

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 024**

51 Int. Cl.:

G01M 3/04 (2006.01)

G01M 3/32 (2006.01)

G01M 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2010** **PCT/US2010/025116**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.08.2010** **WO10096837**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2010** **E 10744487 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020** **EP 2399111**

54 Título: **Método y aparato para la detección de fugas en tanques de almacenamiento cilíndricos horizontales**

30 Prioridad:

23.02.2009 US 154645 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

02.02.2021

73 Titular/es:

MASS TECHNOLOGY CORPORATION (100.0%)
PO Box 1578
Kilgore, TX 75663, US

72 Inventor/es:

WOLFORD, JIMMY;
WOLFORD, JR., BERNIE;
LOCKERD, CLARK y
SLAUGHTER, RICKY

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 804 024 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la detección de fugas en tanques de almacenamiento cilíndricos horizontales

Antecedentes de la invención

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos Número 61/154,645, presentada el 23 de febrero de 2009.

Campo de la invención

- 10 La presente invención está dirigida a un método y un aparato para proporcionar un sistema de detección de fugas en tanque de almacenamiento seguro, preciso y rentable y, más específicamente, a un método y aparato en donde la integridad de contención de un tanque de almacenamiento está determinada por mediciones de la masa del producto almacenado.

Información de antecedentes

- 15 Los tanques de almacenamiento tienen un papel fundamental en la economía actual. La economía, a escala global, depende de la función adecuada de estos tanques, ya que predominan en varias industrias y prácticamente en todas las regiones geográficas del mundo. En vista del papel fundamental que desempeñan estos tanques de almacenamiento, la integridad de los tanques se sitúa en un lugar destacado. Es decir, los propietarios de tanques de almacenamiento están dispuestos a invertir grandes sumas de dinero tanto en el mantenimiento como en la inspección de dichos tanques.

- 20 Estos tanques vienen en todas las formas y tamaños, se encuentran por debajo y por encima del suelo, y se utilizan para almacenar una amplia gama de materiales. Las capacidades de los tanques de almacenamiento varían de cientos a millones de galones y se utilizan para almacenar una asombrosa variedad de productos, incluyendo material peligroso.

- 25 El documento US 2007/0186623 divulga un sistema de detección de fugas en el tanque de almacenamiento. El documento US 2007/0113623 divulga un sistema de detección de fugas en tanque de almacenamiento intrínsecamente seguro, preciso y rentable. El documento WO 2008/066554 divulga un sistema de detección de fugas en tanque de almacenamiento. Como se podría imaginar, existe una amplia gama de problemas asociados con la medición y determinación de la integridad de un tanque de almacenamiento, específicamente en tanques de forma cilíndrica dispuestos horizontalmente. Estos tanques horizontales de forma cilíndrica son el tipo de tanque más frecuente en el servicio de almacenamiento subterráneo. La forma cilíndrica dispuesta horizontalmente se coloca de manera que el área de la superficie del producto cambia con el nivel del fluido, lo que cambiará independientemente de cualquier fuga del tanque debido a la expansión o contracción del fluido como resultado de los cambios de temperatura del fluido. Dicho posicionamiento y forma complican en gran medida la medición directa de fugas por medios habituales. Los métodos habituales de detección de fugas requieren la aplicación de una presión interna o vacío utilizado junto con múltiples sondas de detección, incluyendo nivel de agua, nivel de producto, temperatura acústica y del fluido. Al confiar en indicaciones secundarias de fugas, los métodos habituales de detección de fugas comprometen el proceso de detección de fugas, exponen el tanque a fallos debidos a la presión o vacío de prueba aplicado y abren la posibilidad de que una fuga real quede oculta por la aplicación misma de la prueba. Además, dichos métodos no controlan la pérdida por vaporización.

- 40 El uso de un sistema habitual de detección de fugas basado en la medición de masa en tanques horizontales de forma cilíndrica sin una medición directa y continua de la densidad del contenido del tanque está cargado con la posibilidad de determinaciones de fugas incorrectas o no concluyentes. Se puede imaginar fácilmente un escenario donde el nivel del producto fluido en el tanque aumenta debido al calentamiento (expansión) del contenido líquido del tanque, incluso en presencia de una pequeña fuga del tanque.

- 45 Sin embargo, las dificultades reconocidas en la medición, determinación y prevención de fugas en los tanques de almacenamiento no mitigan las obligaciones o responsabilidades impuestas a las partes responsables. Las importantes consecuencias ambientales y económicas y la amenaza de litigios y costes de limpieza asociados con fugas en tanques de almacenamiento obligan a las partes responsables a invertir grandes sumas de dinero en el mantenimiento e inspección de los tanques. Las inspecciones de tanques son costosas con respecto a la cantidad de dinero gastado, el peligro presente para los inspectores y el medio ambiente y el tiempo de inactividad de producción. De hecho, estas inspecciones a menudo eliminan un tanque del servicio durante más de un mes. La amenaza de responsabilidad también obliga a las partes responsables a gastar dinero innecesariamente para el mantenimiento de estos tanques. Además, la responsabilidad no termina con litigios y costes de limpieza.

- 50 Actualmente, las partes responsables están, en algunos países, encarceladas como resultado directo de fugas en tanque de almacenamiento. Estas fugas han contaminado agua subterránea circundante, algunas de las cuales sirven como agua potable para los residentes locales. Por ello, las instalaciones asociadas con dichos incidentes se han

cerrado hasta que se pueda establecer el cumplimiento de las regulaciones de emisiones más allá de toda duda razonable. Dicha prueba, a su vez, depende de la prueba de sistemas y métodos de detección fiables y suficientemente precisos para probar dicho cumplimiento. Cada día, las instalaciones cerradas permanecen inoperantes, lo que se suma ya a una enorme cantidad de dinero perdido.

5 Antes de la presente invención (que se describirá en detalle a continuación), simplemente no hay sistemas de medición de fugas directos conocidos. De manera similar, no hay sistemas conocidos para la medición directa y cuantitativa de fugas potenciales en tanques cilíndricos dispuestos horizontalmente de 50.000 galones (189.270,59 litros) de capacidad y mayores. La presente invención aborda este vacío mediante la combinación de un sistema de medición de masa extremadamente preciso y una medición extremadamente precisa y en tiempo real de la densidad del
10 contenido de un tanque de almacenamiento dispuesto horizontalmente.

Evidentemente, por las razones expuestas anteriormente, existe una necesidad extrema e inmediata de la capacidad de determinar, con mucha más precisión que la que es posible actualmente mediante el uso de sistemas y métodos actualmente disponibles, la presencia y el grado de fuga de dichos tanques de almacenamiento, al menos hasta el punto de demostrar el cumplimiento de las reglamentaciones o estatutos de fugas en tanques de almacenamiento aplicables.
15

Los sistemas de detección de fugas en tanque de almacenamiento son conocidos en la técnica; Sin embargo, estos productos están llenos de problemas. Los sistemas actuales son imprecisos o proporcionan datos erróneos por alguna o todas las razones, que incluyen: la consistencia del suelo que actúa como la base del tanque, la estratificación de la temperatura (por tanto, la densidad) del contenido de fluido del tanque, la pérdida de producto como vapor, fuentes de ruido extrañas, los efectos del nivel del manto freático, la contaminación previa del suelo y/o la dinámica de la carcasa del tanque.
20

En vista de las graves consecuencias de no detectar fugas significativas en el tanque de almacenamiento, actualmente no detectables o gravemente comprometidas por el uso de sistemas o métodos conocidos, existe una necesidad imperiosa de un sistema y método por el cual uno pueda detectar fugas muy pequeñas incluso en tanques grandes y muy grandes de forma cilíndrica dispuestos horizontalmente, preferiblemente de manera segura y rentable.
25

Serviría bien a aquellos que son responsables de mantener la integridad del tanque de almacenamiento para proporcionar un sistema de detección de fugas directo seguro, preciso y rentable que 1) no dependa de la aplicación de una fuerza interna (presión o vacío) para crear una indicación indirecta de una fuga, 2) que no requiera la medición simultánea de variables independientes como a) ruido acústico debido a una fuga de gas dentro o fuera del tanque, b) el nivel de agua del fondo del tanque debido a una fuga en el tanque por debajo del nivel del agua subterránea externa, c) temperatura del fluido para compensar la expansión o contracción del fluido, d) el nivel del fluido y pueda usarse de manera eficiente, preservando de este modo los recursos industriales y ambientales.
30

Resumen de la invención

En vista de lo anterior, es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de detección de fugas en tanque de almacenamiento con un umbral de detección muy bajo que pueda usarse de manera eficiente preservando de ese modo los recursos industriales y medioambientales.
35

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección precisa de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento rentable.
40

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento no intrusivo.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento donde los contenidos del tanque de almacenamiento no tienen que ser retirados.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento donde no están involucrados aditivos químicos.
45

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección inmediata de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección concluyente de fugas en tanque de almacenamiento.
50

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección cuantitativa de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para determinar si los cambios en la cabeza son directamente atribuibles a fugas u otros efectos.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no dependa de los cambios de temperatura del fluido.

- 5 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no dependa de la estratificación del fluido.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no requiera tiempo de estabilización del tanque.

- 10 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que requiera solo una preparación mínima del tanque.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que haya sido evaluado por un laboratorio externo independiente reconocido por la EPA.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que pueda medir directamente cambios minúsculos en la densidad del producto.

- 15 Es otro objeto de la presente invención medir con mayor precisión los cambios de densidad del producto mediante el uso de una estructura de soporte con una expansión mínima o nula debido a los cambios de temperatura.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método con un umbral de detección muy bajo que pueda usarse de manera eficiente preservando de este modo la protección industrial y los recursos ambientales.

- 20 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección segura de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección precisa de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección rentable de fugas en tanque de almacenamiento.

- 25 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección no intrusiva de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un aparato para la detección de fugas en tanque de almacenamiento donde los contenidos del tanque de almacenamiento no tienen que ser retirados.

- 30 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento donde no están involucrados aditivos químicos.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección inmediata de fugas en tanque de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección concluyente de fugas en tanque de almacenamiento.

- 35 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección cuantitativa de fugas en tanques de almacenamiento.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para determinar si los cambios en la cabeza son directamente atribuibles a fugas u otros efectos.

- 40 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no dependa de los cambios de temperatura del fluido.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no dependa de la estratificación del fluido.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que no requiera tiempo de estabilización del tanque.

- 45 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que requiera solo una preparación mínima del tanque.

Es otro objeto más de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que haya sido evaluado por un laboratorio externo independiente reconocido por la EPA.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento que mida directamente los cambios en la densidad del producto.

- 5 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de fugas en tanque de almacenamiento donde las mediciones de la densidad del producto no se vean comprometidas por cambios en la distancia entre puntos de referencia debido a la expansión o contracción térmica de la estructura de soporte de la sonda de medición.

- 10 La presente invención proporciona una solución segura, extremadamente precisa y rentable a los problemas mencionados anteriormente. Los resultados de las pruebas asociadas con la presente invención proporcionan una determinación precisa de la integridad de la contención, las cantidades de transferencia y, en caso de fuga, una tasa de fuga volumétrica precisa. La presente invención no está restringida por el tipo de fluido, la temperatura del fluido, el nivel del fluido o el tamaño del tanque.

- 15 Además, no se requiere inspección física de los tanques para la práctica del presente sistema. Por ello, no hay necesidad de drenar, limpiar o ingresar al tanque. Sin necesidad de inspección física, ni los inspectores ni el medio ambiente están expuestos al contenido del tanque. Sin necesidad de drenar el tanque de almacenamiento, la práctica de la presente invención no produce subproductos peligrosos asociados con el proceso de drenaje/limpieza, y se evita el peligro del transporte y almacenamiento del producto drenado. Las técnicas de control del sistema y el software de corrección de datos proporcionan una precisión que no es posible con productos conocidos en la técnica. Finalmente, los sistemas y métodos de la presente invención no requieren que se mezclen aditivos químicos con el contenido del tanque. Por ello, se evitan por completo los derrames y fugas incidentales.

- 20 La práctica de la presente invención es rentable. La estructura del tanque o los cimientos y el suelo circundante no se ven alterados, por lo que el tiempo de preparación y los costes de inversión de capital se minimizan. La presente invención no es intrusiva y no requiere inspección manual del tanque. Por lo tanto, el funcionamiento del tanque no se ve obstaculizado, por lo que el tiempo de inactividad de producción es mínimo. No hay ningún coste relacionado con el manejo, transporte, eliminación o almacenamiento de material peligroso retirado. Finalmente, las pruebas se pueden realizar simultáneamente para reducir aún más el tiempo total involucrado e identificar rápidamente las áreas problemáticas.

- 25 La característica determinante de los sistemas de detección de fugas de medición de masa es la sensibilidad del aparato. Es decir, cuanto más bajo sea el nivel del umbral de detección de fugas de un dispositivo, más efectivo será para detectar fugas. La presente invención, al emplear una combinación de técnicas y componentes no conocidos en la técnica, proporciona un umbral de detección de fugas que es mucho más bajo que cualquier dispositivo conocido. El sistema mantiene constante la temperatura del componente de medición de masa durante todo el proceso de medición. Además, el sistema corrige los errores en los datos atribuidos a la dinámica de la carcasa del tanque de almacenamiento y la imprecisión inherente en los dispositivos de medición de masa de presión diferencial. Este proceso de corrección de datos se expondrá en detalle en la memoria descriptiva siguiente.

- 30 Como se mencionó, las variaciones de la carcasa del tanque y los cambios de temperatura del fluido limitan la efectividad de los sistemas de detección de medición de masa actualmente conocidos; por lo tanto, no hay ninguno disponible para tamaños de tanque más grandes. Los sistemas y métodos de la presente divulgación resuelven las variaciones de la carcasa del tanque a través de técnicas de recopilación y corrección de datos. Los sistemas y métodos de la presente divulgación resuelven la expansión o contracción del fluido debido a variaciones de temperatura y estratificación a través de la medición directa y precisa de la densidad promedio del producto en tiempo real. Primero, los datos se recopilan mediante el uso de un transductor de presión diferencial de cristal de cuarzo (las especificaciones y el uso de este transductor se explicarán con más detalle en la Descripción Detallada del Modo de Realización Preferido). Un controlador lógico programable (PLC) conectado al transductor de presión, registra los datos de presión durante un período de tiempo (dependiendo del tamaño del tanque y el umbral de detección deseado). La temperatura atmosférica y la presión barométrica se registran y analizan con precisión para corregir cualquier cambio en la cabeza del fluido dentro del tanque debido a condiciones externas. La temperatura del fluido se registra y analiza con precisión para corregir los cambios aparentes en la masa observada debido a las variaciones de temperatura de la carcasa del tanque. Estos datos se regresan para dar una pendiente de línea que se convierte en una tasa de fuga, generalmente en galones por hora (3.785 litros por hora).

- 35 Los datos generados por el transductor se recopilan de forma continua. Solo se analizan los datos que contienen una cantidad suficientemente baja de ruido extraño. Dichos datos se obtienen generalmente después de un breve período de estabilización, que es preferiblemente de aproximadamente treinta (30) minutos. Además, el software de corrección de datos tiene en cuenta el coeficiente de expansión térmica para cualquier material de construcción del tanque de almacenamiento. Los datos se corrigen para las variaciones en la temperatura del fluido y, por lo tanto, la densidad del fluido, las condiciones atmosféricas y las variaciones en la carcasa del tanque. Estas mediciones y correcciones permiten que el sistema logre repetidamente la precisión establecida en condiciones del mundo real de forma rutinaria.

Para una precisión aún mayor, el sistema de detección de fugas de la presente divulgación proporciona un medio de medición de presión barométrica independiente para registrar constantemente la presión barométrica durante el proceso de recopilación de datos. Este medio de medición de presión barométrica independiente, utilizado en combinación con el software de corrección de datos, corrige cualquier desviación de modo dual asociada con los transductores de presión individuales.

La práctica del aparato implica conectar un suministro de gas inerte regulado a dos burbujeadores montados de forma segura en una varilla de soporte del burbujeador (que tenga un coeficiente de expansión térmica muy bajo), luego bajar los burbujeadores al tanque en la varilla de soporte, uno a la superficie del fondo del tanque de almacenamiento y el otro hasta un punto justo debajo del nivel del producto. Se coloca una referencia diferencial para el burbujeador del fondo justo encima de la superficie del líquido. Se realiza una segunda medición de la presión diferencial entre los dos burbujeadores para medir directamente los cambios en la densidad del producto. La presión, medida en el fondo del tanque ("presión del fondo del tanque") y la presión atmosférica y de vapor medida justo por encima de la superficie del líquido, se registra mediante un transductor de presión diferencial de alta precisión en tiempo real y se procesa posteriormente utilizando una rutina de análisis de datos para calcular con precisión cualquier cambio en la masa de fluido contenido dentro del tanque para determinar si hay una pérdida. El presente sistema, usando el transductor especificado, y cuando se usa de la manera y con la interpretación de datos descrita en el presente documento, es capaz de fugas en un umbral de menos de 0,1 galones por hora (0,39 litros por hora) con una probabilidad de detección del 95% en un tanque con capacidad de 50.000 galones (189.270,59 litros): mucho más preciso de lo posible con cualquier sistema de detección de fugas cuantitativo actualmente disponible.

El método y el aparato de la presente invención proporcionan una forma segura y efectiva de detectar fugas muy pequeñas en grandes tanques cilíndricos horizontales. Específicamente, la presente invención proporciona una considerable mejora en la precisión y el umbral de detección de fugas, permitiendo a sus operadores lograr mayores resultados de los que actualmente se creía posible.

Por tanto, en satisfacción de los objetos anteriores, un modo de realización de la presente invención proporciona un aparato y métodos para resolver cada uno de los problemas establecidos con los sistemas de detección de fugas de tanque de almacenamiento actualmente disponibles.

Breve descripción de los dibujos

El Anexo A es una impresión del código fuente del programa del controlador industrial al que se hace referencia en el presente documento como el programa PLC.

La figura 1 es un diagrama de bloques que representa el diseño general del presente sistema de detección de fugas.

La figura 2 es una vista en sección transversal sagital en alzado de la sonda de múltiples burbujeadores del sistema de detección de fugas.

Descripción detallada del modo de realización preferido

En los dibujos y la descripción siguiente, haciendo referencia a las figuras 1 y 2, un ejemplo de un sistema de detección de fugas en tanque de almacenamiento de acuerdo con la presente divulgación se designa generalmente como el sistema 10.

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra que un ejemplo de la presente divulgación incluye una reducción 52 de presión de gas inerte y reguladores 54 y 56 de caudal, que proporcionan un suministro limpio y constante de un gas inerte como nitrógeno desde un cilindro 18 comprimido a una pluralidad de burbujeadores 12 y 14 dentro del tanque a través del tubo 15 y 16 burbujeador respectivamente.

