

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo  
con los datos que figuran en la pre-  
sente descripción y según el con-  
tenido de la memoria (10) ES

30 OCT. 1978

(11) NUMERO	459.752	(16) A1
(21)		
(22) FECHA DE PRESENTACION	14-6-1977	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
24770/76	15-6-76 /	Gran Bretaña

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	R16L	

(54) TITULO DE LA INVENCION
"UN METODO PERFECCIONADO DE TENDER UNA CONDUCCION EN ALTA MAR CON UN BUQUE DE TENDIDO DE CONDUCCION"

(71) SOLICITANTE (S)
FINN CHRISTIAN MICHELSEN y WILLEN JAN TIMMERMANS (FA.8157)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
1) 63 Rue de Moulin, La Hulpe, Bélgica y 2) 1011 Caspian Lane, Houston, Texas 77090, Estados Unidos de América

(72) INVENTOR (ES)
Los mismos solicitantes

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P-66.128)

1 El presente invento se refiere al tendido de conduc  
ciones en alta mar. Usualmente las conducciones en alta mar  
son tendidas por un buque para el tendido de conducciones.  
Las secciones de conducción o de tubo se sueldan entre sí  
5 en el buque y todo el tubo montado es alimentado por encima  
de la popa del buque al agua a medida que el buque avanza.  
El tubo desciende por su propio peso hasta el fondo del mar  
y la parte del tubo que se extiende desde el buque de tendi  
do hacia abajo, hasta el punto de contacto con el fondo del  
10 mar, tiene, típicamente, una configuración en S. La curva  
superior de esta configuración en S, está soportada usual-  
mente para impedir que se produzcan esfuerzos excesivos en  
el tubo en esta curva debido a una curvatura excesiva. Los  
soportes depopa y aparatos de soporte similares son bien  
15 conocidos para este propósito. Sin embargo, por debajo de  
la curva superior, el tubo queda suspendido con frecuencia  
sin soporte alguno; y la magnitud de curvatura en la curva  
inferior de la configuración en S, o "curva de flecha", es  
controlada manteniendo la tensión en la conducción. En otra  
20 disposición, el extremo del tramo de tubo en el buque puede  
estar soportado verticalmente o formando un ángulo relativa-  
mente próximo a los  $90^{\circ}$ , de modo que no exista curva supe-  
rior y el tubo adopte una configuración a modo de J, con  
solamente curva de flecha. En una u otra disposición, la  
25 tensión incrementada aumenta la longitud del tubo suspen-  
dido, haciendo que se levante una mayor longitud de tubo del  
fondo del mar, y reduce la curvatura en la curva de flecha.  
Si la tensión se reduce demasiado, la curvatura de flecha  
se hace excesiva, superando eventualmente los límites de es  
30 fuerzo del tubo y dando lugar a un codo o fractura.

1 El presente invento está relacionado más particu-  
larmente con el tendido de tubo que incluya la operación de  
vigilar ciertos parámetros críticos de la longitud de tubo  
suspendida con vistas a reducir el riesgo de que se produzcan  
5 daños en el tubo durante las operaciones de tendido. Puede  
considerarse que todos los parámetros del tubo suspendido  
que resulta deseable vigilar caen bajo el concepto de "pa-  
rámetros de esfuerzo", ya que es necesario un conocimiento  
de los esfuerzos o tensiones existentes en las paredes del  
10 tubo si debe reducirse al mínimo el riesgo de daños para el  
tubo. Sin embargo, se entenderá que un conocimiento de los  
esfuerzos en el tubo puede venir dado por los valores de  
curvatura del tubo, el momento de flexión y/o las fuerzas  
de cizalladura y las fuerzas axiales existentes en el tubo.  
15 Así, cuando se utiliza en lo que sigue la expresión "pará-  
metro de esfuerzo de tubo suspendido" debe entenderse que  
bajo esa expresión se incluyen uno o una combinación de los  
siguientes parámetros: curvatura del tubo, momento de fle-  
xión, fuerza de cizalladura y fuerza axial.

20 En el artículo titulado "Tendidos submarinos con  
ayuda de sistemas aeroespaciales", en la edición del 14 de  
octubre de 1974 del periódico "The Oil & Gas Journal" se ha  
propuesto un sistema para vigilar la configuración de un tu-  
bo suspendido durante el tendido. En ese artículo, se propo-  
25 ne emplear una computadora para determinar la configuración  
del tubo suspendido, el ángulo de separación del tubo respec-  
to del soporte, los momentos que se producen en el tubo y  
también las fuerzas y las tensiones a lo largo de la conduc-  
ción entre el punto de contacto con el fondo del mar, hasta  
30 el sistema de soporte y a lo largo de él. El artículo no

1 entra en grandes detalles, estableciendo simplemente que du-  
rante las operaciones de tendido se requiere, para la opera-  
ción del sistema, información sobre la profundidad del agua,  
la tensión del tubo y las corrientes de agua, Con el fin de  
5 calcular los parámetros de esfuerzo deseados en el tubo sus-  
pendido, se ha encontrado conveniente crear un modelo mate-  
mático de la conducción suspendida, que puede resolverse si  
se fijan ciertas condiciones límites. Estas condiciones lí-  
mite determinan qué información de la que describe el estado  
10 físico del tubo suspendido se requiere para realizar los ne-  
cesarios cálculos, de modo que puedan vigilarse los esfuer-  
zos en el tubo. Del artículo publicado antes señalado, re-  
sulta evidente que son necesarios conocimientos sobre la pro-  
fundidad del agua y la tensión del tubo para calcular los  
15 esfuerzos del tubo suspendido. El artículo parece suponer  
que el fondo del mar es plano en la región en que se tiende  
el tubo, de modo que es suficiente un conocimiento de la  
profundidad del agua en esa región. Sin embargo, en la prác-  
tica tal suposición no es válida para un terreno típico en  
20 el que se tienden tubos. En la práctica, existe comúnmente  
una distancia considerable, en la dirección horizontal, en-  
tre la posición del buque en el sentido del tubo y el punto  
de contacto del tubo. La profundidad del agua en el punto  
de contacto puede ser significativamente diferente de la  
25 existente en el lugar en que se encuentra el buque de tendi-  
do. Además, el fondo del mar en el punto de contacto, común-  
mente, no es plano. Se comprenderá que la pendiente del fon-  
do del mar en el punto de contacto es importante, ya que de-  
fine el ángulo con la horizontal en que descansa la conduc-  
ción sobre el fondo, y del que debe desviarse el tubo sus-  
30

1       pendido en la curva de flecha. Se ha encontrado indeseable  
suponer que el fondo del mar es plano cuando se definen las  
condiciones límites para determinar los esfuerzos en el tu-  
bo suspendido.

5               Un objeto del presente invento es permitir la vigi-  
lancia de parámetros de esfuerzos en condiciones de profun-  
didad variable.

10               En consecuencia, el presente invento proporciona un  
método de tender una conducción en alta mar con un buque de  
tendido de conducciones que incluye la operación de vigilar  
por lo menos uno de los siguientes parámetros de esfuerzos  
del tubo suspendido: curvatura, momento de flexión, fuerza  
de cizalladura y fuerza axial, detectando la profundidad  
del agua en el lugar que se encuentra el buque, la tensión  
15       existente en el tubo en el buque, y la distancia recorrida  
por el buque a lo largo de su trayectoria, almacenar datos  
relativos a la profundidad del agua y a la distancia recorri-  
da para proporcionar valores históricos de la profundidad  
del agua con relación a posiciones anteriores del buque, cal-  
20       cular a partir de tales valores históricos de la profundi-  
dad del agua y de los últimos valores de la tensión del tu-  
bo, el o cada uno de dichos parámetros de esfuerzo del tu-  
bo suspendido y presentar el o cada parámetro calculado pa-  
ra vigilancia.

25               Almacenando los datos relativos a la profundidad del  
agua y a la distancia recorrida a medida que el buque se des-  
plaza con relación al fondo del mar, se proporciona un regis-  
tro de la profundidad del agua a distintas distancias por de-  
trás del buque, Este registro de profundidades del agua pue-  
30       de utilizarse luego, junto con los datos de la tensión del

1 tubo, para proporcionar condiciones límite para un modelo matemático utilizado para definir el tubo suspendido. El modelo es resuelto luego para calcular el parámetro o los parámetros de esfuerzo requeridos.

