pulgadas
10 (10,1 x 10,1 x 10,1 cm) y se carga en el centro. La
losa que descansa sobre los bloques soporta una carga
de 425 libras (192,7 kg) antes del agrietamiento ini-
cial y de 750 libras (340,2 kg) antes de que el hormi-
gón se rompa.

15 Estos ejemplos se repiten utilizando polietileno
en un caso y un copolímero de etileno/ácido metacríli-
co, como el descrito en la patente estadounidense nú-
mero 3.264.272 de Rees, en otro caso, en lugar del re-
vestimiento de nylon, obteniéndose prácticamente los
20 mismos resultados.

En otra aplicación, se construye un molde para
una losa que mide 32 x 64 x 1,5 pulgadas (81,3 x 162,6 x
3,81 cm) y se disponen dos varillas en su interior para
formar la disposición de varillas mostrada en la Figu-
25 ra 7, en un plano situado aproximadamente en el centro



1968

1 de la dirección de 1,5 pulgadas (3,8 cm). Cada varilla consta de un alambre de acero al carbono estirado en frío, de 0,050 pulgadas de diámetro (1,27 mm), con un límite de elasticidad de 300.000 psi (21.092

5 kg/cm²), una capa uniforme de la mezcla de lubricante inhibidor de la corrosión y dispersión de politetrafluoretileno antes descrita que mide alrededor de 0,005 pulgadas (0,127 mm) de espesor y un revestimiento ajustado y uniforme de nylon 610 de 0,010 pulgadas (0,25 mm) de espesor. Los cambios de dirección

10 (totalizando 450° para cada varilla) en la disposición de varillas se forman pasando las mismas alrededor de tubos de 6 pulgadas (15,2 cm) de diámetro. En el molde se vierte un hormigón con una resistencia a la compresión del orden de 5000 psi (351,5 kg/cm²) y se deja endurecer. Las varillas se tensan y se sujetan en la forma descrita en el párrafo anterior, con la fuerza de estirado de 470 libras (213,2 kg) en un extremo de cada varilla produciendo una fuerza del orden de

15 400 libras (181,4 kg) en cada uno de los extremos opuestos de la misma. Estas dos varillas añaden 1,17 libras/pie² (5,71 kg/m²) a la capacidad de carga uniforme de la losa de hormigón. Cuando el número de varillas análogamente postensadas aumenta a 20 en una

20 disposición como la mostrada en la Figura 15, a excep-

25



1968

1 ción de que las varillas vuelven al extremo de salida
de la losa como se muestra en la Figura 17, la capaci-
dad de carga uniforme de la losa aumenta en 11,7 li-
bras/pie² (57,11 kg/m²).

5 Como pueden practicarse muchas realizaciones de
este invento, en apariencia ampliamente diferentes,
sin apartarse del espíritu y alcance del mismo, debe
entenderse que este invento no está limitado a las rea-
lizaciones específicas del mismo a excepción de los ca-
10 sos definidos en las reivindicaciones anejas.

 En resumen, la Patente de Invención que se soli-
cita, recaerá sobre las siguientes:

15

20

25



REIVINDICACIONES

1

1. Perfeccionamientos introducidos en la fabrica-
ción de varillas postensadas para estructuras de hormigón
que se extienden en su interior, caracterizados dichos
perfeccionamientos porque las varillas comprenden un alam
bre postensable uniformemente alargado y un material plas-
tico que recubre ajustada y uniformemente el alambre.

5

2. Perfeccionamientos según la Reivindicación 1,
caracterizados porque el coeficiente de fricción entre di-
cho alambre y dicho revestimiento no es mayor de 0,09.

10

3. Perfeccionamientos según las Reivindicaciones 1
ó 2, caracterizados porque el espesor del revestimiento de
material plástico no es mayor de 0,05 pulgadas (1,27 mm).

4. Perfeccionamientos según la Reivindicación 1,
caracterizados porque se encuentra presente un lubricante
en la interfase entre el alambre y el revestimiento para
proporcionar un coeficiente de fricción entre los mismos
no superior a 0,09.