La varilla 19 de soporte, soporta los burbujeadores 12 y 14 dentro del tanque unidos de forma liberable, y se sitúa en el tanque de almacenamiento de forma cilíndrica ("tanque") dispuesto horizontalmente y se une de manera removible al fondo del tanque. La varilla 19 de soporte está construida preferiblemente de materiales con propiedades físicas y químicas resistentes a la expansión causada por el cambio de temperatura. En este ejemplo, la varilla 19 de soporte está construida a partir de Super-Invar, pero la varilla 19 de soporte también podría construirse con materiales similares con propiedades similares. El burbujeador 12 dentro del tanque, unido de forma liberable a la parte inferior de la varilla 19 de soporte, proporciona la formación y liberación de burbujas de gas inerte de manera consistente con una variación de presión mínima. La presión mínima de gas inerte requerida para formar y liberar burbujas de manera consistente en el fondo del contenido del tanque sirve como un indicador de la presión hidrostática en el fondo del tanque. El burbujeador 14 dentro del tanque, unido de forma liberable cerca de la parte superior de la varilla 19 de soporte, se sitúa en la varilla 19 de soporte (por el operador) de modo que el burbujeador esté aproximadamente una pulgada por debajo de la superficie del líquido. El burbujeador 14 dentro del tanque, que está montado cerca de la parte superior de la varilla 19 de soporte, proporciona la formación y liberación de burbujas de gas inerte de manera consistente con una variación mínima de presión. La presión mínima de gas inerte requerida para formar y liberar burbujas de manera constante justo debajo de la superficie líquida del contenido del tanque sirve como un indicador de la presión hidrostática justo debajo de la superficie del líquido.

La formación y liberación de burbujas de gas inerte de manera consistente con una variación mínima de presión se logra mediante un regulador 54 y 56 de caudal y una salida especialmente formada de pequeños tubos 11 y 13 metálicos que transportan el gas inerte dentro de los burbujeadores 12 y 14 dentro del tanque. Esta salida tiene la forma de una muesca cortada en el lado del tubo de metal en un ángulo de aproximadamente 30 grados con respecto a la orientación vertical de los tubos. Los burbujeadores 12 y 14 dentro del tanque están contruidos preferiblemente de un metal inoxidable esencialmente no corrosivo, acero inoxidable, por ejemplo, sin embargo, cualquier material que sea resistente a la corrosión y de suficiente densidad es adecuado para usarse con la presente invención.

Haciendo referencia a la figura 2, en su extremo próximo el tubo 15 burbujeador forma un sello hermético al gas con el burbujeador 12 dentro del tanque. Extendiéndose desde el burbujeador 12 dentro del tanque, el tubo 15 burbujeador pasa a través del acceso 65 de la superficie superior del tanque de almacenamiento a un área exterior de la zona de clase 1 del tanque 60 de almacenamiento (la zona de clase 1 se refiere a las áreas peligrosas designadas por el Código Eléctrico Nacional) El tubo 15 burbujeador sirve como un conducto para el gas inerte presurizado que fluye hacia el burbujeador 12 dentro del tanque.

En su extremo próximo, el tubo 16 burbujeador forma un sello hermético al gas con el burbujeador 14 dentro del tanque. Extendiéndose desde el burbujeador 14 dentro del tanque, el tubo 16 burbujeador pasa a través del acceso 65 de la superficie superior del tanque de almacenamiento a un área fuera de la zona de clase 1 del tanque 60 de almacenamiento (la zona de clase 1 se refiere a las áreas peligrosas designadas por el Código Eléctrico Nacional). El tubo 16 burbujeador sirve como un conducto para el gas inerte presurizado que fluye hacia el burbujeador 14 dentro del tanque.

Haciendo referencia a la figura 1, fuera de la zona de clase 1 mencionada anteriormente pero suficientemente cerca del tanque 60, se coloca una unidad 100 de medición, control y recopilación de datos (MCDC para abreviar). Contenidos dentro de esta MCDC 100 se encuentran los transmisores 22 y 82 de presión diferencial. En el ejemplo, los transmisores 22 y 82 de presión diferencial están compuestos por transductores 24 y 84 de presión de cristal de cuarzo de alta precisión respectivamente y transductores 25 y 85 de temperatura de cristal de cuarzo de alta precisión. Los transductores 24 y 84 contienen un cristal de cuarzo oscilante y tienen una resolución de presión de 1×10^{-8} de escala completa. La resolución final que se puede lograr con un transductor está limitada por su estabilidad y repetibilidad. El sistema 10 mejora enormemente la estabilidad y la repetibilidad de los transductores, aumentando de este modo la verdadera resolución de los transductores 24 y 84. En el sistema 10, los transmisores 22 y 82 han sido aislados. Como se describirá más adelante en esta sección, los transductores 24 y 84 se mantienen a una temperatura constante para lograr una alta estabilidad y repetibilidad.

El transductor 24 de presión de cristal de cuarzo está compuesto además por el lado 26 bajo del transductor. El lado 26 bajo del transductor es una referencia diferencial que recibe el valor de la presión atmosférica en la superficie del líquido (presión atmosférica y presión de vapor directamente sobre la superficie del líquido). El tubo 28 del lado bajo del transductor forma un sello hermético al gas en su extremo próximo con el lado 26 bajo del transductor y se extiende a través del acceso 65 del tanque a una ubicación justo por encima del contenido líquido del tanque 60. El tubo 28 del lado bajo del transductor permite que el lado 26 bajo del transductor reciba la presión atmosférica desde el punto de referencia en la superficie del líquido.

El transductor 24 de presión de tipo de cristal de cuarzo está compuesto además por el lado 30 alto del transductor. El lado 30 alto del transductor de presión de tipo de cristal de cuarzo es un punto de referencia de presión, que mide la suma de la presión atmosférica (barométrica) e hidrostática cerca de la superficie 62 del fondo del tanque. El tubo 32 del lado alto del transductor forma un sello hermético a los gases en su extremo próximo con el lado 30 alto del transductor y se extiende a una conexión en "T" hermética al gas con el manguito 15 burbujeador cerca del acceso 65 al tanque.

El transductor 24 mide la diferencia de presión entre el lado 26 bajo del transductor y el lado 30 alto del transductor para llegar a la presión ejercida por la masa del contenido del tanque al tiempo que elimina las variaciones de presión debido al cambio en la presión atmosférica por medio de su inclusión tanto en las mediciones de presión del lado alto como del lado bajo. El transmisor 22, que se comunica digitalmente, envía luego esta información procesada al PLC 34. Estos datos se transmiten a lo largo del medio 23 de transferencia de datos. En el ejemplo, el medio 23 de transferencia de datos es un cable de comunicaciones de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.

El transductor 84 de presión de cristal de cuarzo está compuesto además por el lado 86 bajo del transductor. El lado 86 bajo del transductor es una referencia diferencial que recibe el valor de la presión hidrostática justo debajo de la superficie del líquido. El tubo 88 del lado bajo del transductor forma un sello hermético a los gases en su extremo próximo con el lado 86 bajo del transductor y se extiende a través del acceso 65 del tanque a una ubicación justo debajo del contenido líquido del tanque 60. El tubo 88 del lado bajo del transductor permite que el lado 86 bajo del transductor reciba la presión hidrostática desde el punto de referencia justo debajo de la superficie del líquido.

El transductor 84 de presión de cristal de cuarzo está compuesto además por el lado 90 alto del transductor. El lado 90 alto del transductor de presión de cristal de cuarzo es un punto de referencia de presión, que mide la suma de la presión atmosférica (barométrica) e hidrostática cerca de la superficie 62 del fondo del tanque. El tubo 31 del lado alto

del transductor forma un sello hermético a los gases en su extremo próximo con el lado 90 alto del transductor y se extiende hasta una conexión en "T" hermética al gas con el manguito 16 burbujeador cerca del acceso 65 al tanque.

El transductor 84 mide la diferencia de presión entre el lado 86 bajo del transductor y el lado 90 alto del transductor para llegar a la presión ejercida por la masa del contenido del tanque entre los burbujeadores 12 y 14 mientras elimina las variaciones de presión debido al cambio en la presión atmosférica o presión hidrostática debido a fluido por encima del burbujeador 14 por medio de su inclusión tanto en las mediciones de presión del lado alto como del lado bajo. El transmisor 82, que se comunica digitalmente, luego envía esta información procesada al PLC 34. Estos datos se transmiten a lo largo del medio 83 de transferencia de datos. En el ejemplo, el medio 83 de transferencia de datos es un cable de comunicaciones de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.

Los transductores 25 y 85 de temperatura de cristal de cuarzo sirven de manera independiente como parte de un esquema de regulación de temperatura utilizado para mantener los transductores 24 y 84 de presión respectivamente a una temperatura constante durante el proceso de recopilación de datos. Los transductores 25 y 85 de temperatura de cristal de cuarzo se comunican digitalmente a través de los transmisores 22 y 82 con el PLC 34. Estos datos se transmiten a lo largo de los medios 23 y 83 de transferencia de datos respectivamente. En el ejemplo, los medios 23 y 83 de transferencia de datos comprenden un cable de comunicaciones de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente. En el ejemplo, el PLC 34, a través de un bucle de control, genera una salida que activa los calentadores 36 y 96 resistivos de forma independiente, que en combinación con el disipador 38 y 98 de calor regula la temperatura de los transductores 24 y 84 de presión, respectivamente. Si bien el esquema de regulación de temperatura anterior se ha descrito con referencia a un ejemplo, se podrían imaginar fácilmente otros esquemas de regulación de temperatura que también funcionarían igualmente.

El uso de este esquema de regulación de temperatura para mantener los transductores 24 y 84 de presión a una temperatura constante aumenta aún más la precisión del aparato. La temperatura absoluta a la que se mantienen los transductores 24 y 84 de presión no es crítica, sino que la constancia de la temperatura afecta la estabilidad y la repetibilidad de las mediciones en cuestión. Como cuestión práctica, la temperatura de los transductores 24 y 84 de presión se mantiene de acuerdo con el modo actualmente preferido de la presente divulgación, a una temperatura de aproximadamente 20F (-6,67°C) por encima de la temperatura ambiente máxima esperada durante el transcurso de la prueba.

En el MCDC 100 también se encuentran el medio 40 de medición de la presión barométrica. El medio 40 de medición barométrica sirve como referencia independiente para la presión atmosférica verdadera. En el ejemplo, el medio 40 de medición de la presión barométrica puede ser cualquier barómetro estándar que envíe señales para ser procesadas por el PLC 34. El medio 40 de medición barométrica es muy útil para aumentar la precisión del sistema 10. La presente divulgación emplea un medio 40 de medición barométrica para que sirva como una medida independiente de la presión atmosférica real por encima del contenido líquido de los tanques, lo que permite la corrección de datos durante un período prolongado de tiempo. Como se expondrá en esta sección, la corrección de datos usando valores tomados del medio 40 de medición de la presión barométrica aumenta en gran medida la precisión de la divulgación actual.

El tubo 42 del medio de medición barométrica forma un sello hermético a los gases en su extremo próximo con el medio 40 de medición barométrica y forma un sello hermético a los gases en su extremo distal donde "encaja" en el tubo 28 del lado bajo del transductor. El tubo 42 del medio de medición barométrica permite al medio 40 de medición barométrica que reciba la presión barométrica desde el punto de referencia en la superficie del líquido dentro del tanque 60 de almacenamiento. El medio 43 de transferencia de datos se extiende desde la salida del medio 40 de medición de presión barométrica al PLC 34. En el ejemplo, el medio 43 de transferencia de datos es un cable de comunicaciones de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.

El sistema 10 también incluye un medio 50 de medición de la temperatura ambiente. El medio 50 de medición de la temperatura ambiente está montado fuera de la zona de clase I del tanque 60 de almacenamiento, para proporcionar una medida precisa de la temperatura ambiente del aire que rodea el tanque 60, permitiendo de este modo la corrección de datos para la expansión y contracción de la carcasa del tanque (en el caso de tanques sobre el nivel del suelo) durante un período prolongado de tiempo. Estos datos se transfieren a lo largo del medio 53 de transferencia de datos al PLC 34. El medio 50 de medición de temperatura ambiente es muy útil para aumentar la precisión del sistema 10. En el ejemplo, el medio 53 de transferencia de datos es un cable de comunicaciones de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.

El sistema 10 también incluye un medio 68 de medición de la temperatura del fluido. El medio 68 de medición de la temperatura del fluido está montado en la varilla 19 de soporte para proporcionar una medición precisa de la temperatura del fluido en el nivel medio del tanque 60, permitiendo de este modo la corrección de datos para la expansión y contracción de la carcasa del tanque (en el caso tanto de los tanques sobre el terreno como subterráneos) durante un período prolongado de tiempo. Estos datos se transfieren a lo largo del medio 67 de transferencia de datos por medio de la barrera 66 Zener al PLC 34. La barrera 66 Zener hace que el medio 67 de transferencia de datos y el

transmisor 68 de temperatura del fluido sean intrínsecamente seguros. El medio 68 de medición de la temperatura del fluido es muy útil para aumentar la precisión del sistema 10. En el ejemplo, el medio 67 de transferencia de datos es un cable de comunicación de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.

- 5 En el MCDC 100 también se encuentra el ordenador 70 de interfaz hombre-máquina. Aunque no es necesario, el PLC 34 y el ordenador 70 están normalmente alojados en un compartimento común, como la unidad MCDC 100. Conforme a las rutinas descritas a continuación y el código informático de ejemplo representado en el Anexo A adjunto al presente documento, el PLC 34 procesa los datos recibidos de los transmisores 22 y 82, el medio 40 de medición de la presión atmosférica, el medio 50 de medición de la temperatura ambiente y el medio 68 de medición de la temperatura del fluido. El PLC 34 también controla la temperatura de los transductores 24 y 84 de presión por medio de calentadores 36 y 96 resistivos y disipadores 38 y 98 de calor respectivamente. El PLC 34 se comunica con el ordenador 70 de interfaz hombre-máquina mediante un medio 72 de transferencia de datos. En el ejemplo, el medio 72 de transferencia de datos es un cable de comunicación de bus estándar. Sin embargo, se podría imaginar fácilmente un medio de transferencia de datos como la comunicación inalámbrica que funcionaría igualmente.
- 10
- 15 El ordenador 70 de interfaz hombre-máquina proporciona el medio mediante el cual el operador interactúa con el sistema para: registrar datos, supervisar el funcionamiento del sistema, ingresar puntos de ajuste de temperatura, registrar el sitio físico específico del trabajo y los datos del cliente, solucionar problemas detectados e ingresar claves de contraseña para autorizar la recopilación de datos.

- 20 El software comienza a funcionar con la inicialización de la recopilación de datos desde dentro y alrededor del tanque. Los datos se recopilan automáticamente mediante programación industrial controlada por ordenador durante un período de tiempo, preferiblemente de 6 a 18 horas. La duración de la prueba depende del tamaño del tanque y del umbral deseado de detección de fugas.

- 25 Como se expondrá e ilustrará más adelante, el ordenador 80 remoto contiene software que realiza regresiones lineales de datos descargados del ordenador 70 de interfaz hombre-máquina. Esta regresión detecta cambios minúsculos en la masa del producto almacenado, indicando de este modo la presencia de la más pequeña de las fugas. A medida que crece la compilación de datos, más precisa es la regresión. El módulo de procesamiento posterior y el software del ordenador 80 remoto es independiente del PLC 34 y el ordenador 70 de interfaz hombre-máquina.

- 30 Hay tres programas o módulos de software involucrados con el sistema de detección de fugas del tanque de almacenamiento de la presente descripción: el programa PLC, el programa informático de interfaz hombre-máquina y el programa de procesamiento posterior operado en el ordenador 80 remoto.

- El programa PLC es ejecutado por el PLC 34 y es responsable de obtener datos (Medida de subrutina) de los transmisores 22 y 82, controlar la temperatura de los transmisores 22 y 82 (subrutinas Temp-Ctr1 y Temp-Ctr12), obtener la temperatura de los transmisores 22 y 82 (subrutina Medida) y almacenamiento de datos de respaldo. Los datos adquiridos por el programa PLC se almacenan dentro del PLC 34 en una memoria no volátil.

- 35 El programa del PLC interroga a los transmisores de presión diferencial (transmisores 22 y 82) a través de una conexión en serie. La presión leída de los transmisores 22 y 82 de presión diferencial representa la altura total debida al fluido y la densidad del fluido, respectivamente. Estos valores de presión son modificados por dos variables adicionales para mejorar la precisión de la lectura. El programa de procesamiento posterior realiza correcciones de altura medidas para a) los cambios de temperatura de la carcasa del tanque basados en mediciones de temperatura ambiente y temperatura del fluido y b) los cambios de presión atmosférica que de otro modo sesgarían los datos debido a la desviación del modo dual. Este procesamiento posterior está destinado únicamente a detectar variaciones de contenido del tanque 60 de almacenamiento debido a fugas y eliminar variaciones debido a cambios ambientales. Cualquier cambio en el diámetro del tanque se acomoda en los cálculos, lo que atribuye adecuadamente todas las variaciones en la presión diferencial a las variaciones en el contenido del tanque 60 de almacenamiento, como a través de fugas.
- 40
- 45

Las subrutinas del PLC Medida y Tx-Cmplt-Int obtienen lecturas de presión y lecturas de temperatura del transductor de los transmisores 22 y 82. Esto puede realizarse cada minuto.

- La subrutina Temp-Ctr1 controla la temperatura del transductor 24 de presión y la subrutina Temp-Ctr12 controla la temperatura del transductor 84 de presión, que se realiza de la siguiente manera: el punto de ajuste de temperatura ingresado por el operador se compara con la temperatura del transductor comunicada digitalmente, la diferencia o error se utiliza entonces para establecer la salida del calentador resistivo.
- 50

Las variables restantes registradas también se obtienen en un marco de tiempo de un minuto. Esto se logra en la subrutina Medida.

- Finalmente, el programa del PLC es responsable del almacenamiento de datos. Esto se logra en la de subrutina Registro. Se almacena un registro por minuto. La organización de los datos es por fecha y hora. El registro de cada minuto incluirá: (1) la presión diferencial que representa la presión hidrostática producida por la masa del fluido (como un número de coma flotante, formato IEEE de 32 bits), (2) la presión diferencial que representa la presión hidrostática
- 55

entre los dos burbujeadores (como un indicador de la densidad del fluido) (como un número de coma flotante, formato IEEE de 32 bits), (3) la presión barométrica (como un número entero de x1000-16 bits), (4) la temperatura ambiente (como un número entero de x100-16 bits), (5) la temperatura del fluido (como un número entero x100-16 bit) y (6) las temperaturas del transductor (como un número entero x100-16 bit).