5 Puede utilizarse un proceso iterativo al calcular el parámetro de esfuerzo requerido. Puede realizarse una primera estimación de la distancia a que se encuentra por detrás del buque el punto de contacto del tubo con el fondo del mar. La profundidad del agua en este punto de contacto estimado se obtiene a partir de los datos almacenados y la pendiente del fondo del mar en este punto en la dirección del tubo se calcula a partir de los valores de la profundidad del agua cerca de este punto de contacto estimado. Estos valores de profundidad del agua y de pendiente del fondo se utilizan entonces para fijar condiciones límite en el modelo matemático que define el tubo suspendido y se resuelve el modelo para proporcionar, entre otros resultados, una posición más precisa del punto de contacto. La operación de iteración antes descrita puede repetirse entonces empleando este nuevo punto de contacto. Sin embargo, se ha encontrado que puede realizarse una primera estimación suficientemente buena del punto de contacto para hacer otras iteraciones después de la primera innecesaria.

15 El parámetro de esfuerzo que se calcula al poner en práctica el invento puede ser el radio de curvatura de la longitud de tubo suspendida a una distancia seleccionada a lo largo del tubo desde el buque de tendido. Sin embargo, es preferible calcular la curvatura del tubo en varios puntos a lo largo de la longitud suspendida para proporcionar una imagen global de la configuración del tubo. Claramente,

1 la curvatura del tubo a lo largo de la longitud suspen-  
dida está relacionada con los esfuerzos existentes en el  
tubo y puede emplearse el conocimiento de la curvatura  
del tubo para determinar si la conducción corre riesgos.  
5 Sin embargo, pueden calcularse valores de esfuerzos  
reales en el tubo en la longitud suspendida suponiendo  
que son conocidas características tales como el diámetro  
del tubo, el espesor de pared, etc, del tubo que está  
siendo tendido.

10 El método del presente invento descrito  
hasta ahora permite solamente el cálculo de parámetros  
de esfuerzo en el tubo en el plano vertical que contiene  
la trayectoria de desplazamiento del buque. Si el buque  
se está moviendo en una línea recta, tendiendo una  
15 conducción recta, y no existe corriente alguna de agua  
o la que existe es despreciable, en dirección transver-  
sal, puede esperarse que la desviación lateral de la con-  
ducción suspendida entre el buque y el fondo del mar sea  
mínima y, por tanto, puede ignorarse. Sin embargo, cuan-  
do se está tendiendo tubo a lo largo de una trayectoria  
curva, o existen corrientes cruzadas significativas que  
puedan desviar el tubo suspendido, puede ser conveniente  
determinar la configuración del tubo en el plano horizon-  
20 tal. Además, pueden presentarse situaciones en el tendido  
de tubos en las que el buque de tendido esté orientado  
formando un pequeño ángulo con respecto a la conducción  
tendida, aunque quizás esté tendiendo el tubo según la  
línea recta. Tal orientación exige que el tubo suspen-  
25 dido entre el buque y el fondo del mar se curve en el  
30

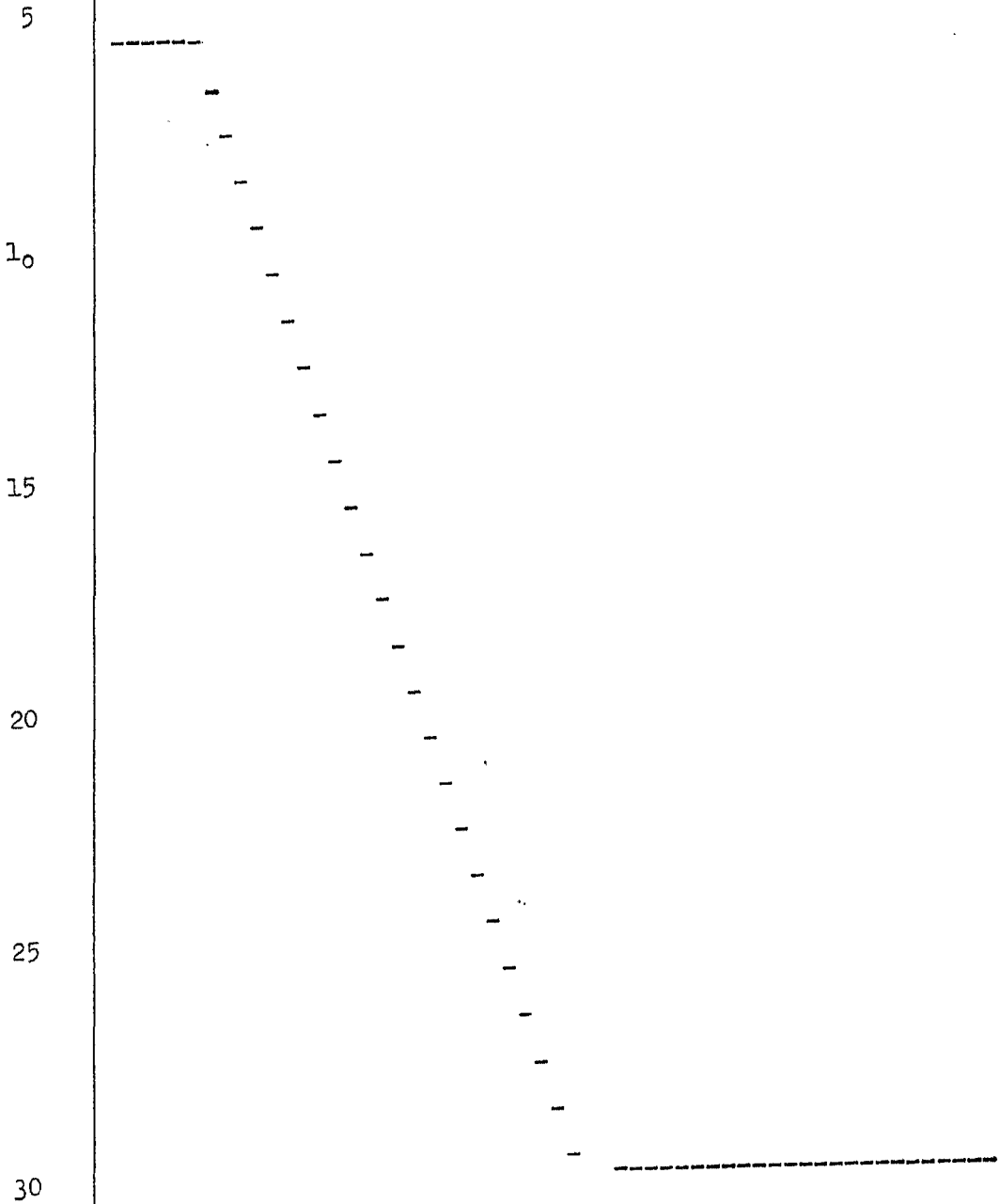
1 plano horizontal, dando lugar por tanto a componentes de  
esfuerzo horizontales en el tubo.

5 Así, el método del presente invento incluye  
preferiblemente las operaciones de determinar la posición  
en el plano horizontal del buque de tendido con relación  
a la conducción ya tendida en el fondo y la diferencia de  
rumbo entre el buque de tendido y la línea del tubo ya ten-  
10 dida en el fondo del mar. En ausencia de corrientes de  
agua transversales importantes, los datos proporcionados  
por estas otras operaciones permiten resolver un modelo  
matemático de la longitud suspendida de tubo en tres dimen-  
siones. Pueden calcularse las componentes en el plano hori-  
zontal de los parámetros: curvatura, momento de flexión y  
15 esfuerzo de cizalladura.

El método puede incluir la operación adicio-  
nal de percibir la componente de corriente de agua trans-  
versal con relación al rumbo del buque de tendido y, de  
preferencia, también la componente paralela al rumbo. En-  
20 tonces, cuando el coeficiente de resistencia del tubo que  
está siendo tendido es conocido, puede considerarse la  
fuerza lateral de la conducción producida por la corriente  
de agua, resolviendo el modelo matemático del tubo suspen-  
25 dido.