15

5. Perfeccionamientos según la Reivindicación 4, ca-
racterizados porque el lubricante está incorporado al mate-
rial plástico de revestimiento.

20

6. Perfeccionamientos según la Reivindicación 5, ca-
racterizados porque se incorpora al material plástico de
revestimiento de polihexametilensebacamida un 1-5% de acei-
te de silicona.

25



- 1 7. Perfeccionamientos según la Reivindicación 4, caracterizados porque el lubricante está en forma de una capa uniforme sobre dicho alambre, teniendo dicha capa de lubricante un espesor no superior a 0,012 pulgadas (0,305 mm).
- 5 8. Perfeccionamientos según la Reivindicación 7, caracterizados porque el lubricante es una capa de polímero de tetrafluoretileno.
9. Perfeccionamientos según la Reivindicación 7, caracterizados porque el lubricante es una capa constituida por una mezcla de un agente reductor químico, un agente dispersante y un aceite hidrocarbonado mezclado con una dispersión de politetrafluoretileno.
- 10 10. Perfeccionamientos según las Reivindicaciones 1-9, caracterizados porque el diámetro de dicho alambre no es mayor de 0,3 pulgadas (7,62 mm).
- 15 11. Perfeccionamientos según las Reivindicaciones 1-10, caracterizados porque la tensión en un extremo de la varilla es del orden del 70% de la tensión en el extremo opuesto de la misma.
- 20 12. Perfeccionamientos según las Reivindicaciones 1-11, caracterizados porque la varilla recorre una trayectoria con cambio de dirección dentro de la estructura de hormigón, siendo el ángulo total de arrollamiento de la trayectoria invertida de 180° por lo menos.
- 25 13. Perfeccionamientos introducidos en la fabrica-



1 ción de varillas postensadas para estructuras de hormigón,
 caracterizados porque las varillas estan constituidas por
 uno o más alambres postensables, un material plástico recu-
 briendo el alambre ajstada y uniformemente y un lubricante
 5 colocado en la interfase entre el alambre y el revestimiento
 para proporcionar un coeficiente de fricción entre ambos no
 superior a 0,09.

14. Perfeccionamientos según la Reivindicación
 13, caracterizados porque las varillas estan, constituidas
 10 por una pluralidad de alambres, conectados integralmente
 mediante un puente relativamente delgado del mismo material
 plástico.

15. Perfeccionamientos de acuerdo con las rei-
 vindicaciones 1 a 14, caracterizados porque se mantiene el
 15 hormigón que contiene la varilla bajo compresión encajando
 cada extremo sobresaliente de la varilla en una funda que
 se apoya sobre el hormigón aplicando una fuerza tensionadora
 al alambre de la varilla, y ondulando la funda y los extremos
 sobresalientes de la varilla encajados en ella en una serie
 20 de cambios de dirección suficientemente para mantener el alam-
 bre en la condición tensada al aflojar la fuerza tensionadora.

16. Se reivindica por ultimo como objeto sobre
 el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:
 "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LA FABRICACION DE VARILLAS
 25 POSTENSADAS PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON".



1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en
la presente Memoria descriptiva que consta de treinta y
ocho páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

5

Madrid, 15 de Marzo 1968

BERNARDO UNGRIA

p.p.

10

15

20

25

354.663



Fig. 1.

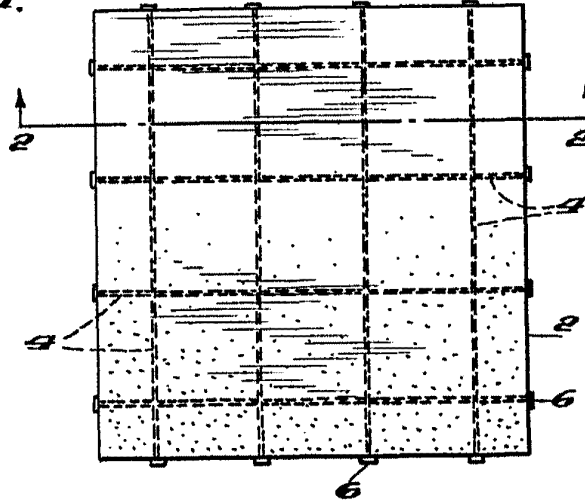


Fig. 2.