- 5 El sistema presenta un ordenador 70 de interfaz hombre-máquina para permitir la interacción directa del operador con la unidad, para aceptar los puntos de ajuste de temperatura del transductor del operador, para permitir que el operador visualice gráficamente la recopilación de datos de presión diferencial a través de un gráfico basado en el tiempo, para permitir que el operador determine el estado de la máquina, para permitirle al operador solucionar cualquier error reconocido por el sistema, para proporcionar un segundo medio (primario) para registrar los datos recopilados, para
- 10 permitir que el operador autorice la recopilación de datos a través de la entrada de una "clave de ejecución" predeterminada, que permita al operador registrar el cliente, la ubicación, las características y dimensiones del tanque y las características físicas del fluido.

- El tercer programa de software del sistema de detección de fugas del tanque de almacenamiento de la presente divulgación es el programa de procesamiento posterior. El ordenador 80 remoto realiza este programa. La regresión
- 15 lineal de los datos registrados se realiza de la siguiente manera. Los archivos de datos creados por el programa del PLC se leen, estos incluyen valores de marca de tiempo para la presión hidrostática medida creada por la masa del fluido, la presión de densidad creada por la masa del fluido entre los dos burbujeadores, la temperatura ambiente, la temperatura del fluido, las temperaturas del transductor y la presión atmosférica, junto con las dimensiones del tanque y la gravedad específica del contenido del tanque. Se crean tres presentaciones gráficas de presión hidrostática (masa
- 20 de fluido) versus tiempo, uno de los datos de presión hidrostática en bruto, uno de los datos de presión hidrostática corregida por la densidad y la temperatura de la carcasa del tanque y uno de los datos de presión hidrostática corregida por la temperatura de la carcasa y la densidad con la atmósfera con correcciones de presión. Las correcciones de temperatura de la carcasa del tanque se realizan en función del coeficiente de expansión térmica del material de construcción del tanque y la temperatura calculada de la carcasa del tanque. La temperatura calculada de la carcasa
- 25 del tanque se deriva de una combinación de la temperatura del fluido y la temperatura ambiente en una proporción ingresada por el operador del software, normalmente en el rango de 0,5 a 1,0. La selección de la proporción a aplicar depende de las condiciones físicas del tanque, como la presencia de aislamiento externo, está el tanque por encima o por debajo del nivel del suelo, las condiciones climáticas que incluyen lluvia, viento y humedad y el contenido del tanque (la idoneidad de la relación seleccionada es además verificada por el método presentado a continuación). Las correcciones de la presión atmosférica se realizan en función de la aplicación de un coeficiente de corrección de desviación aplicado a los datos de presión hidrostática (este coeficiente de corrección de desviación se determina empíricamente a través de la observación de las variaciones de la cabeza en función de los cambios de presión
- 30 barométrica en una prueba de tanque de otra manera libre de fugas y bien aislada durante la puesta en marcha inicial del sistema). El operador selecciona períodos de datos y el software realiza regresiones lineales de las tres series de datos de presión hidrostática durante estos períodos. La pendiente resultante de la regresión lineal de la densidad del fluido y la presión hidrostática corregida por la temperatura de la carcasa del tanque con correcciones de presión barométrica se convierte en una tasa de fuga en función de las dimensiones y el nivel del fluido y la gravedad específica del contenido del tanque.

- Se cree que, aunque es seguro y eficiente, el presente dispositivo evitará inconvenientes significativos y proporcionará
- 40 una utilidad considerable a aquellos que deseen detectar fugas en tanques de almacenamiento horizontales de forma cilíndrica. Específicamente, el presente dispositivo permitirá detectar fugas muy pequeñas en grandes tanques de almacenamiento de una manera consistente y rentable.

- Aunque la invención se ha descrito con referencia a modos de realización específicos, esta descripción no pretende ser interpretada en un sentido limitado y el alcance de la protección está limitado por la materia definida por las reivindicaciones.
- 45

COMENTARIOS DE PROGRAMA

Anexo 1

Red 1

Primer escaneo solo

Comenzar las cosas

Si el interruptor de reinicio forzado está cerrado, es una nueva prueba, así que reinicie el conteo de archivos, entre otras cosas

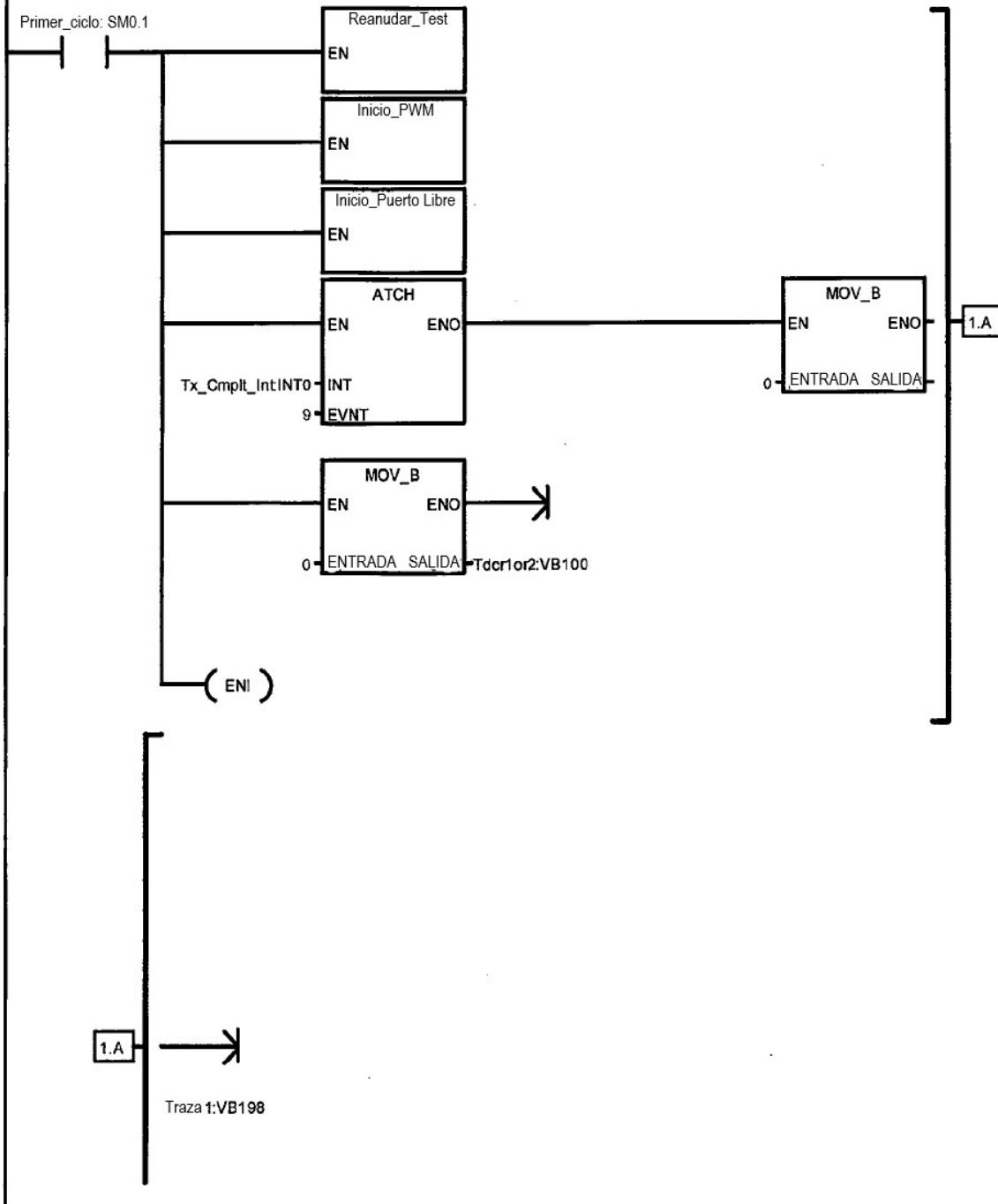
Si el interruptor de reinicio forzado está abierto, el probador está reanudando una prueba en curso después de apagarse por algún motivo

Inicio modulación de ancho de pulso

Inicio comunicaciones de puerto libre para comunicaciones con transductor

Adjuntar la interrupción completa de la transmisión para controlar las comunicaciones/lógica para las comunicaciones del transductor

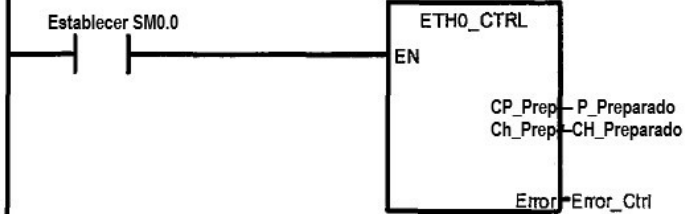
Habilitar interrupciones



Símbolo	Dirección	Comentario
Primer_ciclo	SM0.1	Este bit es VERDADERO solo en el primer ciclo
Tdclor2	VB100	
Traza1	VB198	traza a través de pou
Tx_Cmplt_Int	EN	INTERRUPCIÓN DE COMENTARIOS DE RUTINA

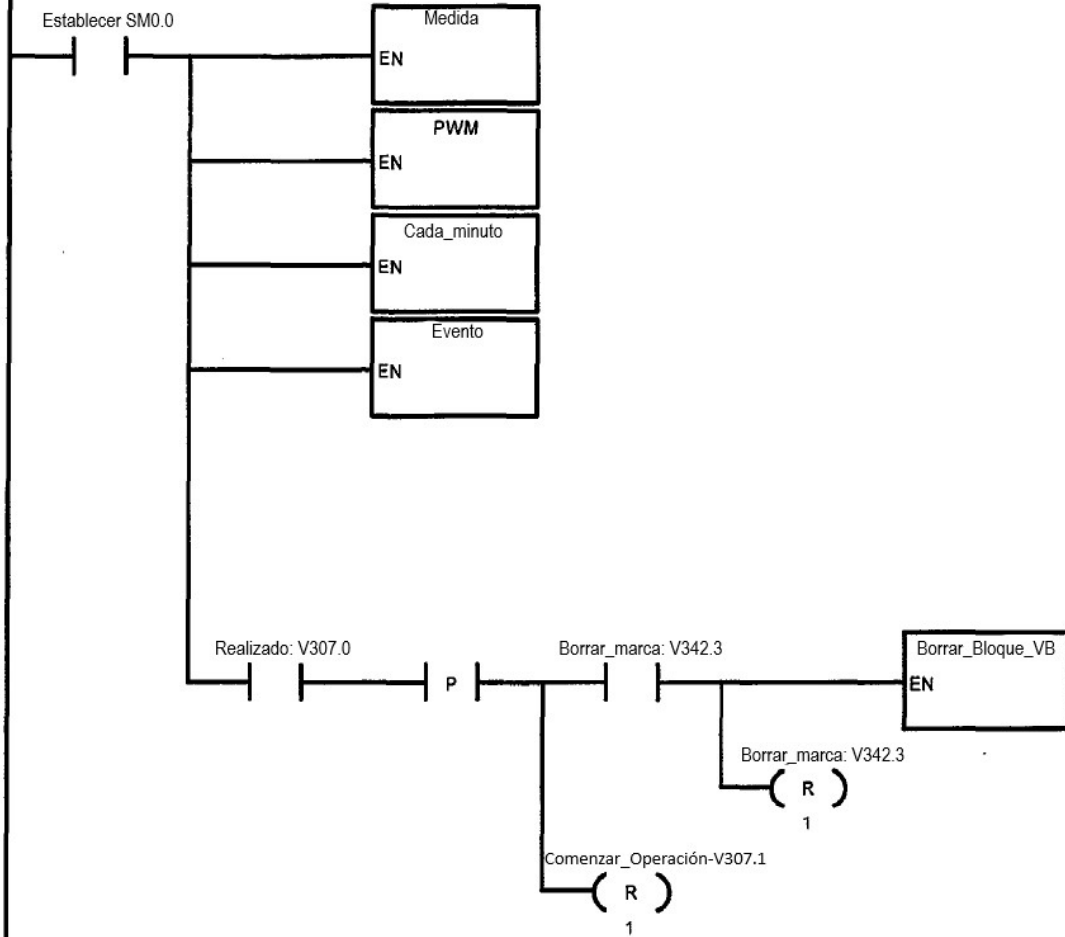
Red 2 Subrutina de Sistema para inicialización y control del CP 243-1 IT

Creado por el asistente de ethernet

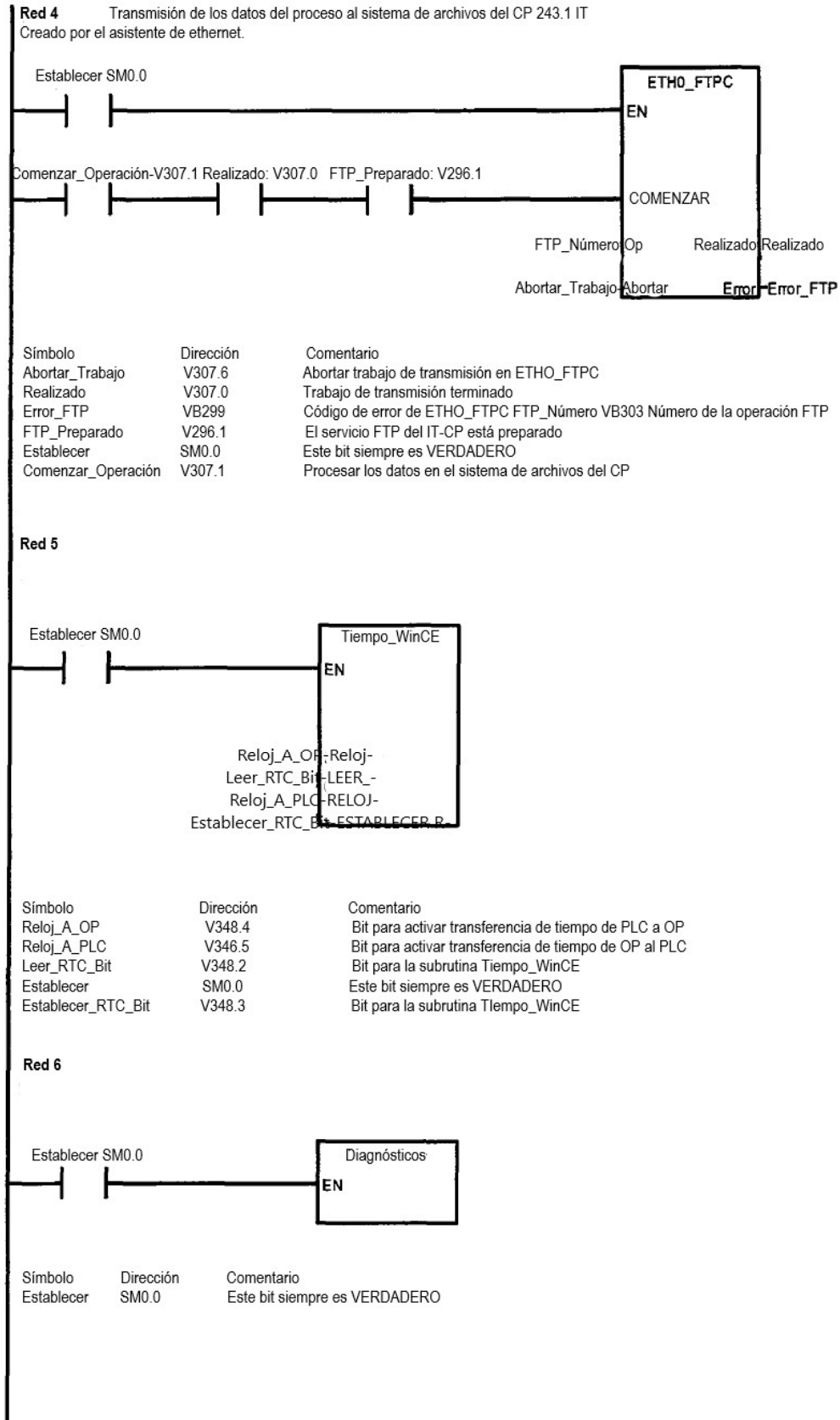


Símbolo	Dirección	Comentario
CH_Preparado	VW295	Estado de los canales y servicios individuales
CP_Preparado	V307.5	Estado del CP 243-1 IT
Error_Ctrl	VW297	Código de error del ETH0_CTRL
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

Red 3 Adquisición de valores de proceso
Bucle de control de hombre, medir (obtener datos), calefactor de control (PWM), verificar eventos de entrada de interés, registrar datos (cada minuto)



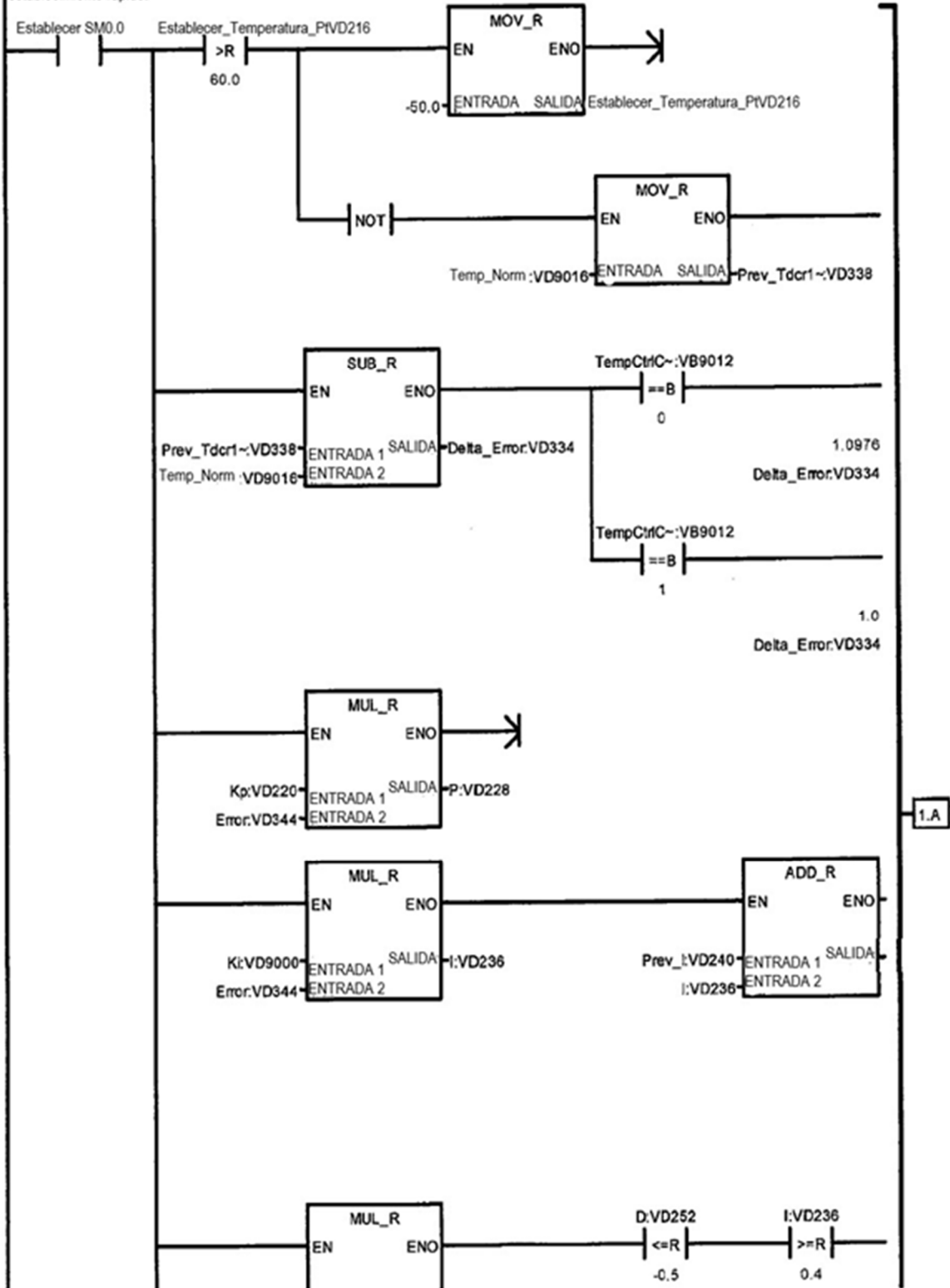
Símbolo	Dirección	Comentario
Borrar_marca	V342.3	Borrar el bloque de datos VB después de la operación FTP
Realizado	V307.0	Trabajo de transmisión terminado
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO
Comenzar_Operación	V307.1	Procesar datos en el sistema de archivos del CP