El método del presente invento pretende, además,  
determinar el movimiento del buque de tendido en respuesta  
al movimiento de las olas y calcular la respuesta dinámica  
de la conducción suspendida a tal movimiento del buque en  
30

1 respuesta a las olas. El movimiento del buque en respuesta  
a las olas puede determinarse determinando el espectro de  
las olas en el mar circundante, calculando las amplitudes  
de una combinación de olas regulares, separadas, de distin



1       tas frecuencias, proporcionando la energía total equivalen-  
te del espectro de las olas y determinando el movimiento del  
buque en respuesta a cada una de dichas frecuencias de olas  
regulares separadas.

5               Así, el espectro del movimiento del buque puede  
determinarse a partir del espectro de olas medido en el mar  
circundante y los operadores de amplitud de respuesta del  
buque. A partir de los espectros de movimiento, una compu-  
tadora calcula los espectros de tensiones dinámicas en la  
10       conducción suspendida. Haciendo uso de una predicción de  
olas, puede también analizarse un futuro anticipado.

      Cuando se da por terminada una operación de tendido  
de tubo, bien al acabarse la conducción o, temporalmente, du-  
rante condiciones de tiempo excesivamente malo, es normal  
15       abandonar el tubo montado hasta entonces uniendo un cable  
al extremo de la conducción del buque y dejando bajar luego  
ese extremo hasta el fondo. Se entenderá que, como es nor-  
mal en el tendido de tubería, es importante asegurar que se  
mantiene una tensión suficiente en la parte suspendida del  
20       tubo, entre el punto de contacto y la unión con el cable  
para impedir la curvatura excesiva en el tubo. El método  
del presente invento puede utilizarse durante este proceso  
de abandono del tubo para vigilar el estado de la parte sus-  
pendida del mismo. Además, el método puede utilizarse en  
25       forma similar cuando el tubo abandonado es recuperado para  
continuar el tendido del mismo.

      A partir de la siguiente descripción de un ejemplo  
del invento, que se hace con referencia a los dibujos ane-  
jos, puede tenerse una mejor comprensión del invento. En  
30       los dibujos:

1                    la figura 1 es una representación esquemática hí-  
brida que proporciona dos vistas de un buque de tendido de  
tubos dotado de un aparato de vigilancia del tubo, junto  
con un diagrama esquemático de bloques que ilustra el orga-  
5                    nigramma lógico general del sistema de vigilancia; y

                  la figura 2 es un diagrama esquemático de bloques  
del equipo físico de tratamiento del sistema de vigilancia.

                  Considerando en primer lugar la figura 1, en ella  
se muestran una vista en planta 10 y una vista en alzado  
10                  20 de un buque de tendido de tubos dotado de un aparato de  
vigilancia. El buque es, esencialmente, una barcaza semi-  
sumergible que comprende una cubierta principal 21 soporta-  
da por columnas 23 en un par de flotadores 22 espaciados, de  
los que solamente se representa en la vista 20 el más pró-  
15                  ximo. Durante las operaciones de tendido de tubo, la flota-  
ción de la barcaza se controla de manera que el nivel del  
agua se encuentre, por lo menos, a media altura de las co-  
lumnas 23. Entonces, el volumen principal sumergido del bu-  
que se encuentra por debajo de la región de la turbulencia  
20                  de las olas en el mar, de manera que la respuesta del buque  
al movimiento de las olas se reduce en gran manera. Se enten-  
derá que es importante para las operaciones de tendido de  
tubo que el buque de tendido de tubo proporcione una plata-  
forma estable en la que puedan soldarse entre sí y alimen-  
25                  tarse luego sobre la popa las secciones de tubo.

                  En el buque de la figura 1, las secciones de tubo  
se sueldan entre sí a lo largo de una línea geométrica cen-  
tral 11 del buque. Cada vez que se suelda una nuevo tramo de  
tubo a la conducción montada, el buque es hecho avanzar en  
30                  una magnitud apropiada y se permite que la conducción desli-

1 ce hacia atrás fuera del buque, sustancialmente en una lon-  
gitud igual a la longitud de la sección añadida. Con el fin  
de impedir daños a la conducción en su longitud suspendida  
entre el buque y el fondo del mar, la conducción es manteni-  
5 da bajo tensión por tensores 12. El buque, en sí mismo, es  
mantenido en posición con relación al fondo del mar median-  
te una serie de anclas. Los sistemas de amarre para buques  
de tendido de tubos son bien conocidos en la técnica. Pueden  
10 proporcionarse uno o más tensores 12 y los mismos pueden es-  
tar dispuestos para dejar caer el tubo hacia fuera, hacia  
atrás, a lo largo del buque, o para tirar del tubo, según  
sea apropiado, con el fin de mantener la tensión en el tu-  
bo entre límites fijados. Así, si la tensión en el tubo au-  
menta hasta el límite superior, el tensor dejará que la con-  
15 ducción se mueva hacia atrás con relación al buque, hasta  
que la tensión quede otra vez entre los límites. Inversamen-  
te, si la tensión cae por debajo del límite inferior, el  
tensor tirará del tubo sobre el buque para hacer subir de  
nuevo el valor de la tensión. Si el sistema de amarre del  
20 buque es controlado en forma correcta para mantenerlo esta-  
cionario, tiene lugar poco o ningún movimiento del tubo con  
relación al buque, lo cual es importante cuando se sueldan  
nuevas secciones en la conducción.

El buque representado en la figura 1 está dotado  
25 de una rampa 13 que se extiende hacia atrás del mismo. La  
rampa 13 es una estructura rígida diseñada para soportar  
la conducción a medida que ésta abandona el buque en la cur-  
va superior. Las estructuras para este propósito son bien  
conocidas en la técnica. Después de abandonar la rampa 13,  
30 la conducción queda suspendida libremente en el agua hasta

1 que toca el fondo del mar. Entre el buque y el fondo del  
mar, el tubo tiene una configuración en S, estando la cur-  
va superior de la S soportada por la rampa 13 de popa y  
estando la curva inferior o "curva de flecha" sin soporte  
5 alguno hasta que el tubo toca el fondo del mar. Como se ha  
explicado previamente en esta memoria, el presente invento  
está relacionado particularmente con la vigilancia, durante  
el tendido del tubo, de los parámetros de esfuerzos de la  
longitud suspendida del mismo. Vigilando el esfuerzo en el  
10 tubo durante la operación de tendido, pueda tomarse una  
acción correctora para aliviar el esfuerzo en la conducción  
suspendida antes de que exista posibilidad de dañar a la  
conducción.

15 Como se ha explicado, las operaciones esenciales  
para vigilar los parámetros de esfuerzo del tubo son detec-  
tar la distancia recorrida en avance por el buque 10 simul-  
táneamente con la profundidad del agua en el lugar en que  
se encuentra el buque y, también, la tensión del tubo. Los  
valores de profundidad del agua se almacenan junto con los  
20 valores de distancia de movimiento para el buque, propor-  
cionándose así un un registro de profundidad del agua en  
posiciones previas del buque. Tal registro de la profundi-  
dad del agua por detrás del buque hace posible que los pará-  
metros del tubo suspendido sean calculados con gran preci-  
25 sión. Especialmente en aguas profundas, el punto de contac-  
to del tubo en el fondo del mar puede encontrarse a una dis-  
tancia considerable por detrás del buque de tendido del tu-  
bo. Así, a no ser que se suponga plano el fondo del mar, la  
profundidad del agua en el punto de contacto es normalmen-  
30 te distinta de la profundidad del agua en el lugar en que

1 se encuentra el buque. El registro de valores históricos de  
la profundidad por detrás del buque permite una estimación  
más exacta de la profundidad del agua en el punto de contac-  
to. Además, se apreciará que el ángulo con la horizontal en  
5 que descansa el tubo cuando se encuentra en el fondo, propor-  
ciona una condición límite importante para determinar de ma-  
nera precisa los parámetros de esfuerzo en la longitud sus-  
pendida del tubo. A partir del registro de profundidades de  
agua, puede realizarse una estimación de la pendiente del  
10 fondo en el punto de contacto del tubo, proporcionándose así  
una indicación del ángulo con la horizontal del tubo sobre  
el fondo.