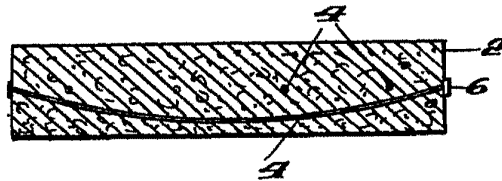


Fig. 3.

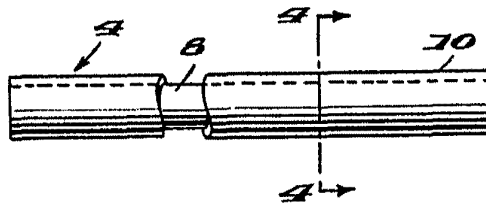


Fig. 4.

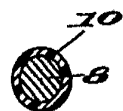
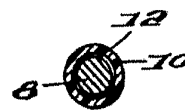


Fig. 5.

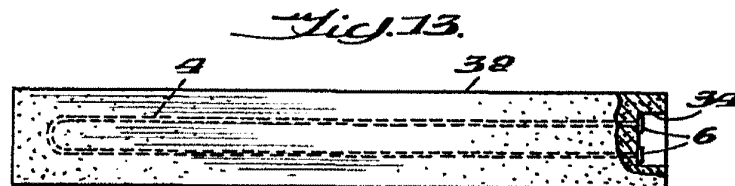
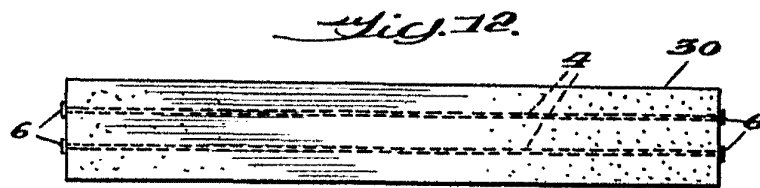
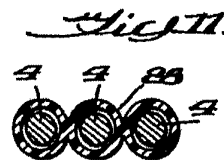
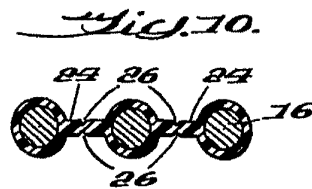
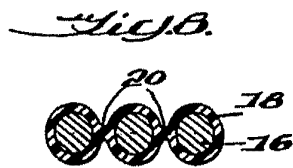
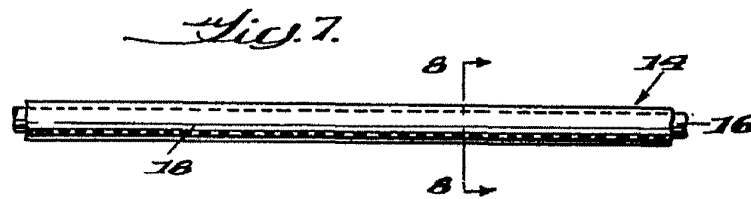
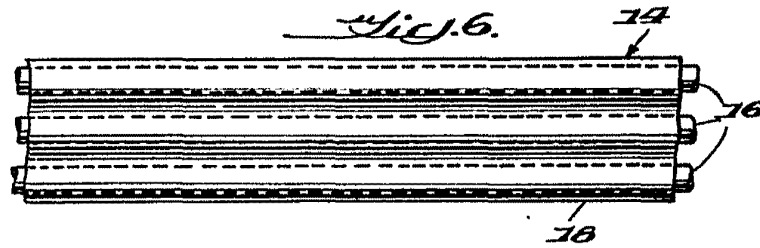


ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 19 68
BERNARDO UNGRÍA
P. P.

351.663



1968



ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 1968
BERNARDO UNGRIG
P.A.