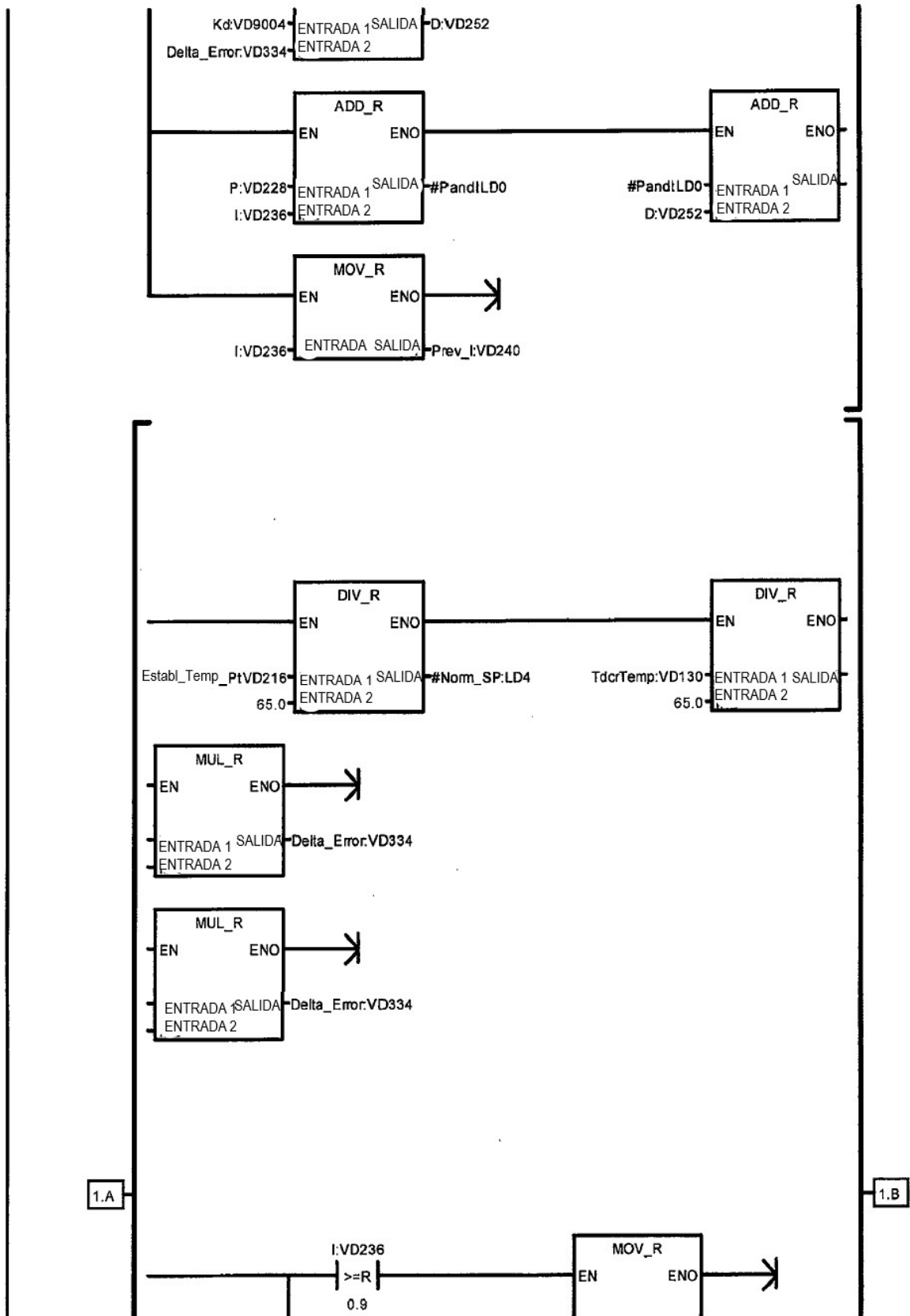


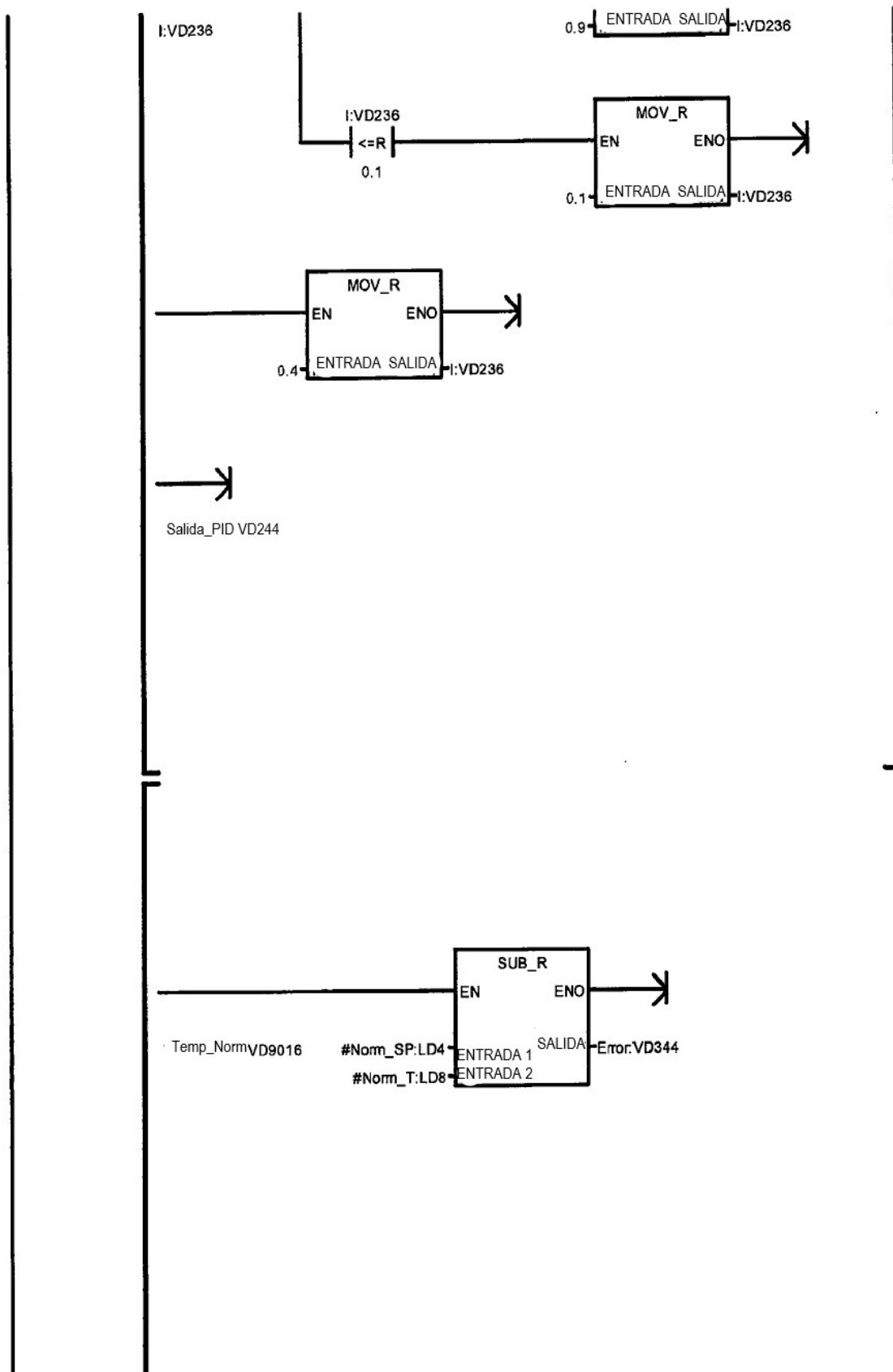
Esta rutina es un circuito PID codificado que controla el calentador.

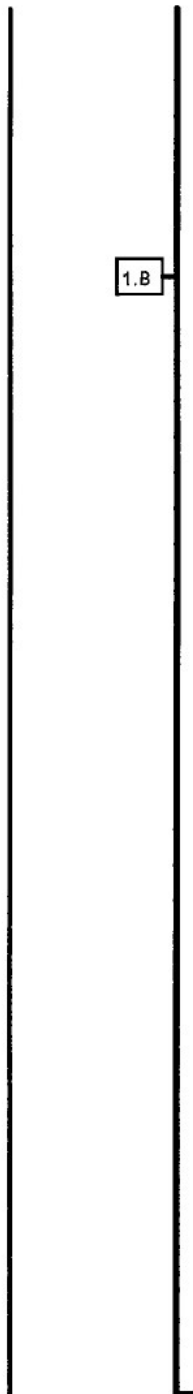
Red 1 Título de red

Este es un bucle PID codificado con una función de seguridad de temperatura máxima. La acción al límitel está limitada para ayudar a controlar el establecimiento rápido.







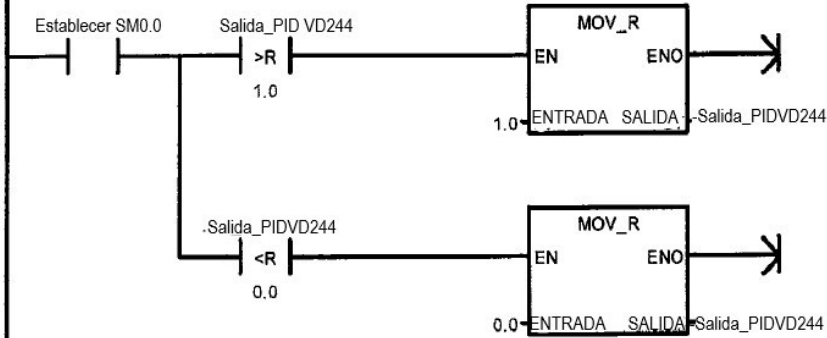


Símbolo	Dirección	Comentario
D	VD252	Porción Derivativa de PID
Delta_Error	VD334	
Error	VD344	Error de temperatura del Transductor
I	VD236	Porción integral de PID
Kd	VD9004	Calculado a partir de Ganancia, Tiempo Diferencial y Período de Muestra
Ki	VD9000	Calculado a partir de Ganancia, Tiempo Integral y Período de Muestra
Kp	VD220	Ganancia de Bucle
Temp_Norm	VD9016	Temp Normalizada Tdcr1
P	VD228	Parte proporcional de PID
Salida_PID	VD244	Salida de PID
Prev_I	VD240	Valor anterior de la Porción Integral

Prev_Tdcrt_NTemp	VD338	Error de punto de establecimiento anterior
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO
TdcrtTemp	VD130	Temp del Transductor (real)
Establ_Temp_Pt	VD216	Temp del Transducogtr Deseada/Objetivo en grados C
TempCtrlCiclo	VB9012	Alternar para Ciclos Largos o Cortos

Red 2

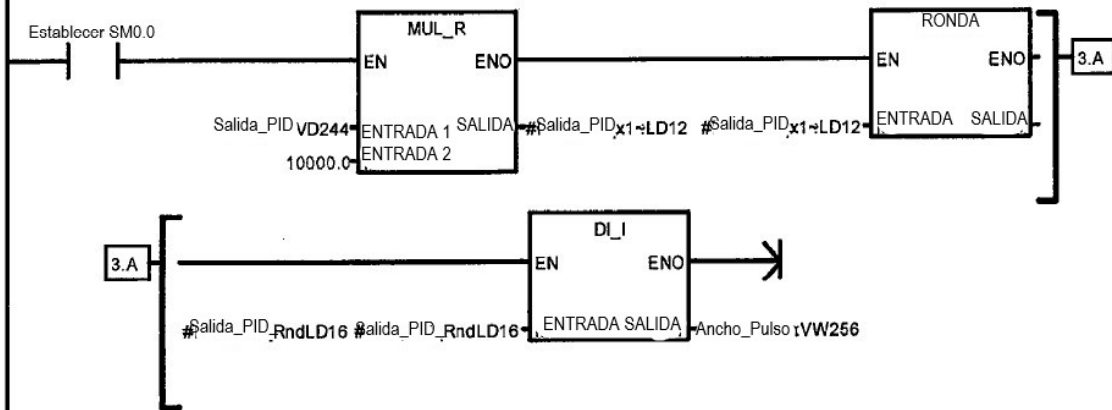
Limitar el tiempo máximo y mínimo del calentador a 0 y 1 (0% y 100% del tiempo).



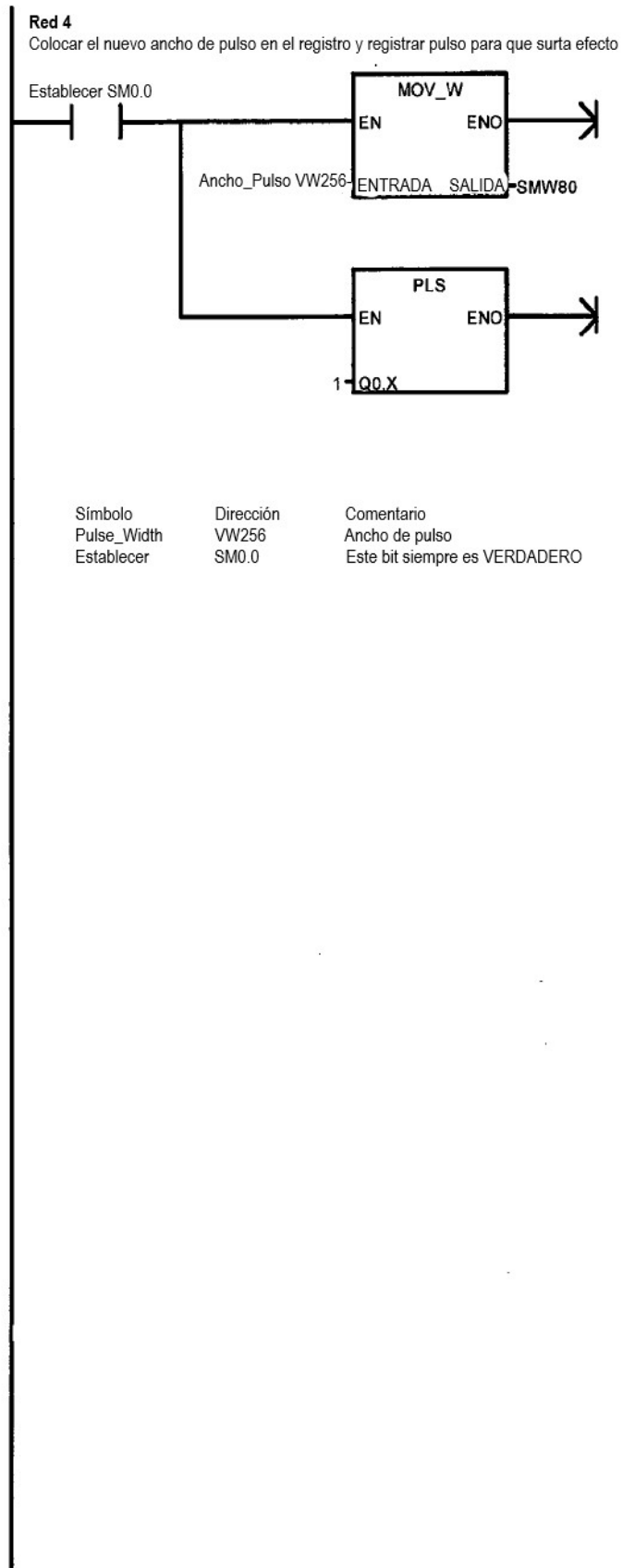
Símbolo	Dirección	Comentario
Salida_PID	VD244	Salida de PID
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

Red 3

Convertir el % del calentador en un ancho de pulso en términos de ms por 10.000 ms.