El lado derecho de la figura 1 es un diagrama es-  
quemático de bloques que ilustra el organigrama lógico total  
15 en este ejemplo descrito del invento. La primera columna de  
bloques en el dibujo, identificada por la flecha vertical  
30, enumera las diversas fuentes de datos que se utilizan  
para calcular los parámetros de esfuerzos en el tubo.

El bloque 31 superior en la columna 30 está identi-  
20 ficado como "sistema de referencia de posición horizontal".  
En el ejemplo específico, el buque de tendido de tubos está  
provisto de un sistema de navegación que determina de manera  
precisa y representa gráficamente la posición del buque. Así  
a partir de este sistema 31 de referencia de posición hori-  
25 zontal, se proporcionan datos que definen la longitud y la  
latitud del buque (bloques 61 y 62 en el dibujo). Asimismo,  
el sistema 31 de referencia de posición horizontal propor-  
ciona una fuente de datos que describen la profundidad del  
agua en el lugar en que se encuentra el buque. Una sonda de  
30 profundidad 24 proporciona información sobre la profundidad

1 del agua al sistema 31 de referencia de posición horizontal y estos datos de profundidad del agua son suministrados al presente sistema de vigilancia (véase bloque 63).

5 Las lecturas de profundidad del agua proporcionadas por el sistema 31 de referencia de posición horizontal son almacenadas. En el presente ejemplo, la profundidad bajo la barcaza se almacena después de cada movimiento de la barcaza en una distancia predeterminada. Pueden almacenarse un total de 50 valores de la profundidad. Así, si el incremento de distancia predeterminado se fija en 24 metros, se almacenan profundidades para una distancia de 1200 metros por detrás de la barcaza.

15 A partir de este registro de profundidades del agua, la profundidad del agua en el punto de contacto del tubo en el fondo del mar se estima en una forma que se describirá más adelante. Asimismo, se estima la pendiente del fondo en el punto de contacto. La profundidad del agua en el punto de contacto (bloque 64) y la pendiente del fondo en el punto de contacto (bloque 65) se emplean, como se explicará, para calcular los parámetros de esfuerzo del tubo suspendido.

20 Están disponibles otros diversos datos a partir del sistema 31 de referencia de posición horizontal, es decir, la longitud de cada sección del tubo soldada a la conducción (longitud de unión 66), la longitud total del tubo lanzada en el tramo (longitud 67 del tubo), el número de la última junta montada entre una nueva sección de tubo y la conducción montada (número 68 de junta), y el ángulo del rumbo del buque de tendido (rumbo de la barcaza 69). Algunos de estos datos adicionales se utilizan para realizar cálculos más exactos de los parámetros de esfuerzo del tubo o para pro-

1 pósitos de confirmación, como será evidente más adelante.

5 Otros datos proporcionados a partir de las fuentes existentes en el buque comprenden una segunda lectura del rumbo 70 de la barcaza, directamente a partir de un girocompás 32; la tensión del tubo medida en una célula de carga 33 en los tensores 12 del tubo (tensión en el tensor 71); la longitud del tubo lanzada, medida por un contador de tubo 34 en los tensores 12 (longitud 72 del tubo); la medición del calado en cada una de las cuatro esquinas del buque de tendido (bloque 73), proporcionada por los manómetros 35 en cada una de las cuatro esquinas de la barcaza; la corriente del agua con respecto al buque en dos direcciones en ángulo recto (bloque 74 y 75) y medida por un medidor fijo de corrientes 36 (y 25) bajo la barcaza; la hora y la fecha (bloque 76) proporcionados por un temporizador 47; las fuerzas de reacción horizontales y radiales (bloques 77 y 78) en los rodillos que soportan la conducción a lo largo de la rampa 13 de lanzamiento, proporcionadas por células de carga 38 (y 26) el período medio de olas 79 y la altura de olas significativa 80 proporcionadas por una boya 39 que flota sobre las olas.

25 Se proporcionan otros datos para uso en la vigilancia de los parámetros de esfuerzo del tubo durante el abandono o la recuperación de un tubo en el mar. Así, la tensión en el cable del chigre de abandono/recuperación (tensión 81 en el cable A/R) es proporcionada por una célula de carga 40 en el chigre A/R y la longitud de cable enrollada desde el tambor del chigre A/R (longitud 82 del cable A/R) es proporcionada por un contador de distancias 41, también en el chigre A/R.

30

26077

1 Finalmente, los datos relativos a las acciones de cabeceo 83 y de subida y bajada en vertical, 84, del buque de tendido de tubo en respuesta al movimiento de las olas, son proporcionados a partir de acelerómetros 42 y 43.

5 Las mediciones 73 de calado se emplean para calcular el ángulo de asiento del buque, es decir, cualquier actitud del buque con la popa para abajo o con la proa para abajo, y también el francobordo 86, cuyos datos se utilizan asimismo para calcular los parámetros de esfuerzo de tubo.

10 Todos los datos 66 a 85 son proporcionados por perceptores o por fuentes a bordo del buque, de modo que estos datos representan valores medidos actualizados, que pueden cambiar a medida que se mueve el buque. Sin embargo, son necesarios otros ciertos datos para realizar cálculos exactos de los esfuerzos del tubo. Tales datos adicionales incluyen detalles de los parámetros del tubo (bloque 90), es decir, constantes del tubo tales como dimensiones físicas, módulo de Young para el material del tubo, y los pesos específicos del material del tubo y cualquier revestimiento de hormigón, etc. Asimismo, pueden proporcionarse datos que definan diversos parámetros fijos del buque de tendido (parámetros 91 de la barcaza) junto con datos que definan la forma en que han de calcularse los parámetros de esfuerzos y cómo han de presentarse estos parámetros (parámetros 92 de control).

25 Pueden proporcionarse otros datos para calcular parámetros de esfuerzos del tubo, para los que exista un requisito para cambiar los datos sólo ocasionalmente durante la operación de tendido del tubo. Tales datos pueden alterarse manualmente e incluyen otros parámetros 93 de control,

30

1 es decir, funciones de presentación o cálculo de alteración,  
dirección 94 de las olas, es decir, el ángulo con respecto  
al rumbo del buque desde el que parecen llegar las olas, el  
5 primer número de junta de una nueva cualidad 95 del tubo,  
es decir, el número de la junta entre dos secciones de tubo  
en que comienza una clase diferente de tubo, las posicio-  
nes de los espectros 96 de momento de flexión (esto se expli-  
cará más adelante), el perfil 97 de la corriente, es decir,  
10 la forma en que la corriente de agua varía con la profundi-  
dad (esto puede determinarse a partir de un medidor de co-  
rriente suspendido bajo la superficie en un cable, pero los  
valores se introducen manualmente) y, finalmente, el último  
número de junta desde la cabeza 98 A/R (esto se refiere al  
cálculo de parámetros de esfuerzos durante el abandono o  
15 la recuperación del tubo).

En la figura 1 todos los datos proporcionados y  
antes descritos se alimentan a un bloque 50 que indica el  
organigrama lógico de cálculo o de cómputo. Los datos están  
20 todos almacenados en tablas 101 de entrada. Los datos son  
sacados de estas tablas para uso en una computación 102 de  
análisis estático, en la que se calcula la configuración del  
tubo suspendido ignorando cualesquiera efectos dinámicos  
producidos por el movimiento del buque de tendido del tubo  
resultante del movimiento de las olas. Entre otros paráme-  
25 tros, el análisis estático 102 calcula las coordenadas geo-  
gráficas del punto de contacto del tubo con el fondo del  
mar y estas coordenadas históricas 103 del punto de contac-  
to son también almacenadas en las tablas 101 de entrada pa-  
ra uso en un análisis subsiguiente. En una opción, los re-  
30 sultados del análisis estático del tubo son alimentados di-

1 rectamente a diversos dispositivos de presentación, es de-  
cir, la impresora 104, el terminal 105 de presentaciones grá-  
ficas y una unidad de copias 106. En lugar de presentar di-  
5 rectamente los resultados del análisis estático 102, estos  
resultados pueden utilizarse para realizar otro análisis  
(el análisis dinámico 107) durante el que se calculan los  
efectos sobre la longitud del tubo suspendida del movimien-  
to de la barcaza resultante del movimiento de las olas. Los  
resultados de este análisis dinámico son luego presentados.