351.663



1968

Fig. 14.

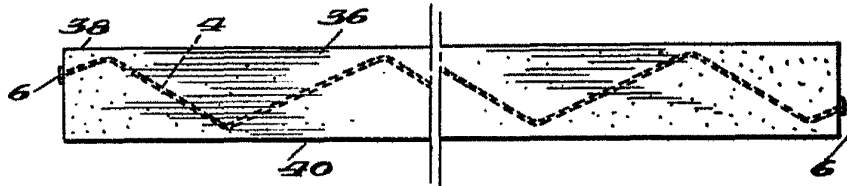


Fig. 15.

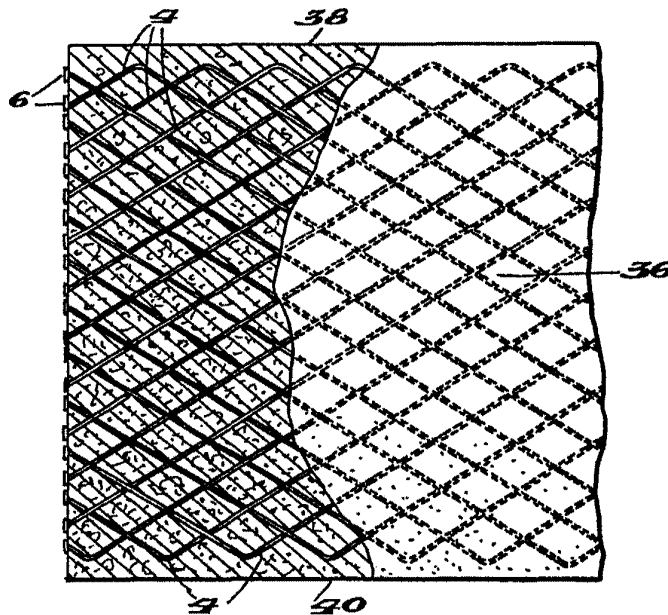
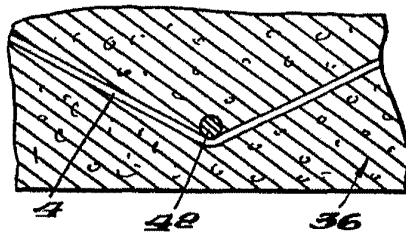


Fig. 16.



ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 1968
BERNARDO UNGRÍA
P. P.

351.663



1968

Fig. 77.

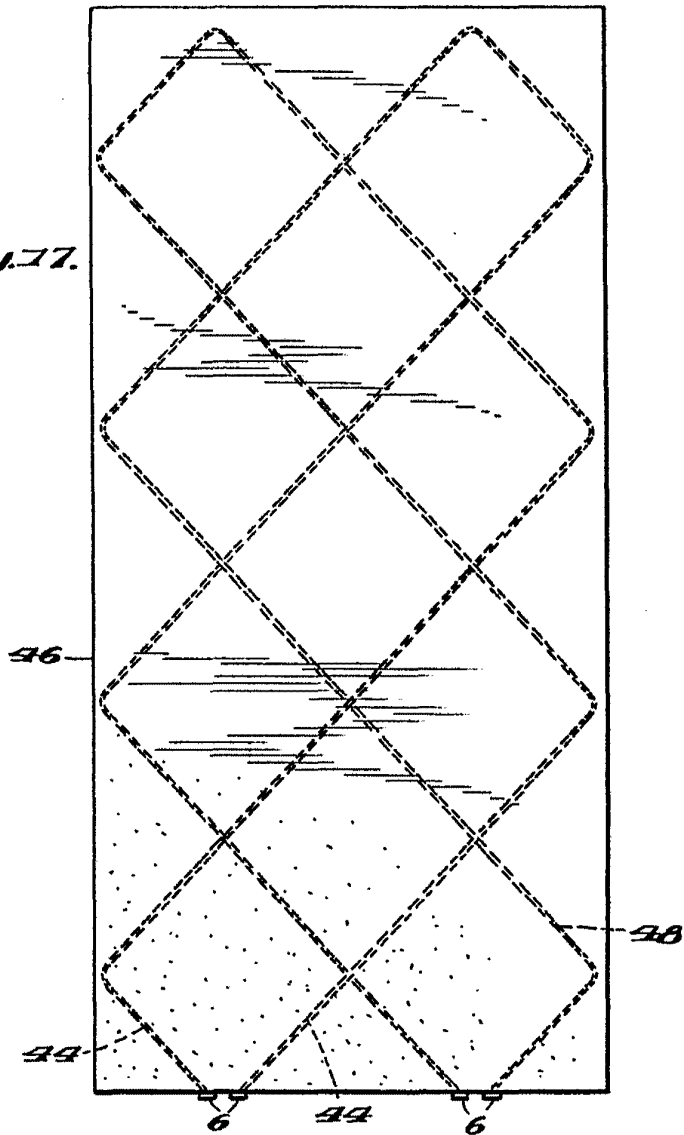
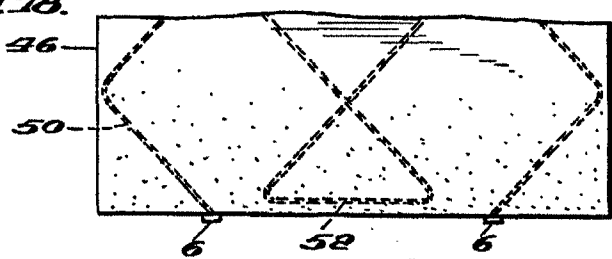