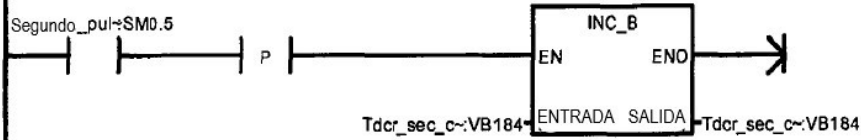


Símbolo	Dirección	Comentario
Salida_PID	VD244	Salida de PID
Ancho_Pulso	VW256	Ancho de pulso
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO



Red 1 Segundo contador

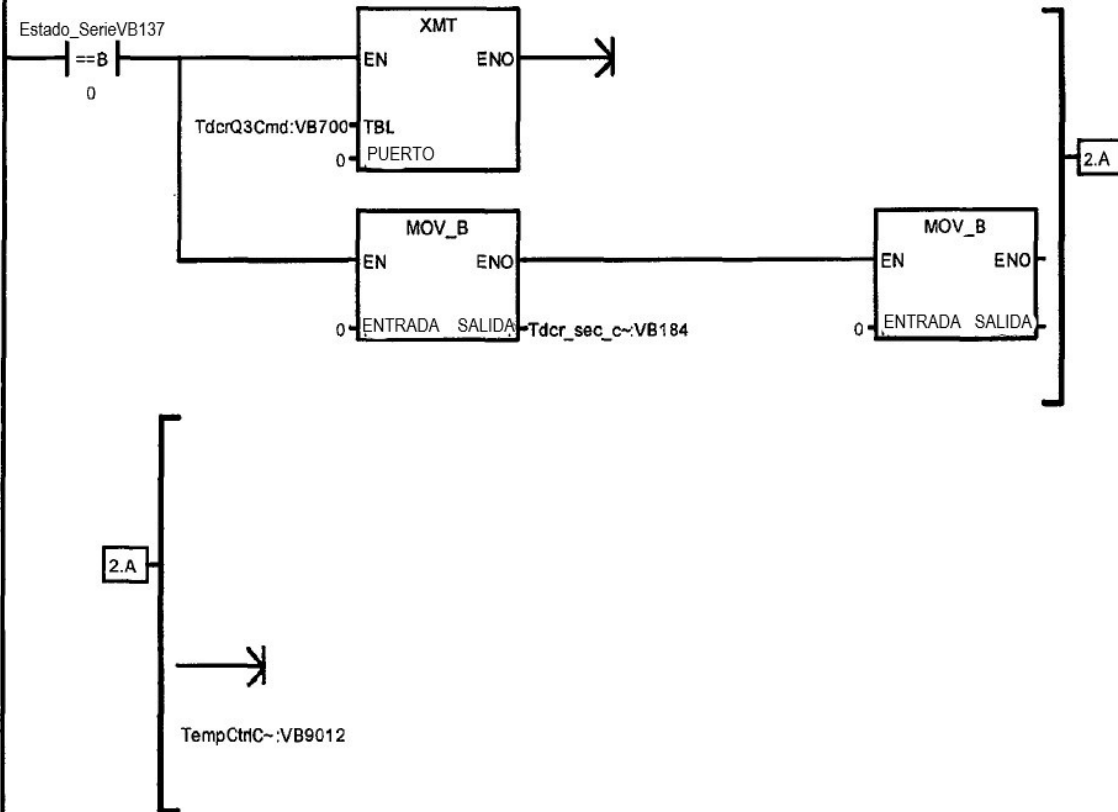
Este segundo contador controla las comunicaciones junto con el byte de Para-Estado



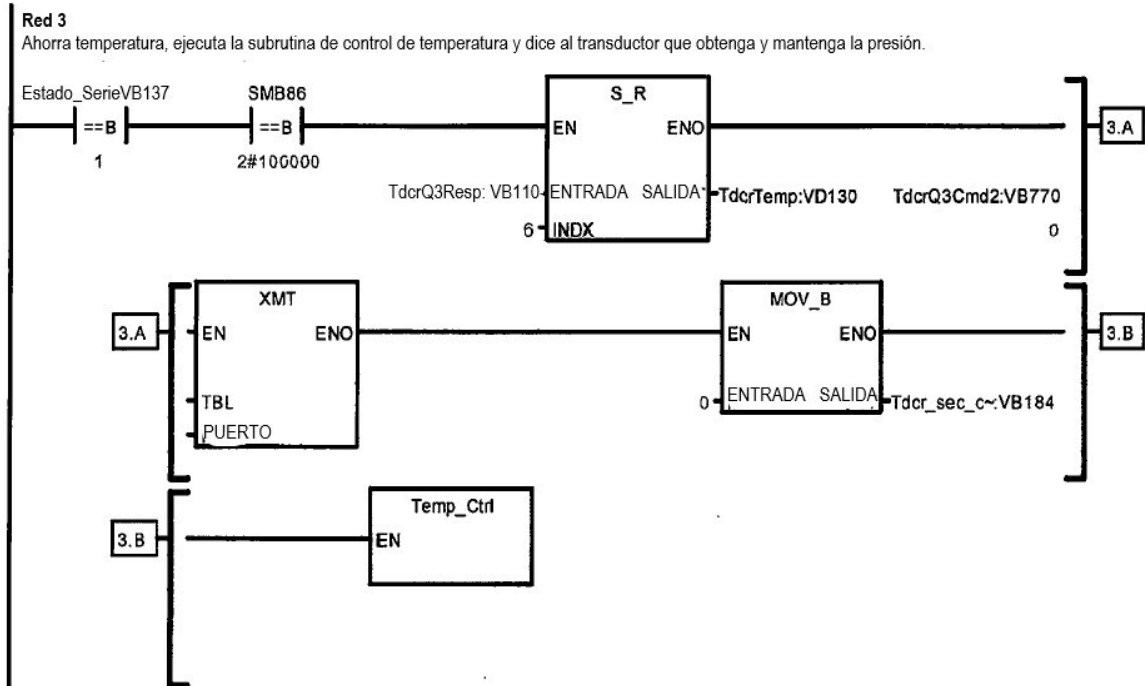
Símbolo	Dirección	Comentario
Segundo_pulso	SM0.5	Uso como segundo contador yendo alto
Tdcrc_seg_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdcrc en serie

Red 2

Solicitar temperatura al transductor.



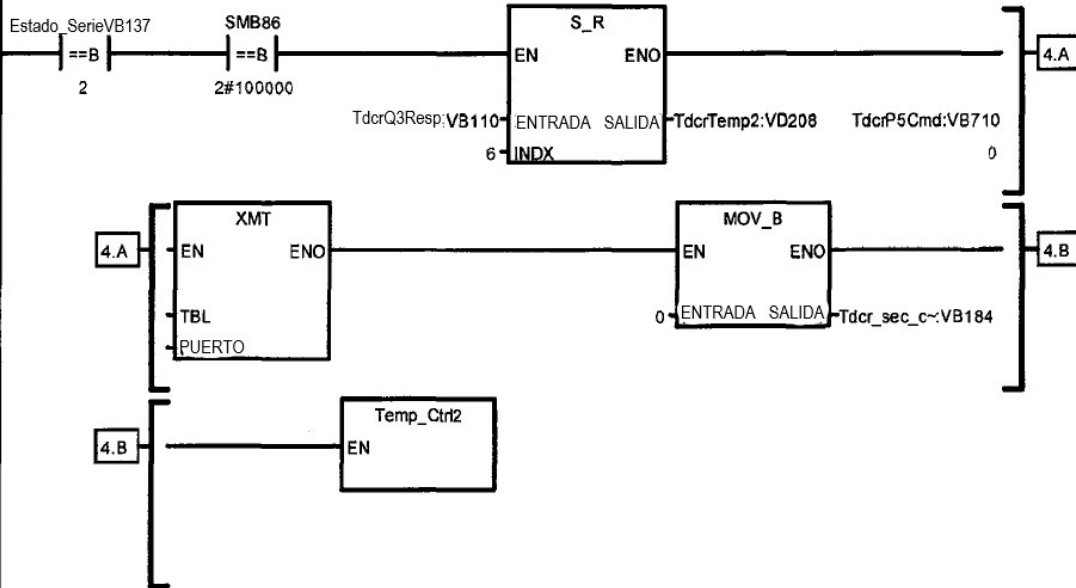
Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado de comunicación del transductor: 0=Rcv temp, 1 = GConsigue/Mantiene Pres, 2=Rcv Presión
Tdcrc_seg_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdcrc en serie
TdcrcQ3Cmd	VB700	Obtiene y responde con una temperatura del transductor
TempCtrlCiclo	VB9012	Alternar para ciclo largo o corto



Símbolo	Dirección	Comentario
Serial_State	VB137	Estado del transductor coms: 0=Rcv temp, 1=Consigue/mantiene Presión, 2=Rcv Presión
Tdc sec_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tda en serie
TdcQ3Cmd2	VB770	Obtiene y mantiene una temperatura de barómetro
TdcQ3Resp	VB110	Temperatura del transductor (ascii)
TdcTemp	VD130	Temperatura del transductor (real)

Red 4

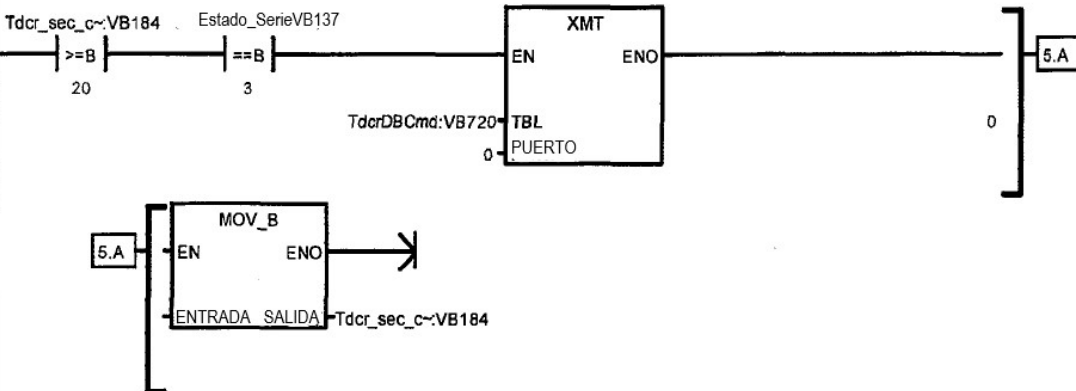
Ahorra temperatura, ejecuta la subrutina de control de temperatura y dice al transductor que obtenga y mantenga la presión.



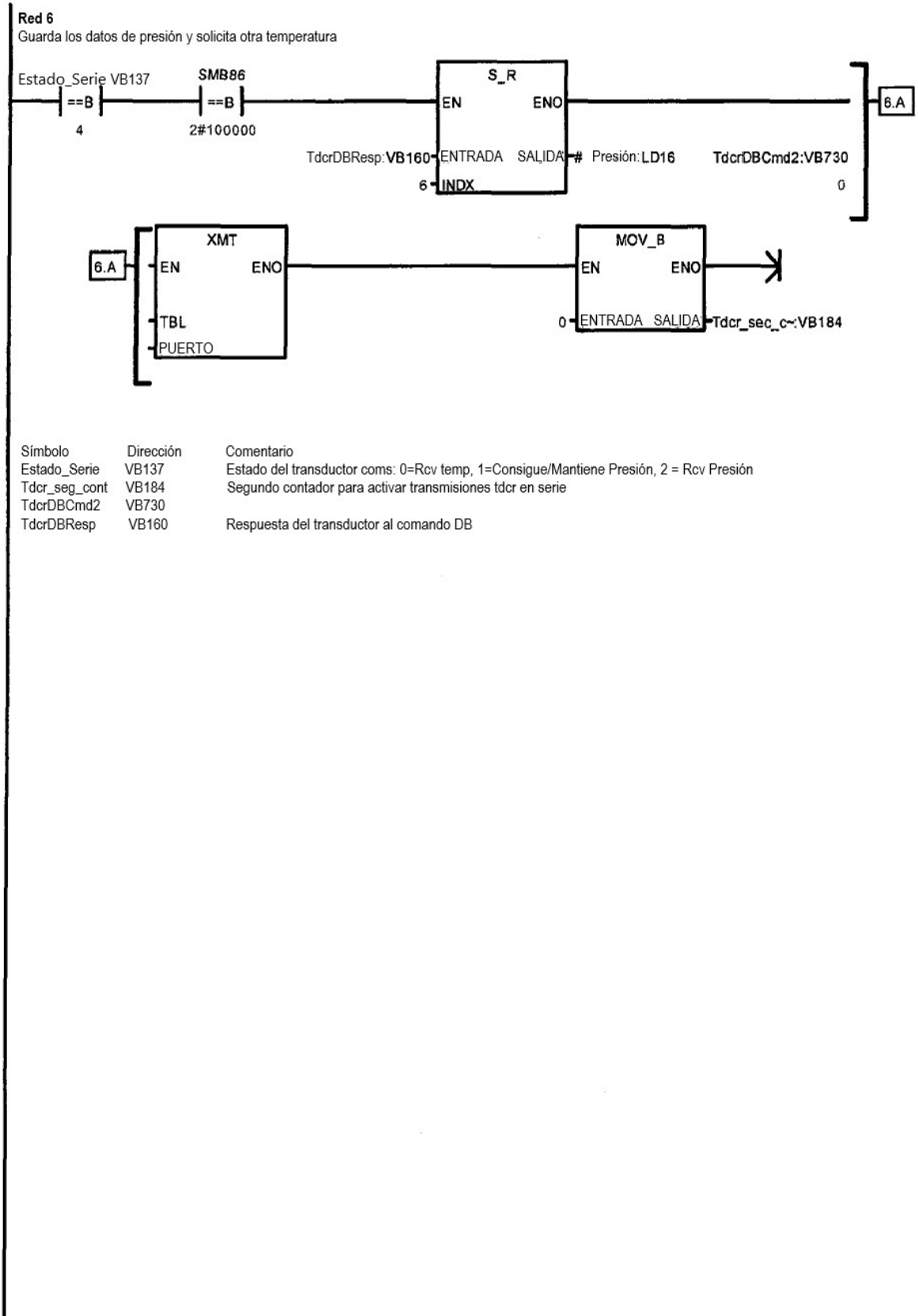
Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado de comunicación del transductor: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presión, 2=Rcv Presión
TdcSecC_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdc en serie
TdcP5Cmd	VB710	Obtiene y mantiene una presión del transductor
TdcQ3Resp	VB110	Temperatura del transductor (ascii)
TdcTemp2	VD208	Temp. De densidad Tdc

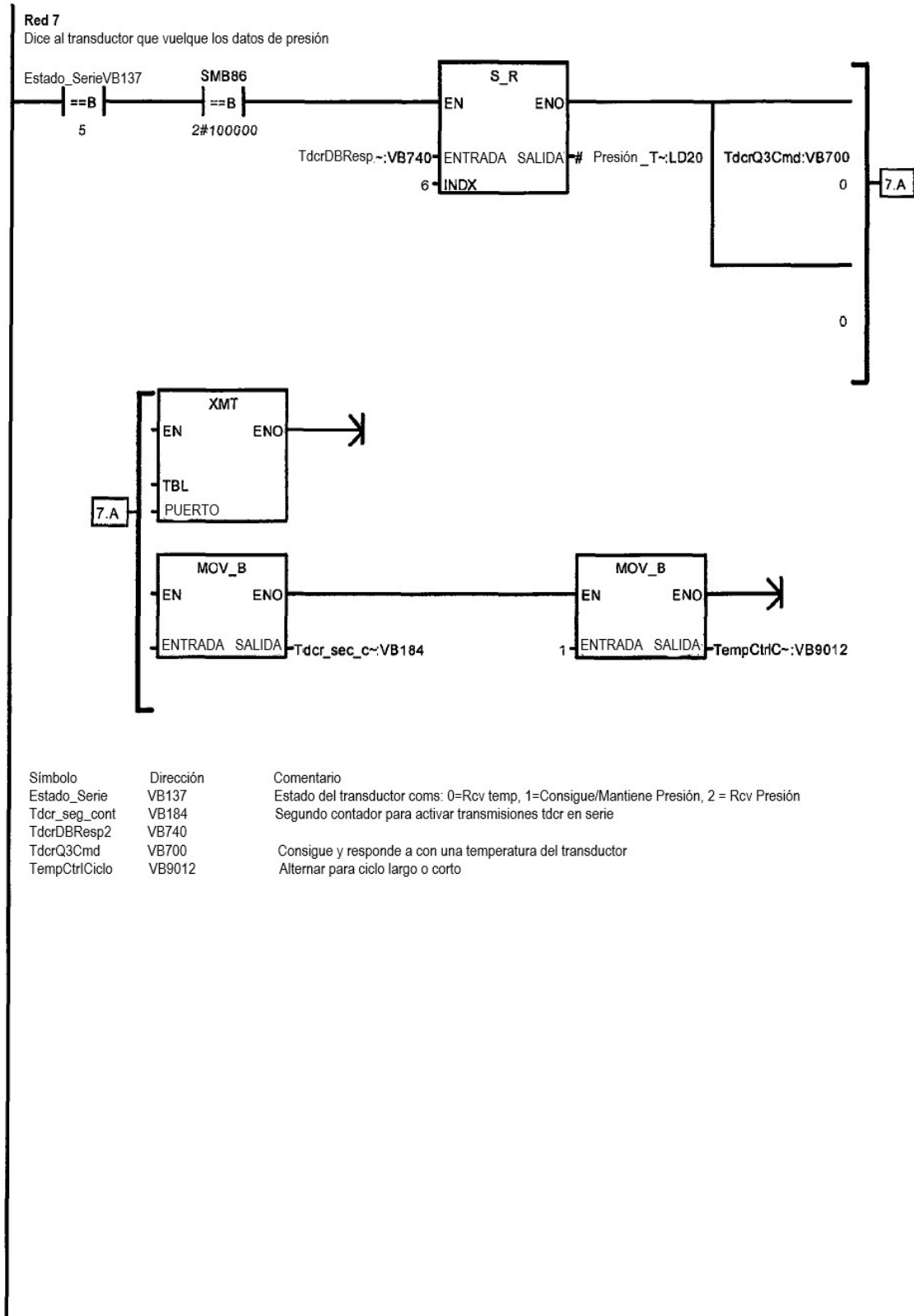
Red 5

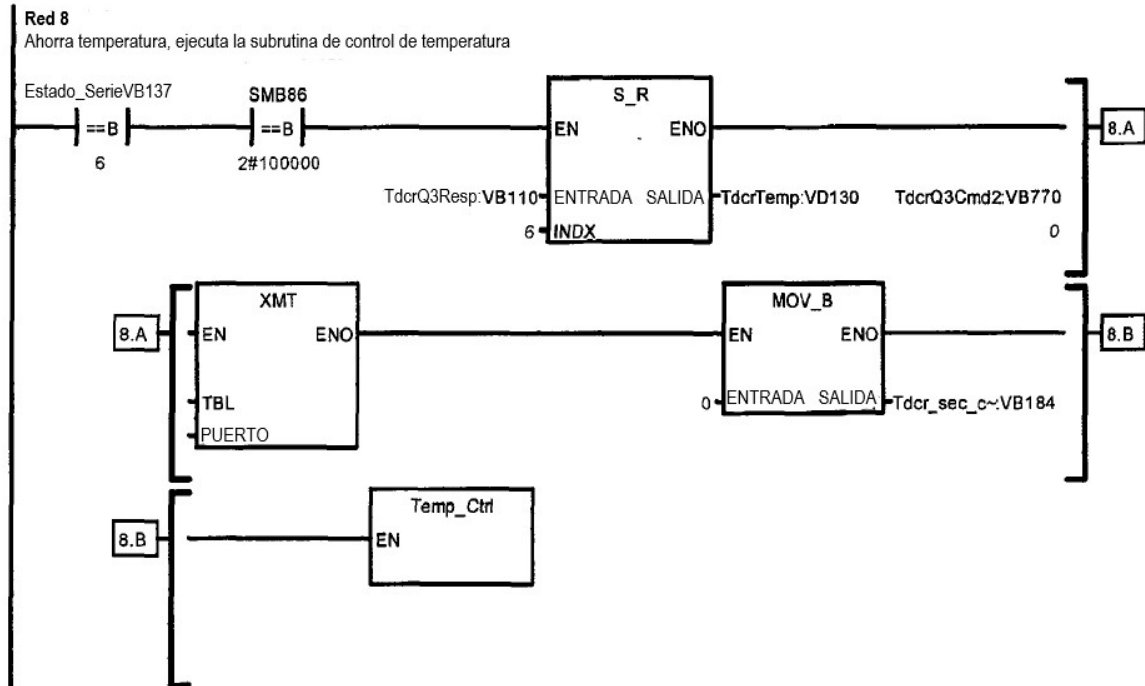
Dice al transductor que vuelque los datos de presión