10 En lugar de realizar el análisis estático 102,  
cuando se abandona o se recupera un tubo desde el fondo del  
mar, puede realizarse un análisis de abandono o de recupe-  
ración 108 para determinar la configuración del tubo sus-  
pendido del cable del chigre A/R. En este caso, se presen-  
15 tan los resultados del análisis 108.

Todos los datos conservados en las tablas de entra-  
da 101 pueden ser registrados (registro 109 de datos). Los  
datos registrados pueden entonces utilizarse en un momento  
posterior para fijar las condiciones límite para el análi-  
20 sis de una condición histórica.

En el presente ejemplo del invento, el cálculo de  
los parámetros de esfuerzo del tubo se realiza mediante una  
computadora digital. Asimismo, el almacenamiento de valores  
históricos de la profundidad del agua y de otros datos para  
25 uso en los cálculos se realiza también a través de la compu-  
tadora. Durante las operaciones de tendido de tubo, la com-  
putadora trabaja en un modo de "tiempo real" actualizando  
regularmente los datos en su memoria de acuerdo con los va-  
lores proporcionados a partir de los diversos perceptores  
30 en el buque de tendido de tubo. El análisis completo del

1 tubo suspendido tarda un período de tiempo finito, pero se  
ha encontrado posible completar un análisis dentro de un  
período de 10 minutos, haciendo así posible una presentación  
de los últimos parámetros de esfuerzo del tubo cada 10 minu-  
5 tos durante el tendido.

Haciendo referencia a la figura 2, en ella se re-  
presenta un diagrama esquemático de bloques de una configu-  
ración de equipo físico de esta realización del invento. Es-  
tán previstas dos computadoras 201 y 202. La computadora 202  
10 trabaja en un modo dependiente de la computadora 201. Los  
diversos datos proporcionados por los perceptores o detecto-  
res en el buque de tendido del tubo y por el sistema de re-  
ferencia de posición horizontal son suministrados a la com-  
putadora 201. Esta computadora explora regularmente los da-  
15 tos de entrada, escalonándolos y filtrándolos, según sea ne-  
cesario, y lleva a cabo la preparación inicial de los datos  
para darles una forma adecuada para analizar el tubo suspen-  
dido. Los datos completamente preparados se tabulan en la com-  
putadora 201. Esta preparación de los datos para análisis in-  
20 cluye la operación de selección, a partir de los valores his-  
tóricos almacenados de la profundidad del agua, de un valor  
de profundidad que defina la profundidad del agua en el pun-  
to de contacto del tubo. Esta operación implica el estimar  
la distancia a que se encuentra por detrás del buque el pun-  
25 to de contacto. Esta estimación se realiza en la computado-  
ra 201 calculando la distancia del punto de contacto por de-  
trás del buque en que una tangente desde la punta de la ram-  
pa 13 interseca a un plano horizontal que se encuentra a la  
misma profundidad que el agua bajo el buque, y sumando esta  
30 distancia una magnitud predeterminada. Esta magnitud adicio-

1 nal predeterminada se selecciona de manera que sea adecuada  
dependiendo de las condiciones medias esperadas durante la  
operación de tendido de tubo y de los parámetros del tubo  
que están siendo conservados. Esta primera estimación de la  
5 distancia del punto de contacto por detrás del buque se uti-  
liza para identificar la profundidad del agua en el punto  
de contacto seleccionada a partir del almacenamiento de pro-  
fundidades del agua en posiciones previas del buque. Además,  
los valores de la profundidad del agua a uno y otro lado de  
10 este punto de contacto estimado se utilizan para definir la  
pendiente del fondo en el punto de contacto estimado. Estos  
valores de la profundidad del agua y de la pendiente del fon-  
do se utilizan subsiguientemente para analizar la configura-  
ción del tubo suspendido. A partir de este análisis, se cal-  
15 cula una posición más precisa para el punto de contacto del  
tubo. Es posible emplear esta nueva posición del punto de  
contacto para identificar una profundidad de agua más exac-  
ta en el punto de contacto y una pendiente del fondo y repe-  
tir luego el análisis del tubo. Sin embargo, se ha encontra-  
20 do que la primera estimación del punto de contacto puede rea-  
lizarse con precisión suficiente para hacer innecesaria en  
la práctica una nueva repetición del análisis.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, los da-  
tos preparados tabulados en la computadora 201 son transfe-  
25 ridos a la computadora 202, en la que se emplean para defi-  
nir las condiciones límites de un programa de análisis. El  
método de analizar la configuración de este tubo suspendido  
implica crear un modelo matemático del tubo suspendido. La  
parte suspendida del tubo puede considerarse como una cate-  
30 naria rígida para el propósito del análisis. Sin embargo, se

1 ha encontrado conveniente calcular la configuración del tubo suspendido empleando un método de elementos finitos basado en la suposición de que el sistema suspendido puede dividirse en cierto número de pequeños elementos finitos unidos entre sí en nodos comunes. El análisis emplea entonces una técnica iterativa para estimar la configuración del tubo suspendido a partir de los datos medidos.

5 Como se ha mencionado antes, los datos medidos más importantes para definir el modelo matemático de manera que la configuración pueda ser analizada, son: la tensión del tubo, la profundidad del agua en un punto de contacto estimado y las características del tubo. Sin embargo, están también disponibles para mejorar la precisión del análisis los diversos otros datos descritos con referencia a la figura 1. Así, el asiento y el calado del buque de tendido pueden utilizarse para definir las condiciones en el extremo superior del tramo del tubo suspendido. Además, la forma en que afecta la corriente de agua, que puede variar con la profundidad a la configuración del tubo suspendido, puede ser también calculada.

15 En una forma sencilla, la configuración del tubo suspendido solamente puede ser calculada en un plano vertical. Especialmente, cuando el buque está tendiendo el tubo en línea recta, este cálculo en dos dimensiones sencillo puede proporcionar parámetros de esfuerzo con suficiente precisión. Sin embargo, especialmente cuando el buque está tendiendo tubo según una trayectoria curva y/o existen corrientes de agua significativas que pueden desviar el tubo suspendido, es deseable analizar la configuración del tubo suspendido en tres dimensiones, proporcionando por tanto una medi-

1 ción de la desviación lateral del tubo respecto de la ver-  
tical. Con el fin de realizar un cálculo tridimensional, es  
necesario tener un registro de los puntos de contacto del  
tubo previamente calculados. El presente ejemplo del invento  
5 almacena tales puntos de contacto previamente calculados co-  
mo se ha explicado en lo que antecede. A partir de tales pun-  
tos de contacto almacenados, puede calcularse la derrota del  
tubo que se está tendiendo en el fondo del mar, junto con  
la posición del tubo. Haciendo uso de los datos que definen  
10 el ángulo del rumbo del buque de tendido y la corriente de  
agua con respecto a la barcaza, puede realizarse entonces  
un completo análisis tridimensional de la configuración del  
tubo.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, en ella  
15 se representan varios periféricos de entrada/salida. Están  
previstos un lector 203 de cinta de papel, un perforador  
204 de cinta de papel y una termoimpresora 205, conectados  
para funcionamiento con cualquiera de las computadoras 201  
ó 202 bajo el control de un panel 206 selector de periféri-  
20 cos. Están previstas unidades 207 y 208 de memoria de dis-  
cos flexibles, una para trabajar con cada computadora. Una  
presentación gráfica 209 con una unidad 210 de copias y un  
panel 211 de control del operador están previstos para fun-  
25 cionar con la computadora 201. La presentación gráfica 209  
puede proporcionar una presentación en forma gráfica de la  
parte suspendida del tubo tanto en el plano vertical como en  
el plano horizontal, y también una representación gráfica  
del momento de flexión, de la fuerza de cizalladura, de la  
fuerza axial o de un esfuerzo equivalente a lo largo del tu-  
30 bo suspendido. El esfuerzo equivalente es una representación

1 del esfuerzo total en una posición a lo largo del tubo, re-  
sultante de todas las cargas ejercidas sobre el tubo en ese  
punto. Se proporcionan diversas opciones de presentación y  
el parámetro particular a presentar puede seleccionarse en  
5 un teclado. La unidad copiadora 210 proporciona, cuando se  
requiere, una copia impresa de la presentación gráfica de  
la unidad 209. El panel 211 de control del operador es prin-  
cipalmente un panel de teclado, que hace posible que un ope-  
rador controle el funcionamiento de la computadora y de las  
10 diversas funciones de presentación.