Fig. 78.



ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 1968.
BERNARDO UNGRÍA
P. P.

359.663



1968

Fig. 19.

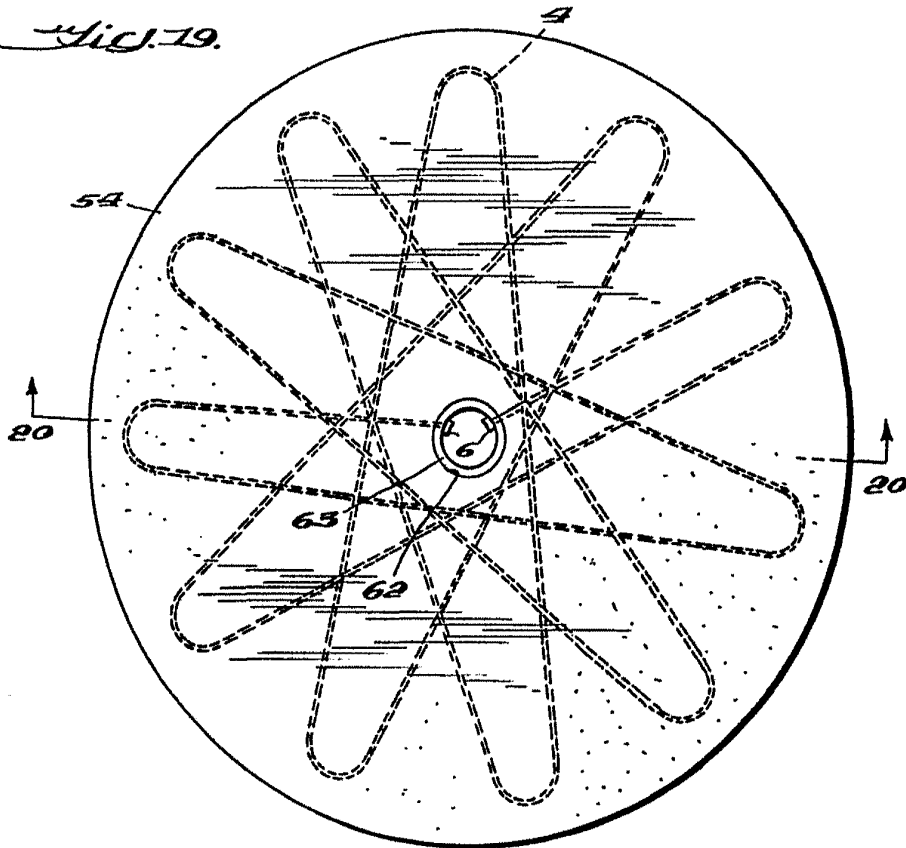
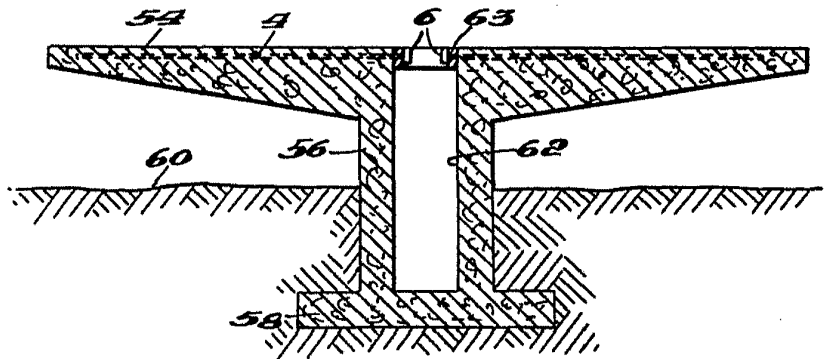