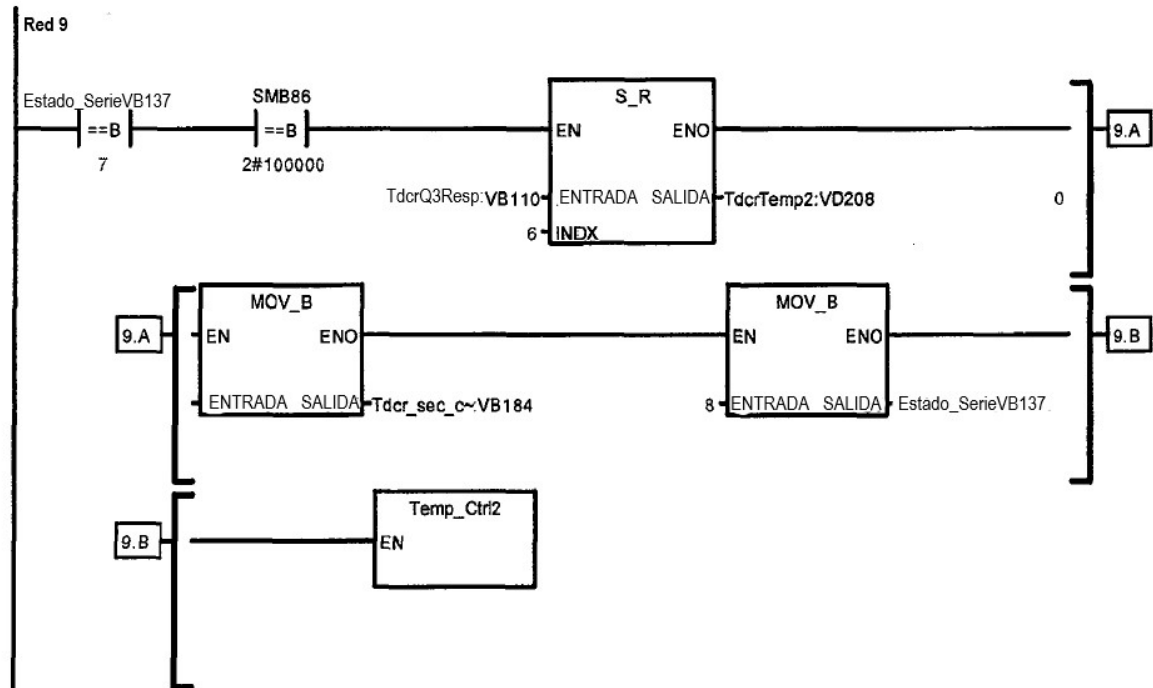
Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado del transductor coms: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presión, 2 = Rcv Presión
TdcSecC_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdc en serie
TdcDBCcmd	VB720	Responde con presión mantenida del transductor







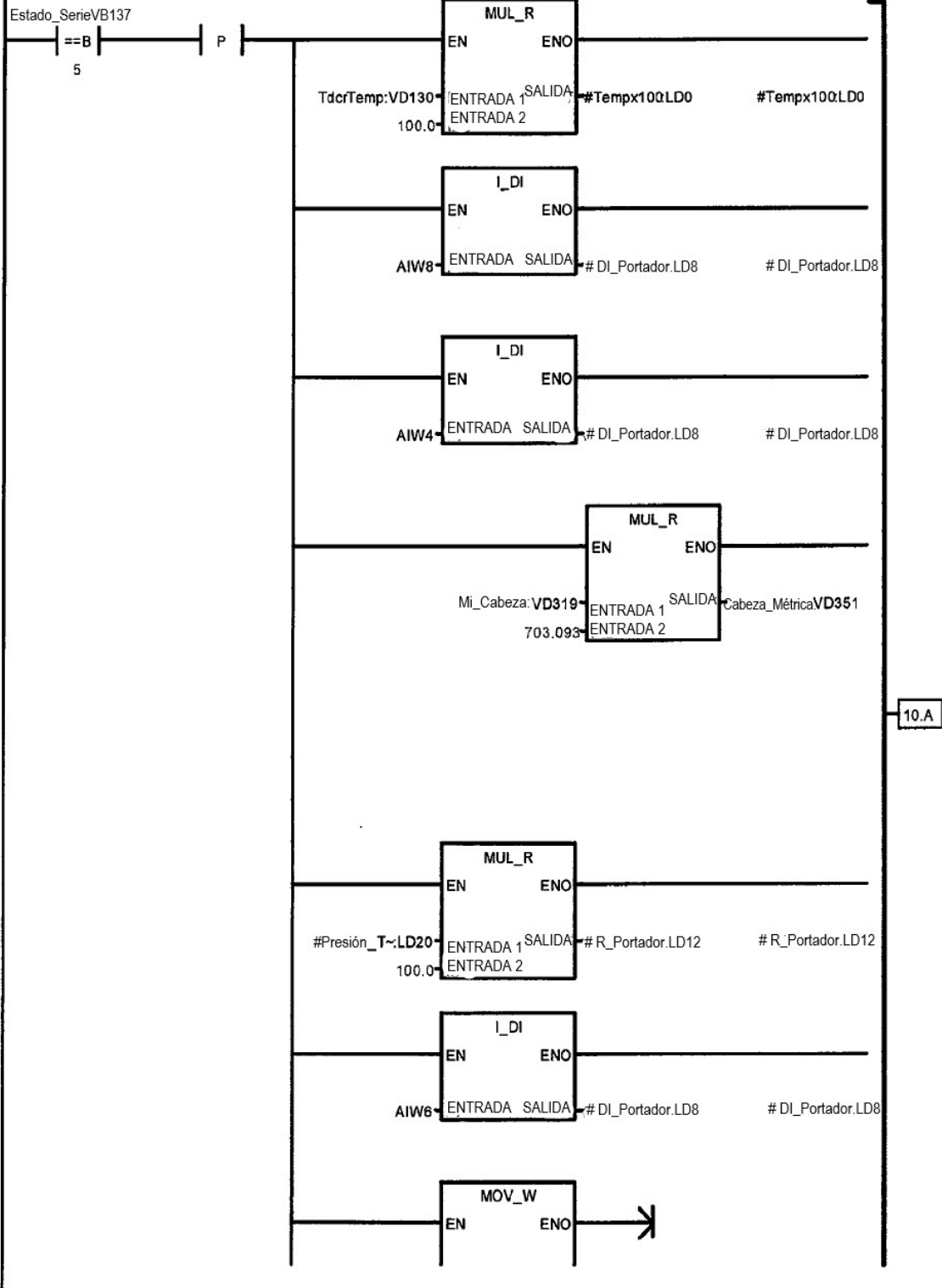
Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado del transductor coms: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presion, 2 = Rcv Presión
TdcR_sec_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdcR en serie
TdcRQ3Cmd2	VB770	Consigue y mantiene una temperatura de barómetro
TdcRQ3Resp	VB110	Temperatura del transductor (ascii)
TdcTemp	VD130	Temperatura del transductor (real)

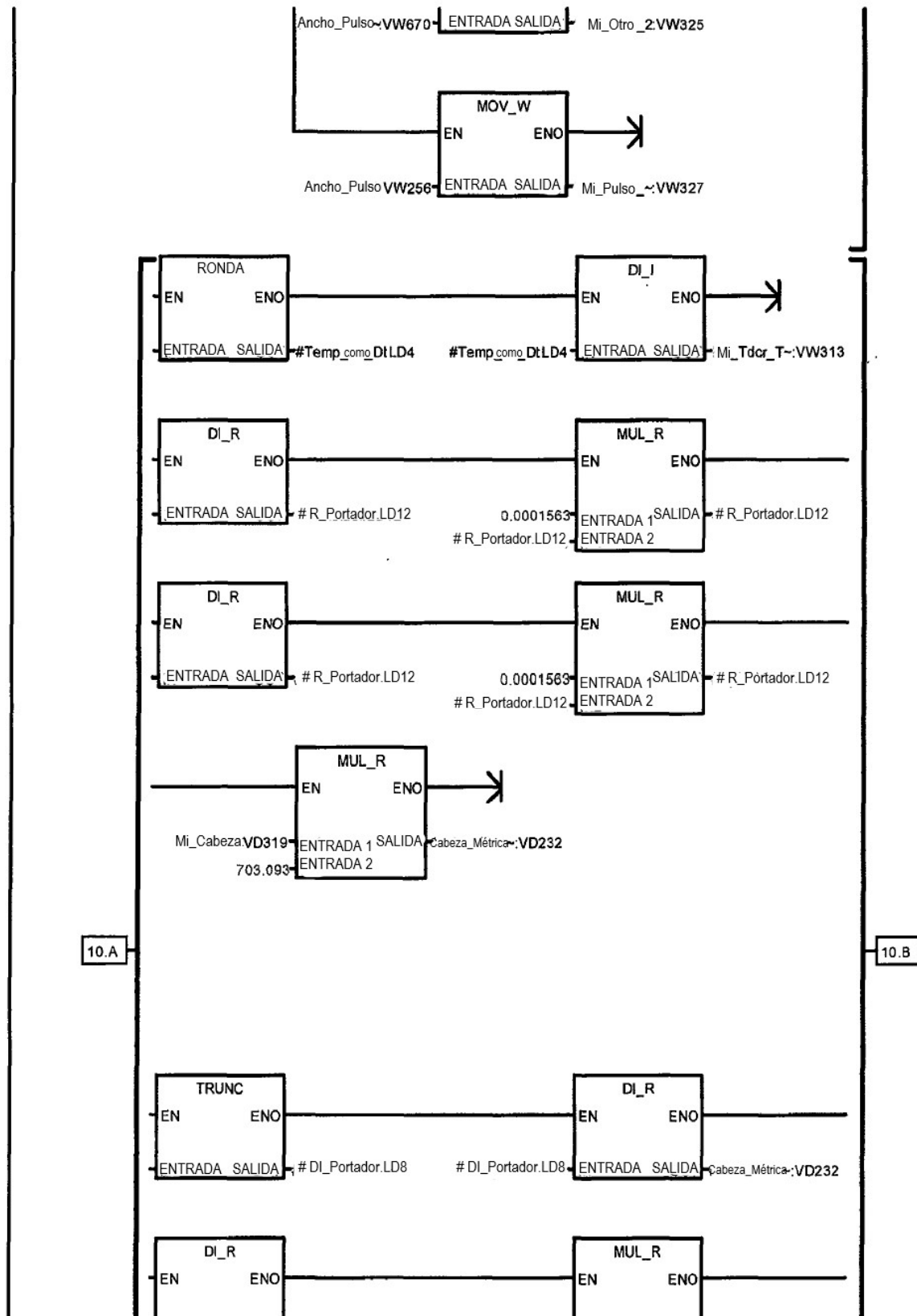


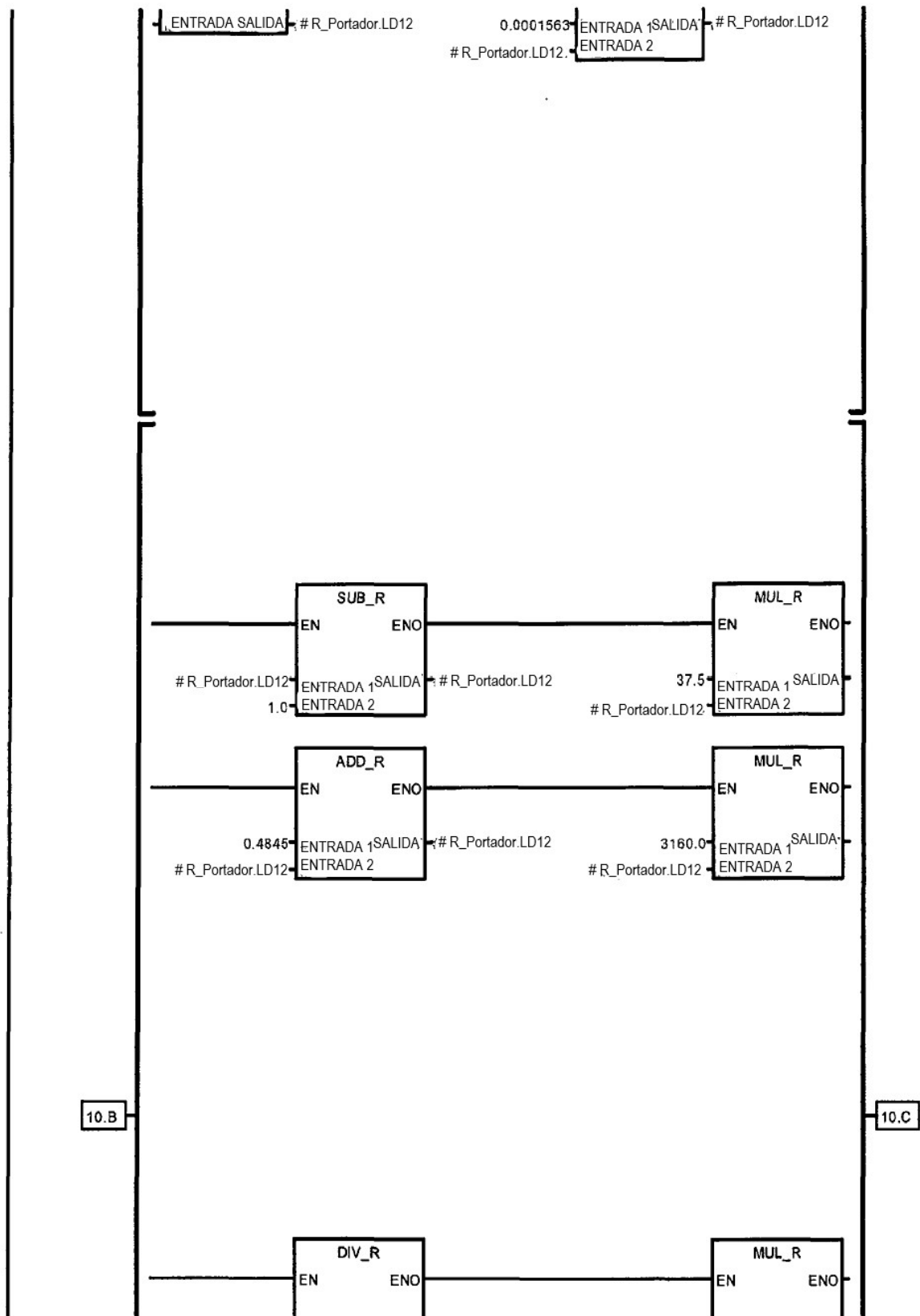
Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado de comunicación del transductor: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presión, 2=Rcv Presión
TdcR_seg_cont	VB184	Segundo contador para activar transmisiones tdcR en serie
TdcRQ3Resp	VB110	Temperatura del transductor (ascii)
TdcTemp2	VD208	Temp. De densidad TdcR