Cuando se ha completado un análisis total en la com-  
putadora 202 sobre un grupo de datos que definen las condi-  
ciones límite más recientes para el tubo suspendido, puede  
realizarse otro análisis para determinar el efecto sobre el  
15 tubo suspendido del movimiento de la barcaza debido al mo-  
vimiento de las olas. Al completarse el análisis estático,  
las cifras calculadas que definen la configuración y los  
parámetros de esfuerzo del tubo son trasladadas de la compu-  
tadora 202 a la computadora 201. Entonces, la computadora 202  
20 está preparada para realizar el análisis dinámico, consideran-  
do los efectos del movimiento de las olas, cargando la memoria  
de la computadora con el programa de análisis dinámico a par-  
tir de la unidad 207 de memoria de discos flexibles. La compu-  
tadora 202 realiza entonces el nuevo análisis haciendo uso de  
25 los resultados del primer análisis estático y utilizando tam-  
bién los datos detectados que definen el período medio de las  
olas y la altura significativa de las olas del mar circundan-  
te. En el análisis, estos datos de las olas se utilizan para  
30 calcular cifras de respuesta teórica de la barcaza haciendo

1 uso de operadores de respuesta generados en ensayos de mo-  
delos en tanques. A partir del movimiento teórico calculado  
del buque, se calcula el efecto sobre la longitud de tubo  
suspendida y se computan los valores de esfuerzos significa-  
5 tivos y momento de flexión producidos en el tubo como resul-  
tado del movimiento de las olas. Una vez más, los resultados  
computados del análisis dinámico pueden presentarse gráfi-  
camente en la unidad de presentación 209.

10 Se observará de lo que antecede que el programa de  
análisis dinámico no emplea lecturas directas del cabeceo  
y del movimiento en dirección vertical del buque de tendido  
de tubos con el fin de calcular la respuesta dinámica del  
tubo. Sin embargo, se suministran señales que representan  
el cabeceo y el movimiento en dirección vertical, según se  
15 indica en la figura 1, pero están simplemente disponibles  
para su registro. Estos valores de cabeceo y de movimiento  
en dirección vertical reales, registrados, pueden ser compa-  
rados con la respuesta teóricamente calculada del buque y  
utilizarse para mejorar los operadores de respuesta emplea-  
dos en los cálculos teóricos de respuesta.  
20

En el ejemplo antes descrito, aparte de calcular  
los parámetros de esfuerzo a lo largo del tramo suspendido  
del tubo, entre el punto en que se separa de la rampa del  
buque y el punto de contacto con el fondo del mar, los aná-  
25 lisis calculan también la configuración y los parámetros de  
esfuerzos en el tubo soportado por la rampa de popa en una  
curva superior hasta la cubierta del buque de tendido y tam-  
bién en una cierta distancia más allá del punto de contacto  
con el fondo del mar. El cálculo en la curva superior se rea-  
30 liza suponiendo que los rodillos sobre los que descansa el

1 tubo a lo largo de la rampa de popa están situados en ciertos lugares predeterminados. Los valores teóricos de la carga en estos rodillos de la rampa de popa son también calculados y pueden ser presentados en forma gráfica. La carga  
5 real sobre los rodillos de la rampa está disponible a partir de las células de carga 26 de la rampa de popa (véase figura 1) y estos valores medidos son proporcionados como entrada al sistema de computadoras. Así, pueden ser comparados los valores teóricos de la carga y los valores medidos  
10 y, preferiblemente, se calcula la diferencia entre los valores medidos y los teóricos. Se apreciará que si uno o más de los rodillos de la rampa de popa está fijado ligeramente desplazado de su posición, la carga sobre esos rodillos será distinta del valor teórico. Así, la diferencia  
15 entre los valores de carga medidos y teóricos proporciona una indicación de un ajuste incorrecto de los rodillos de la rampa de popa haciendo posible corregir el ajuste antes de que se produzca una posibilidad de daños accidentales al tubo o a los cojinetes de los rodillos.

20 Otro modo de funcionamiento del sistema es el de, como se ha denominado en lo que antecede, abandono/recuperación. Este proceso implica hacer bajar el extremo de la conducción hasta el fondo del mar mediante un cable desde un chigre de abandono/recuperación, mientras se mantiene una  
25 tensión suficiente en la parte del tubo todavía suspendida para impedir que se produzcan daños. Cuando se abandona o se recupera un tubo, se vigilan los parámetros de esfuerzos en el tubo suspendido cargando la computadora 202 con otro programa almacenado en la unidad 207 de memoria de discos  
30 flexibles, diseñado específicamente para calcular la confi-

1 guración del tubo y del cable entre el buque y el fondo del  
mar. De los datos ya utilizados en los programas de análisis  
estático y dinámico previamente mencionados, el programa de  
abandono y de recuperación trabaja sobre dos de las tres va  
5 riables siguientes: longitud cobrada del cable de abandono/  
recuperación, movimiento relativo del buque sobre el fondo  
del mar y, naturalmente, tensión en el cable. A partir de  
cualesquiera dos de estas variables, el programa calcula,  
haciendo uso de una técnica iterativa, la configuración del  
10 tubo suspendido y del cable, incluyendo la profundidad de  
la conexión entre el tubo y el cable y los momentos, la ten  
sión, los esfuerzos y la cizalladura en la parte suspendida  
del tubo. También se calcula la tensión a lo largo del ca-  
ble.

15

20

25

30

26077

1

REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

1ª.- Un método perfeccionado de tender una conducción en alta mar con un buque de tendido de conducción que incluye la operación de vigilar por lo menos uno de los siguientes parámetros de esfuerzo de la conducción suspendida: curvatura, momento de flexión, fuerza de cizalladura y fuerza axial, detectando la profundidad del agua en el lugar en que se encuentra el buque, la tensión en la conducción que se encuentra en el buque, y la distancia recorrida por éste a lo largo de su trayectoria, almacenar datos relativos a la profundidad del agua y a la distancia recorrida para proporcionar valores históricos de la profundidad del agua con relación a posiciones anteriores del buque, calcular a partir de tales valores históricos de la profundidad del agua y de los últimos valores de tensión de la conducción el o cada uno de dichos parámetros de esfuerzo de la condición suspendida, y presentar el o cada parámetro calculado para vigilancia.

15

20

25

30

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que la operación de cálculo se realiza constituyendo un modelo matemático que define la conducción suspendida, haciendo uso de los valores históricos de profundidad del agua y

26077

1 de los últimos valores de tensión de la conducción para proporcionar condiciones límite para el modelo matemático y resolver el modelo para calcular el parámetro o los parámetros de esfuerzo requeridos.

5 3ª.- Un método según la reivindicación 2ª, en el que se utiliza un proceso iterativo al calcular el parámetro o los parámetros de esfuerzo requeridos, que comprende realizar una primera estimación de la distancia que existe desde el buque, hacia atrás, hasta el punto de contacto  
10 de la conducción sobre el fondo del mar, obtener la profundidad del agua en este punto de contacto estimado a partir del almacenamiento de valores históricos de profundidad del agua, calcular a partir de los valores históricos almacenados de profundidad del agua cerca de este punto de contacto  
15 estimado la pendiente del fondo del mar en este punto en la dirección de la conducción, hacer uso de los valores de profundidad del agua y de pendiente del fondo en el punto de contacto estimado junto con los valores de tensión de la conducción, como condiciones límite en el modelo matemático, y  
20 resolver el modelo para proporcionar una posición más precisa del punto de contacto para uso en ulteriores repeticiones del proceso.