Fig. 20.



ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 1968
BERNARDO UNGRÍA
R.P.

351.665



1968

Fig. 23.

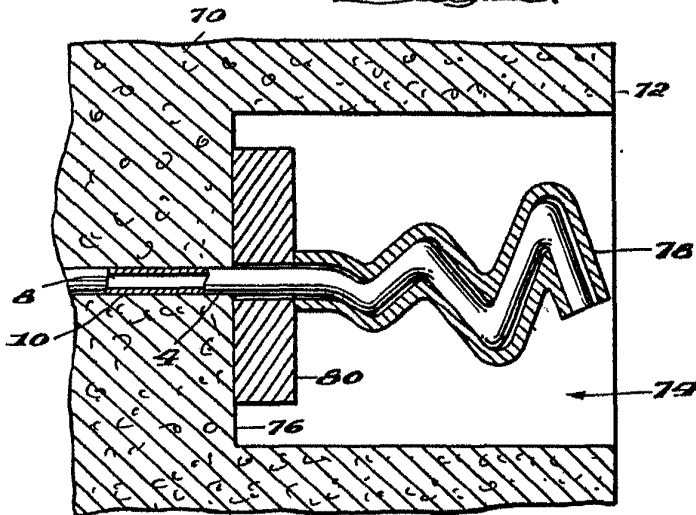


Fig. 24.

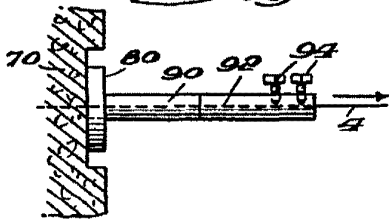


Fig. 25.

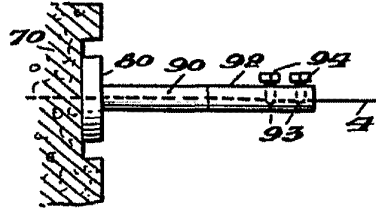


Fig. 27.

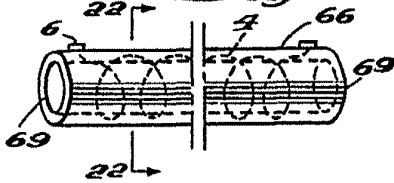


Fig. 22.

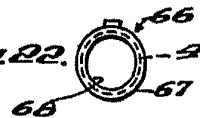
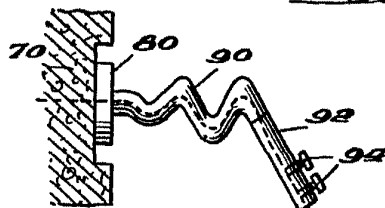


Fig. 26.



ESCALA VARIABLE
MADRID, 15 DE Marzo DE 1968
BERNARDO UNGRÍA
P. E.