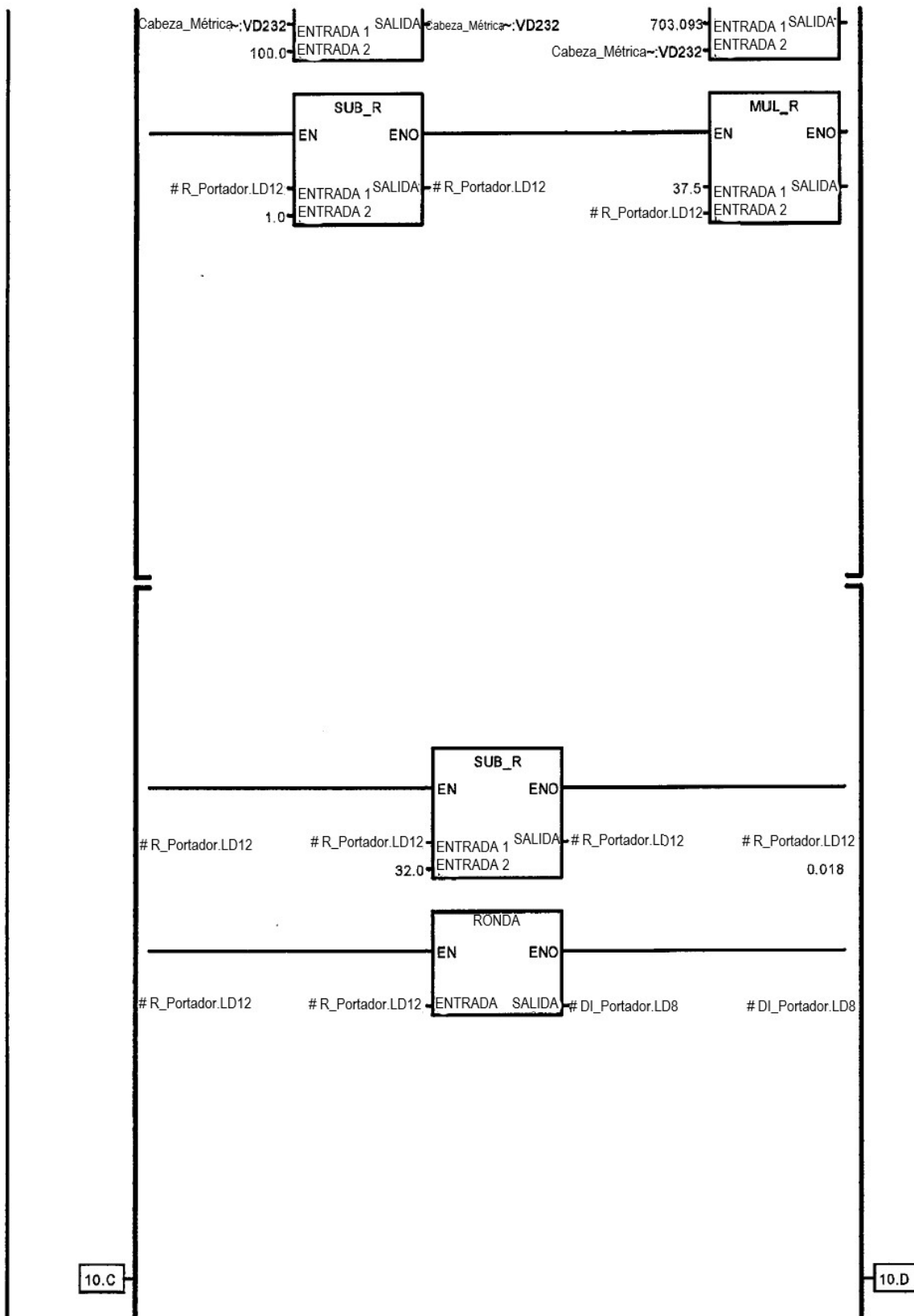
Red 10

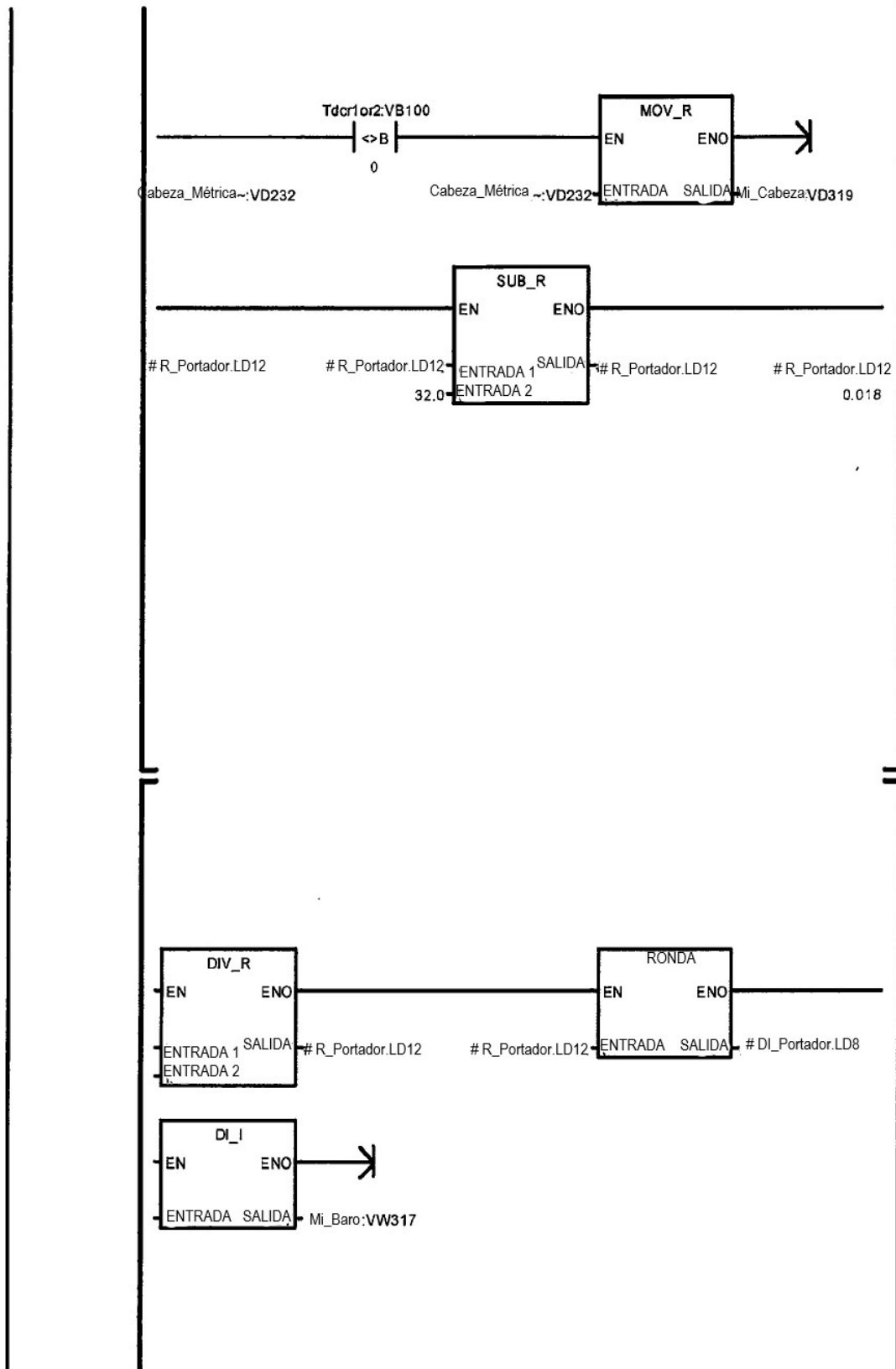
Al final de la escala del ciclo de 1 minuto y mueve datos en preparación para escribir un registro, conseguir datos de entrada analógica.