25 4ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que la primera estimación de la posición del punto de contacto es suficientemente exacta para realizar otras repeticiones después de la primera innecesaria.

30 5ª.- Un método según las reivindicaciones 3ª o 4ª, cuando el buque de tendido de conducción tiene una rampa rígida para soportar una conducción en la curva superior, en el que la primera estimación de la posición del punto de

1 contacto se realiza calculando la distancia existente entre  
el buque y el punto, situado por detrás de él, en el que  
una tangente desde la punta de la rampa rígida corta a un  
5 plano horizontal que se encuentra a la misma profundidad  
que el agua existente bajo el buque, y sumar a esta distan-  
cia una magnitud predeterminada.

6ª.- Un método según cualquiera de las reivindica-  
ciones precedentes, en el que la curvatura de la conducción  
se calcula en varios puntos a lo largo del tramo suspendido  
10 de la conducción.

7ª.- Un método según una cualquiera de las reivin-  
dicaciones precedentes que incluye las operaciones de deter-  
minar la posición en el plano horizontal del buque de tendi-  
do con relación a la conducción ya tendida sobre el fondo  
15 del mar y la diferencia en el ángulo de rumbo entre el buque  
de tendido y la conducción ya tendida sobre el fondo del  
mar, y hacer uso de esta otra información para realizar di-  
cha operación de cálculo en tres dimensiones.

8ª.- Un método según la reivindicación 7ª, que in-  
20 cluye percibir la componente de la corriente de agua trans-  
versal con relación al rumbo del buque de tendido y hacer  
uso de este valor de la corriente de agua transversal para  
modificar la operación de cálculo, siendo conocido el coe-  
ficiente de resistencia de la conducción que se está tendien-  
do.  
25

9ª.- Un método según la reivindicación 8ª, que in-  
cluye además percibir también la componente longitudinal de  
la corriente del agua con relación al buque y hacer uso tam-  
bién de este valor longitudinal para modificar la operación  
30 de cálculo.

1                    10ª.- Un método según una cualquiera de las reivin-  
dicaciones 8ª ó 9ª, y que incluye determinar el perfil de  
la variación de la corriente de agua con la profundidad y  
modificar la operación de cálculo con este perfil.

5                    11ª.- Un método según una cualquiera de las rei-  
vindicações precedentes, que incluye las operaciones adi-  
cionales de determinar el movimiento del buque de tendido  
en respuesta al movimiento de las olas y calcular la res-  
puesta dinámica de la conducción suspendida a tal movimien-  
to del buque en respuesta a las olas.

10                   12ª.- Un método según la reivindicación 11ª, en el  
que el movimiento del buque en respuesta a las olas se de-  
termina obteniendo el espectro de frecuencias de las olas  
en el mar circundante, calculando las amplitudes de una com-  
binación de olas regulares separadas de distintas frecuen-  
cias, que proporcionan la energía total equivalente del es-  
pectro de olas, y determinando el movimiento del buque en res-  
puesta a cada una de dichas frecuencias de olas regulares se-  
paradas.

15                   13ª.- Un método según una cualquiera de las reivin-  
dicaciones precedentes, que incluye las operaciones de aban-  
donar o recuperar el extremo de la conducción al final o al  
comienzo, respectivamente, de una operación de tendido de  
conducción, uniendo un cable desde el buque al extremo de  
20                   la conducción y haciendo bajar o subir, según pueda ser el  
caso, el extremo de la misma a o desde el fondo del mar, man-  
teniendo el cable bajo tensión para evitar daños al tramo  
todavía suspendido de conducción.

25                   14ª.- Un método según la reivindicación 13ª, que  
incluye determinar durante la operación de abandono o de re-  
30

1 -cuperación cualesquiera dos de los siguientes parámetros:  
la tensión del cable; el desplazamiento del buque con res-  
pecto al fondo del mar, y la longitud que se ha cobrado del  
cable, y calcular a partir de dichos dos parámetros, junto  
5 con los valores históricos almacenados de profundidad del  
agua, el o cada uno de dichos parámetros de esfuerzo de la  
conducción.

15<sup>a</sup>.- Un método según una cualquiera de las  
reivindicaciones precedentes, en el que el buque de tendi-  
do de conducción tiene una rampa rígida con rodillos para  
10 soportar la conducción en posiciones a lo largo de su lon-  
gitud en la curva superior y que incluye la operación de  
calcular el o cada parámetro de esfuerzo de la conducción  
para la parte del tubo que se encuentra en la curva supe-  
rior haciendo uso, como condiciones límite, de posiciones  
15 ideales predeterminadas para los rodillos.

16<sup>a</sup>.- Un método según la reivindicación 15<sup>a</sup>,  
en el que las posiciones ideales predeterminadas de los  
rodillos son posiciones teóricamente ideales para una car-  
20 ga mínima de los rodillos debida a la conducción.

17<sup>a</sup>.-Un método según la reivindicación 16<sup>a</sup>, en  
el que la operación de calcular el o cada parámetro de es-  
fuerzo de la conducción para la parte de conducción que  
se encuentra en la curva superior, incluye calcular la car-  
25 ga teórica de los rodillos en dichas posiciones ideales, y  
el método incluye además percibir la carga real de los ro-  
dillos, para comparar la carga ideal con la carga teórica  
con el fin de asegurarse del momento en que los rodillos  
están posicionados de manera incorrecta.

30 18<sup>a</sup>.- Un método perfeccionado de tender una

1 - conducción en alta mar con un buque de tendido de conducción.

5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

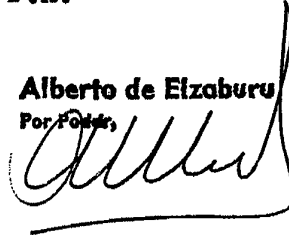
Esta Memoria consta de treinta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 26. MAY 1978

10

P.A.

**Alberto de Eizaburu**  
For Forth,



15

20

25

30

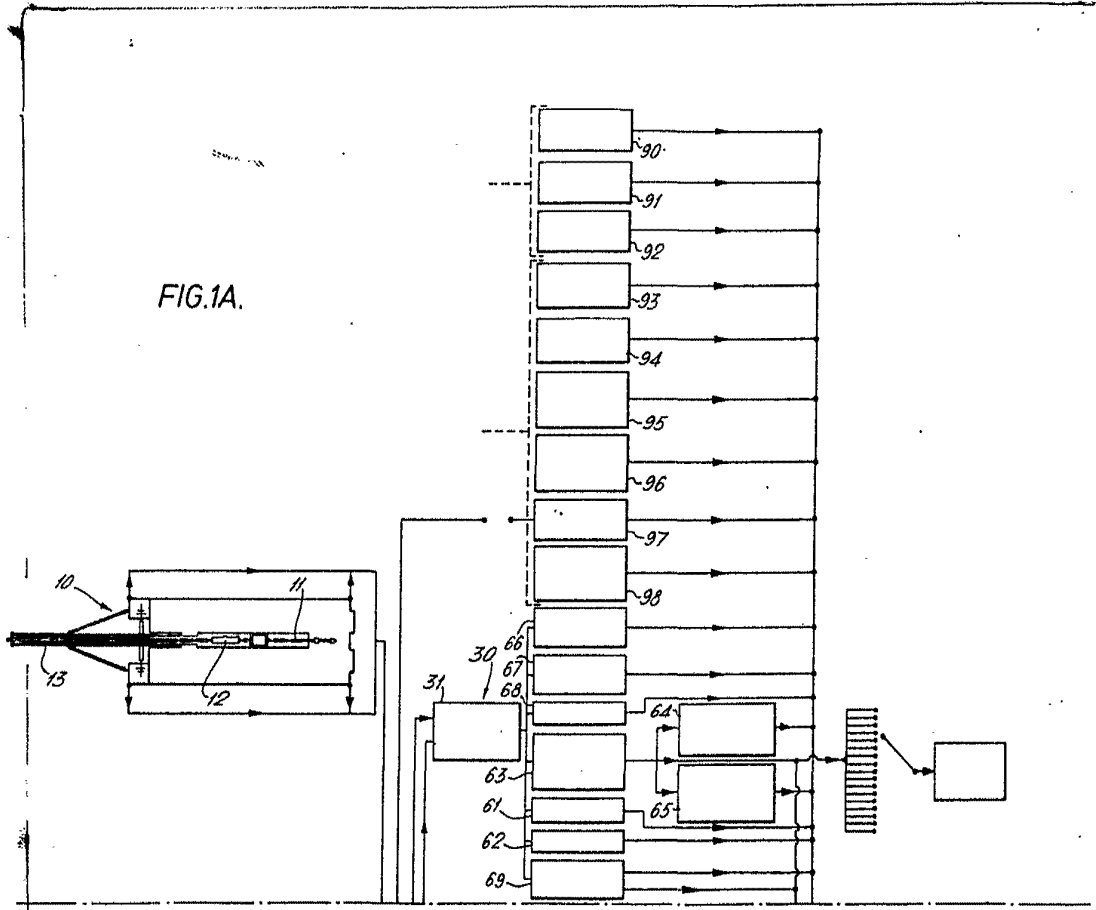


FIG. 1A.

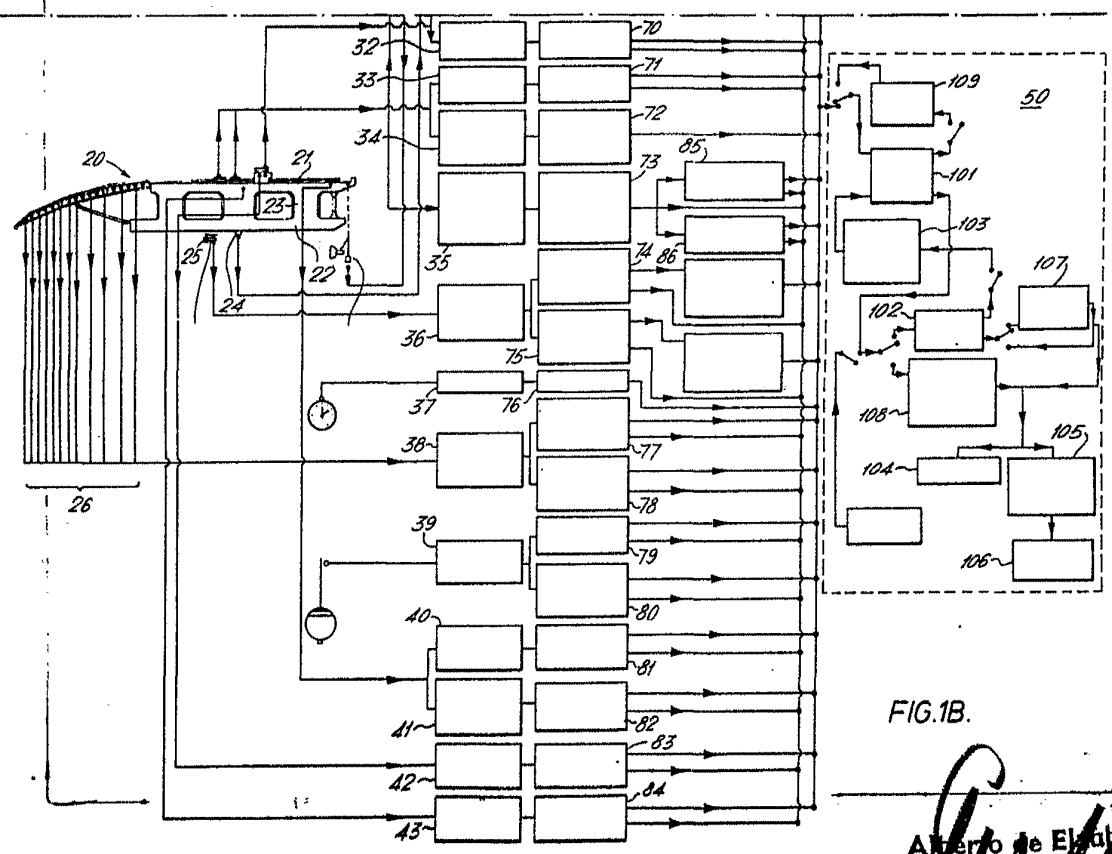


FIG. 1B.

Alberto de Elaburu  
 Por Favor


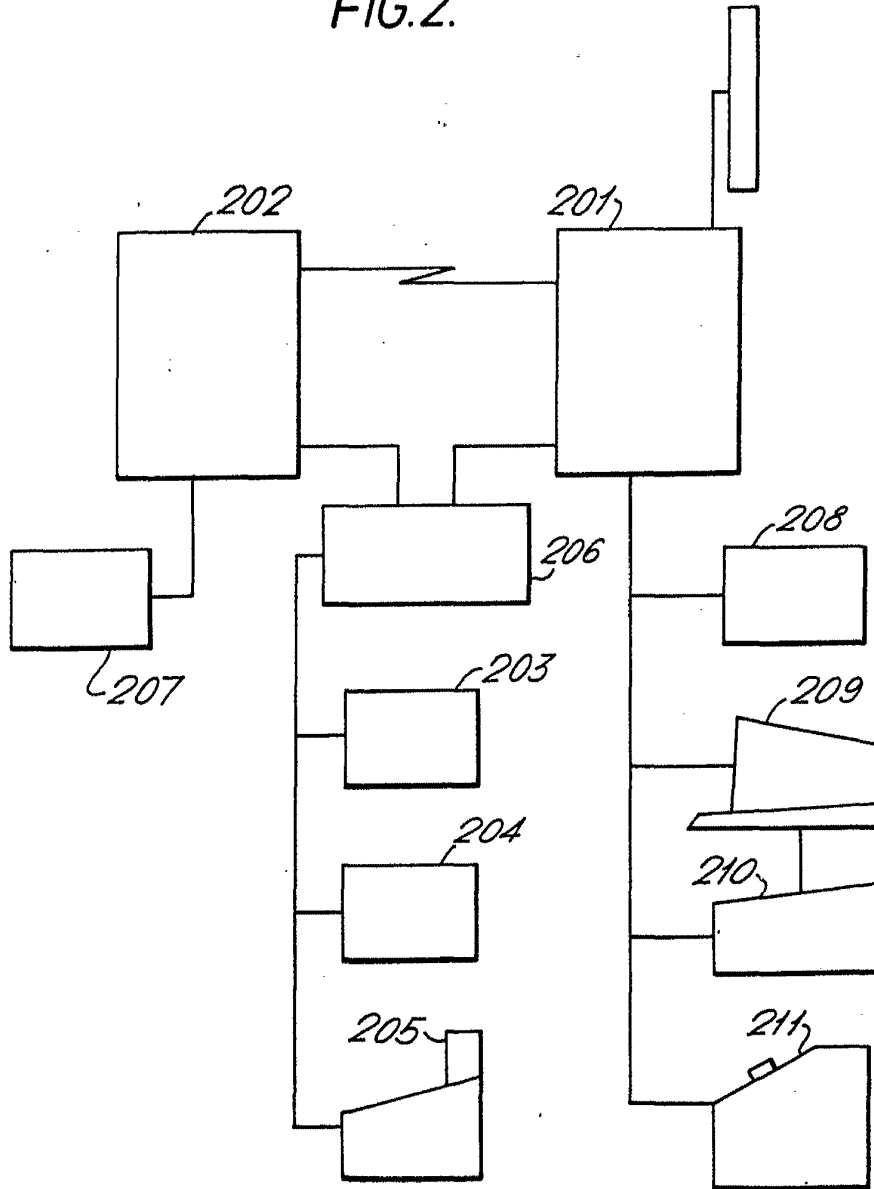


FIG.2.



Alberto de Bizarro  
For Poder