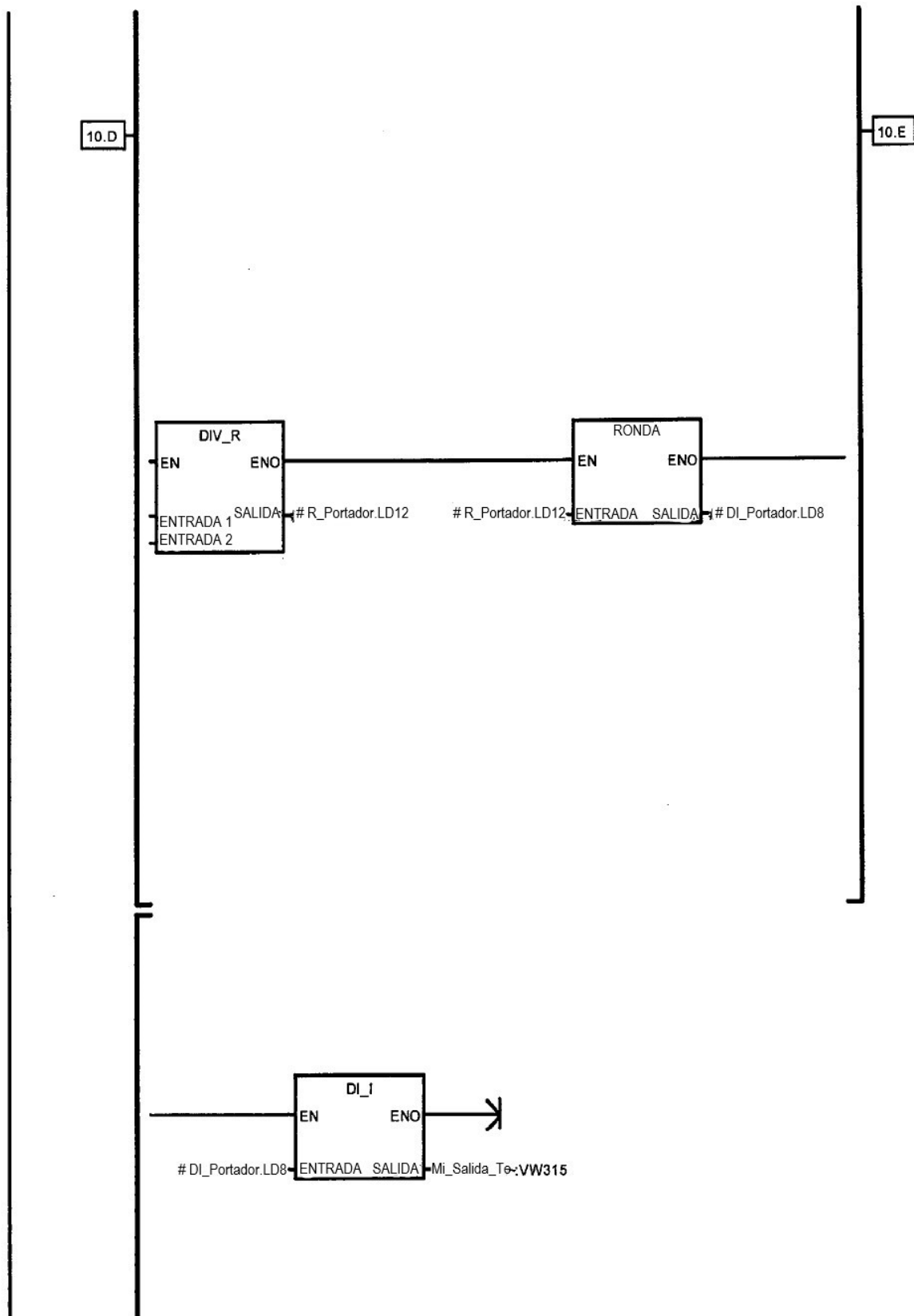


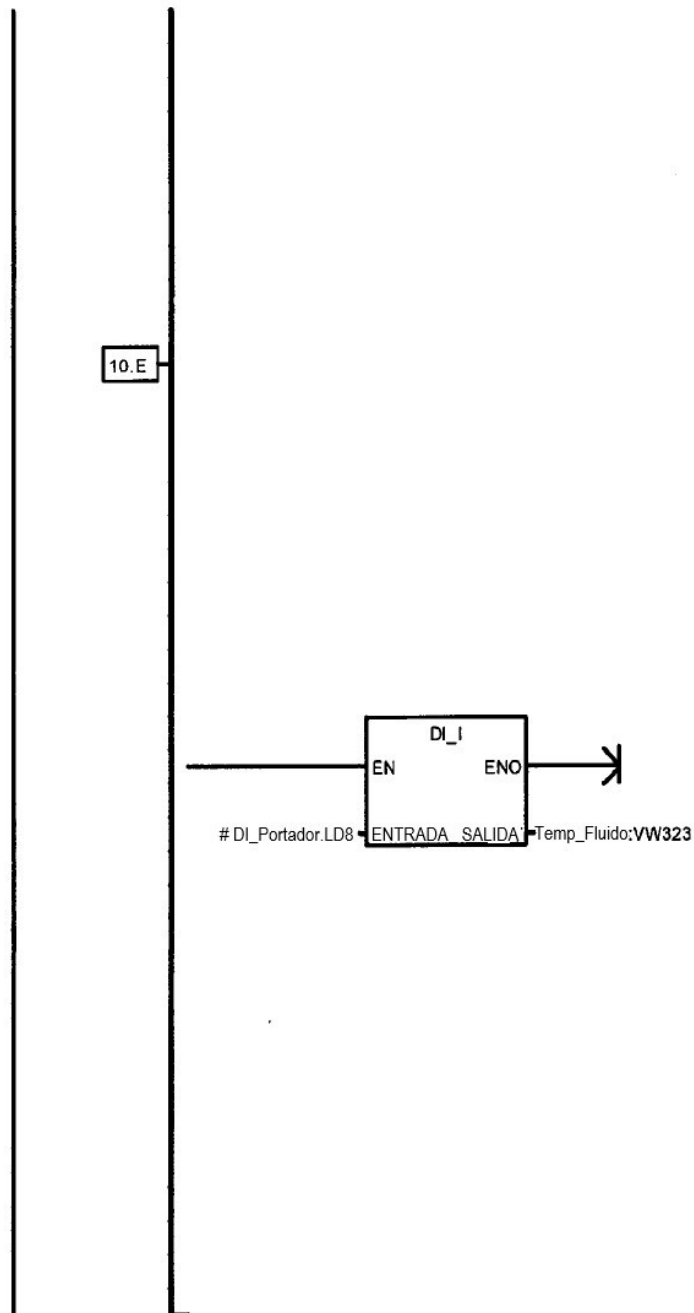




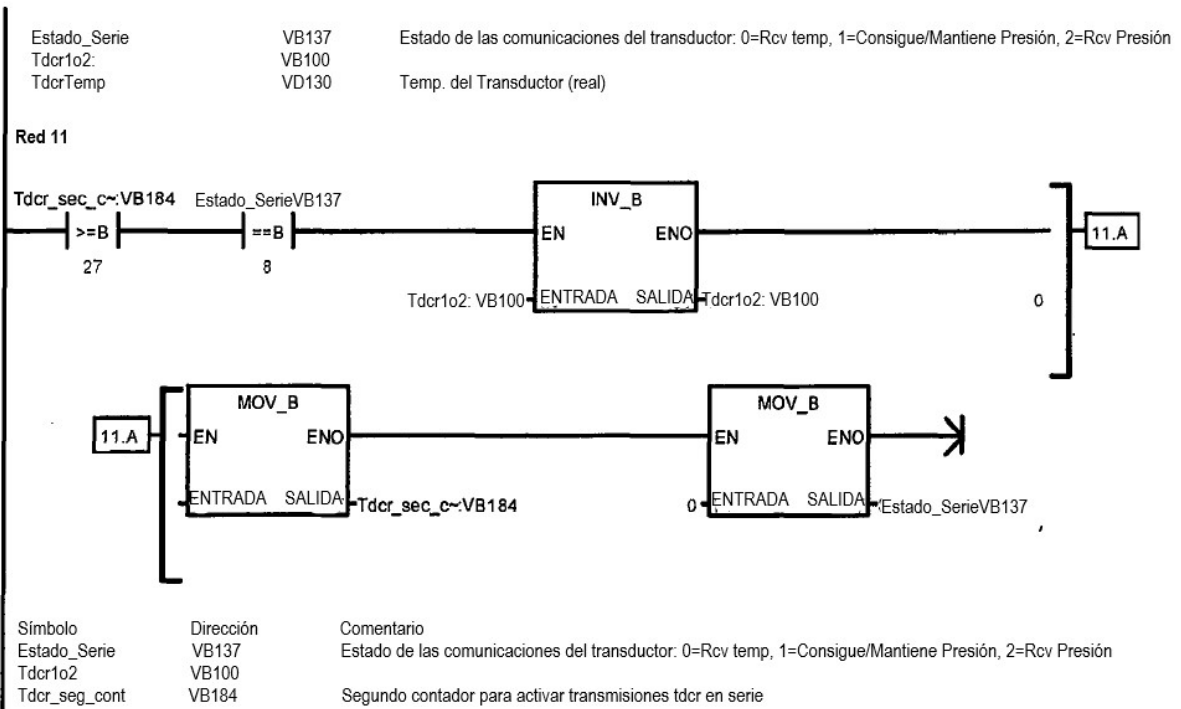


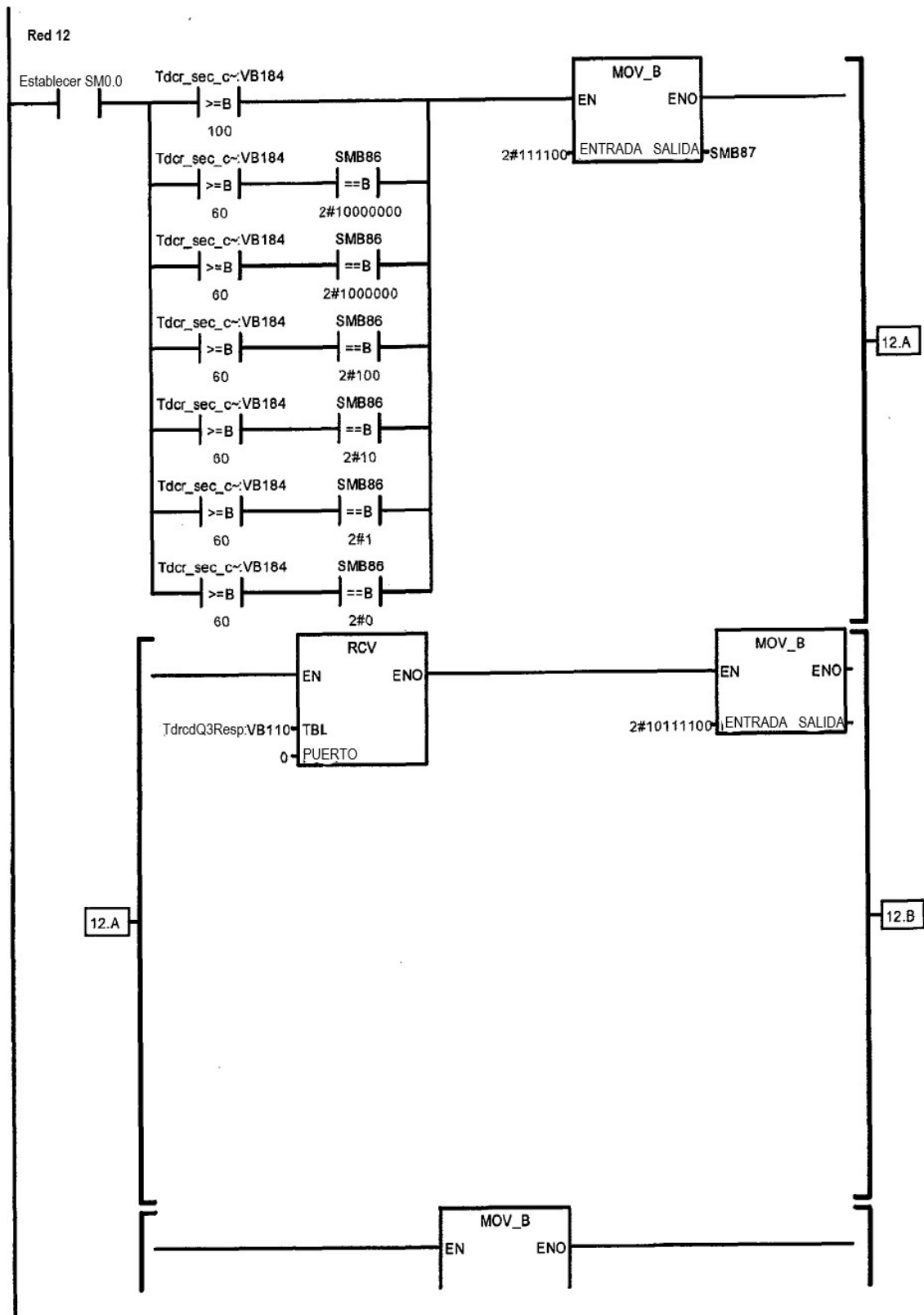


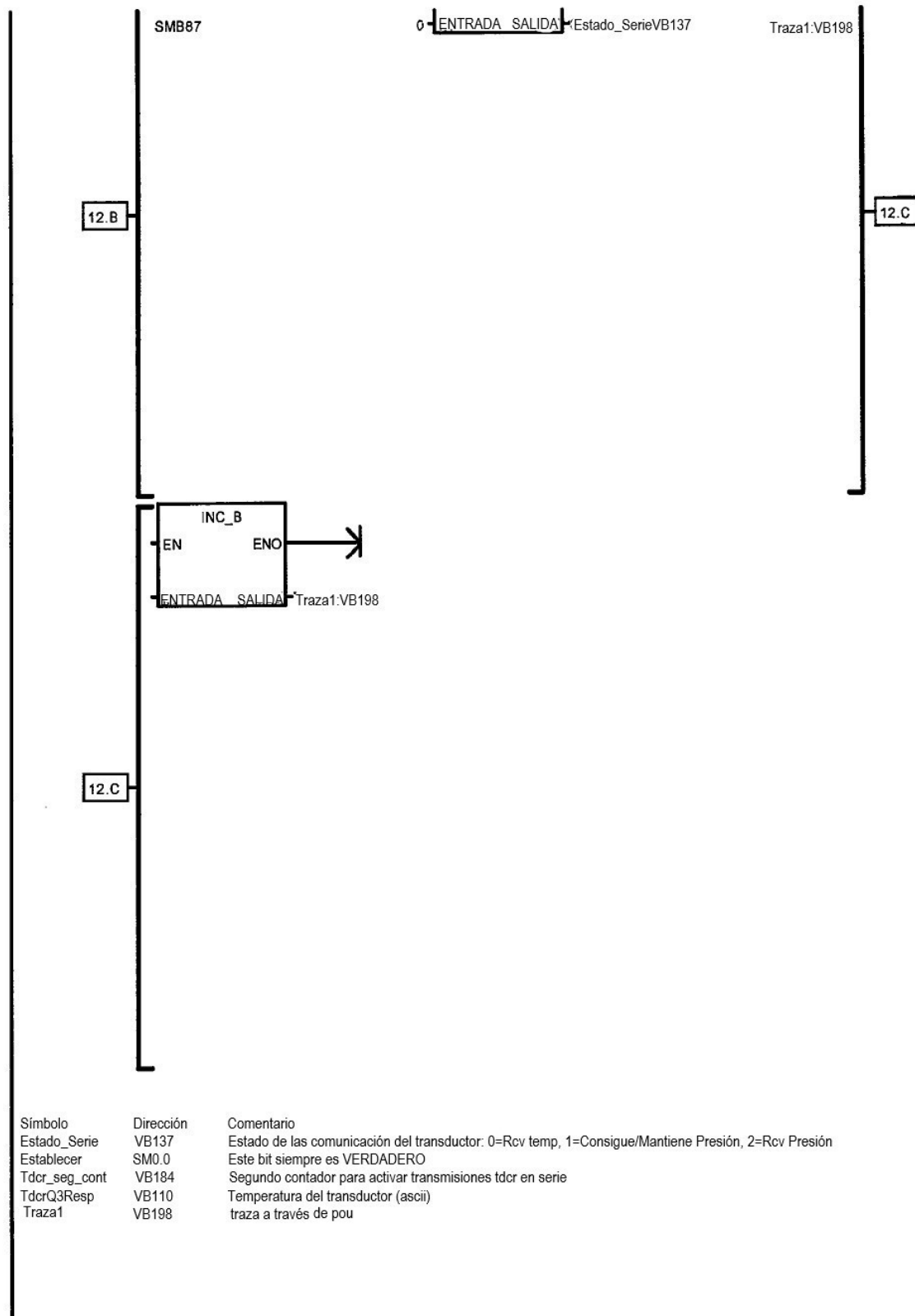


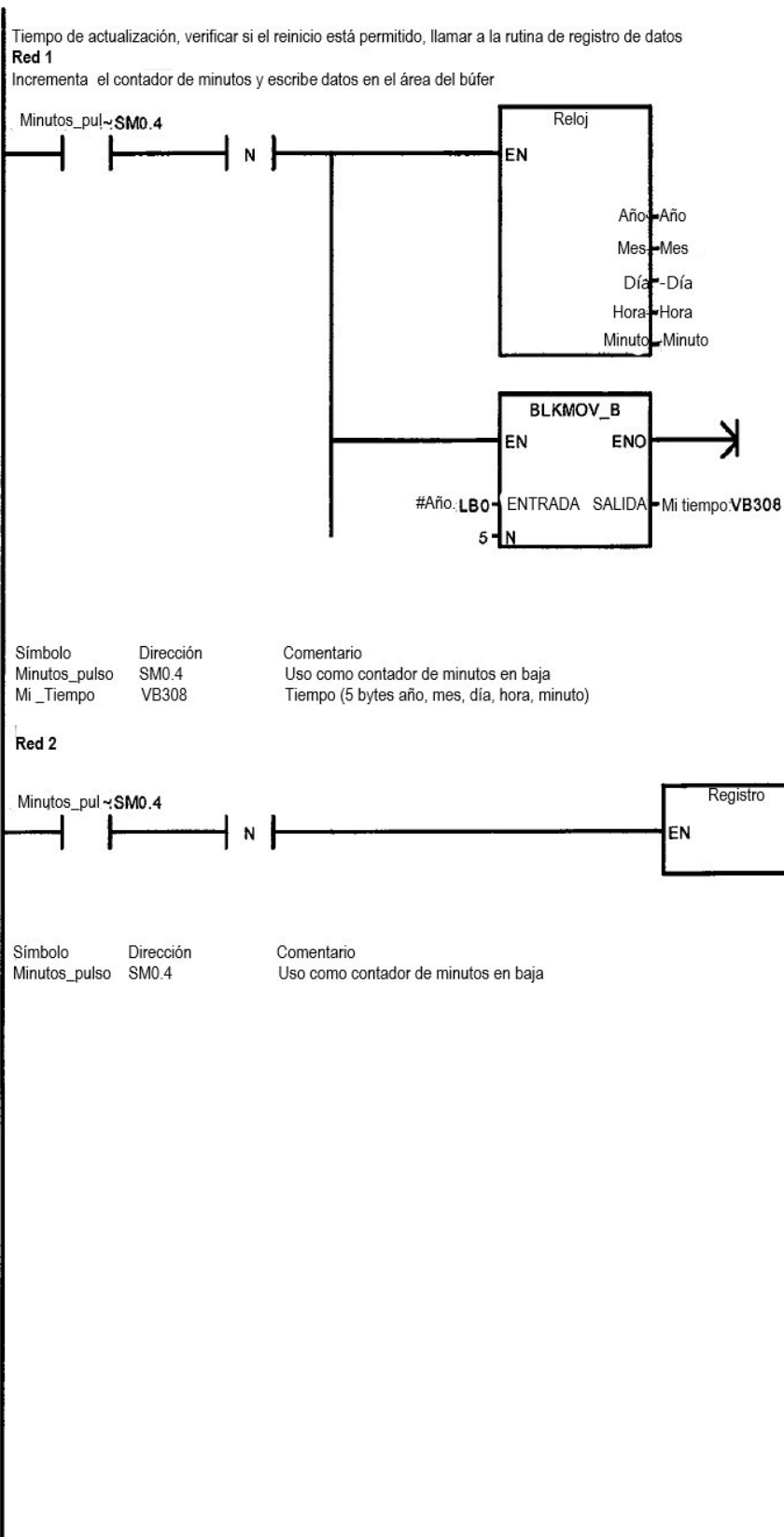


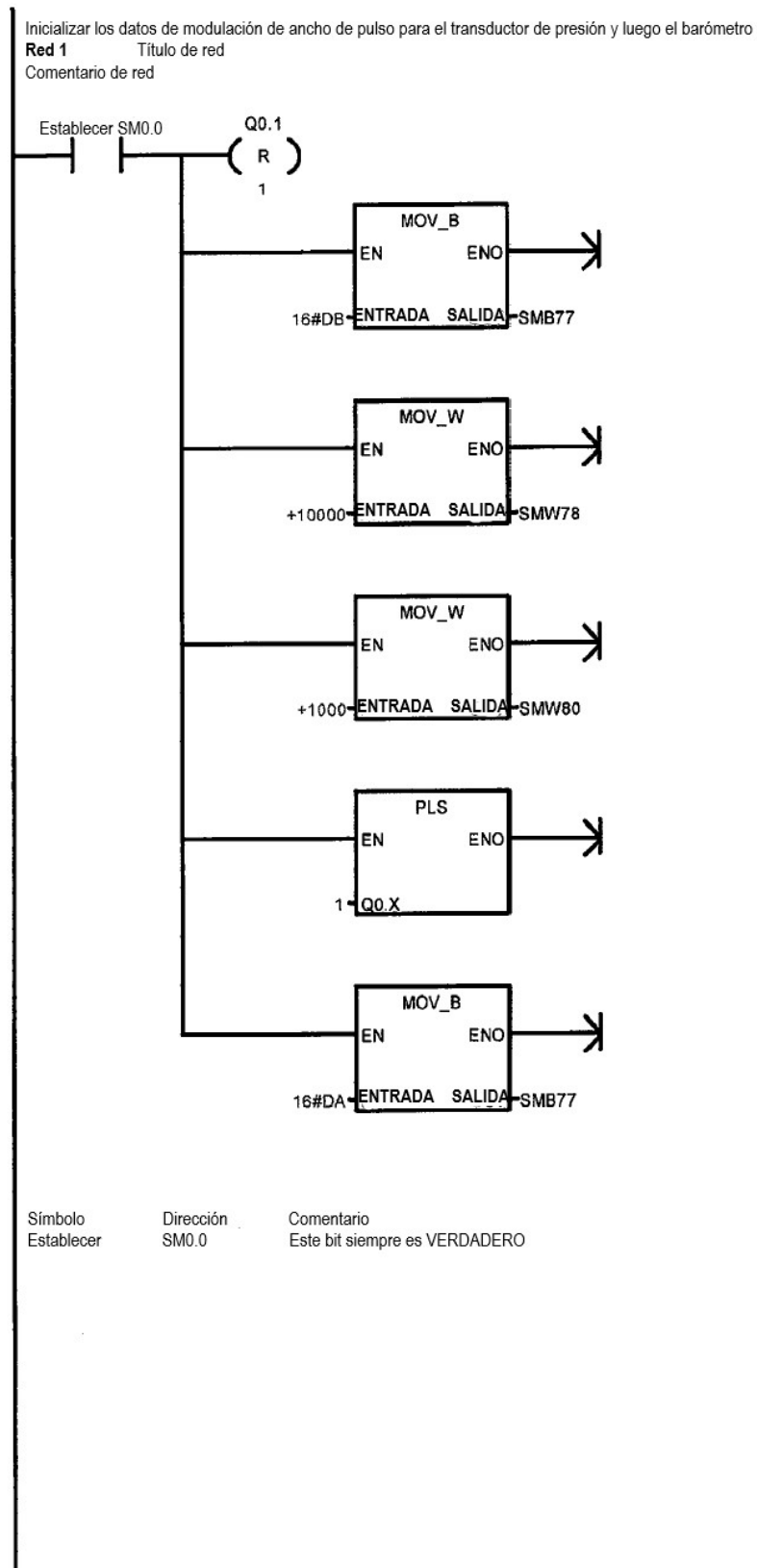
Símbolo	Dirección	Comentario
Temp_Fluid	VW323	Temp. RTD del Fluido x 100
Cabeza_Métrica	VD351	Cabeza Total en mm de agua a 4 grados C
Densidad_Cabeza_Métrica	VD232	Cabeza del Transductor en Densidad en mm de agua a 4 grados C
Mi_Baro	VW317	Presión Barométrica x 1000
Mi_Cabeza	VD319	Cabeza del Tanque en unidades de psi
Mi_Otro_2	VW325	Medición Futura
Mi_Temp_Salida	VW315	Temp de Salida x 100
Mi_Ancho_Pulso	VW327	Ancho de Pulso (cambio en el futuro)
Mi_Temp_Tdcr	VW313	Temp del Transductor x 100
Ancho_de_pulso	VW256	Ancho de pulso
Densidad_Ancho_Pulso	VW670	Ancho de Pulso para Densidad de Tdcr

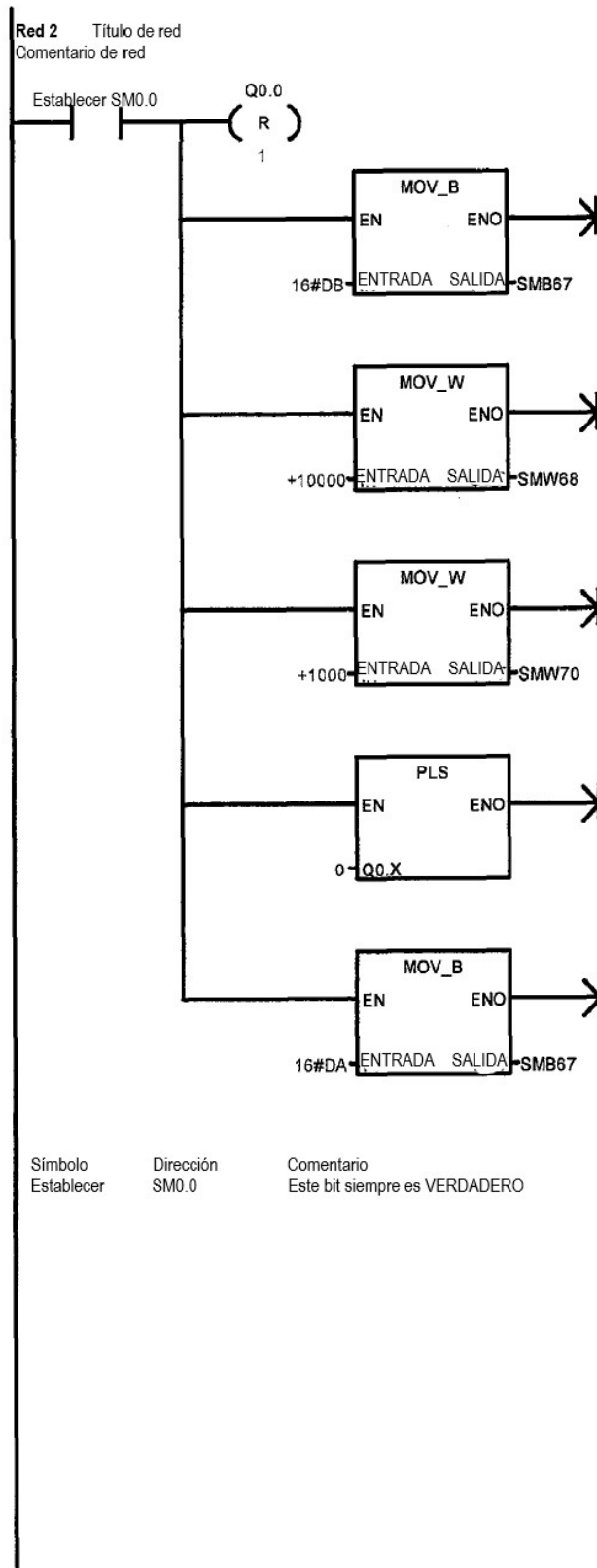






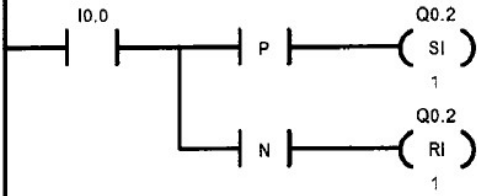




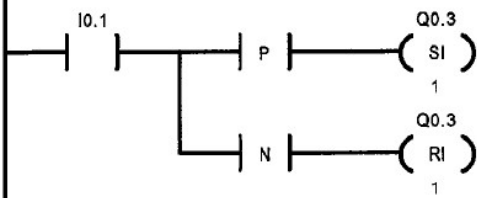


Operación de Relé Simple para encender y apagar las salidas del calentador

Red 1



Red 2

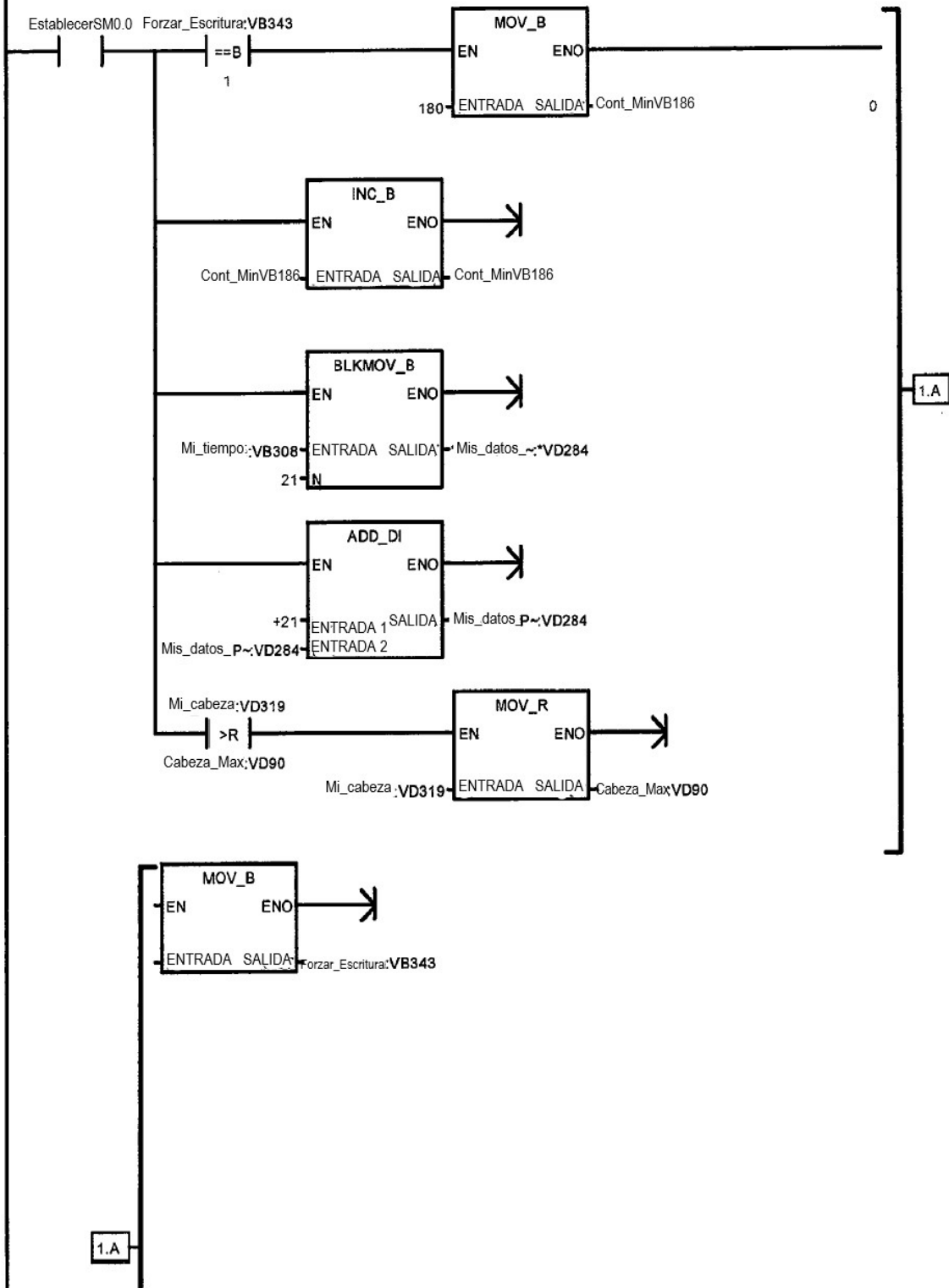


Red 3 Título de red
Comentario de red

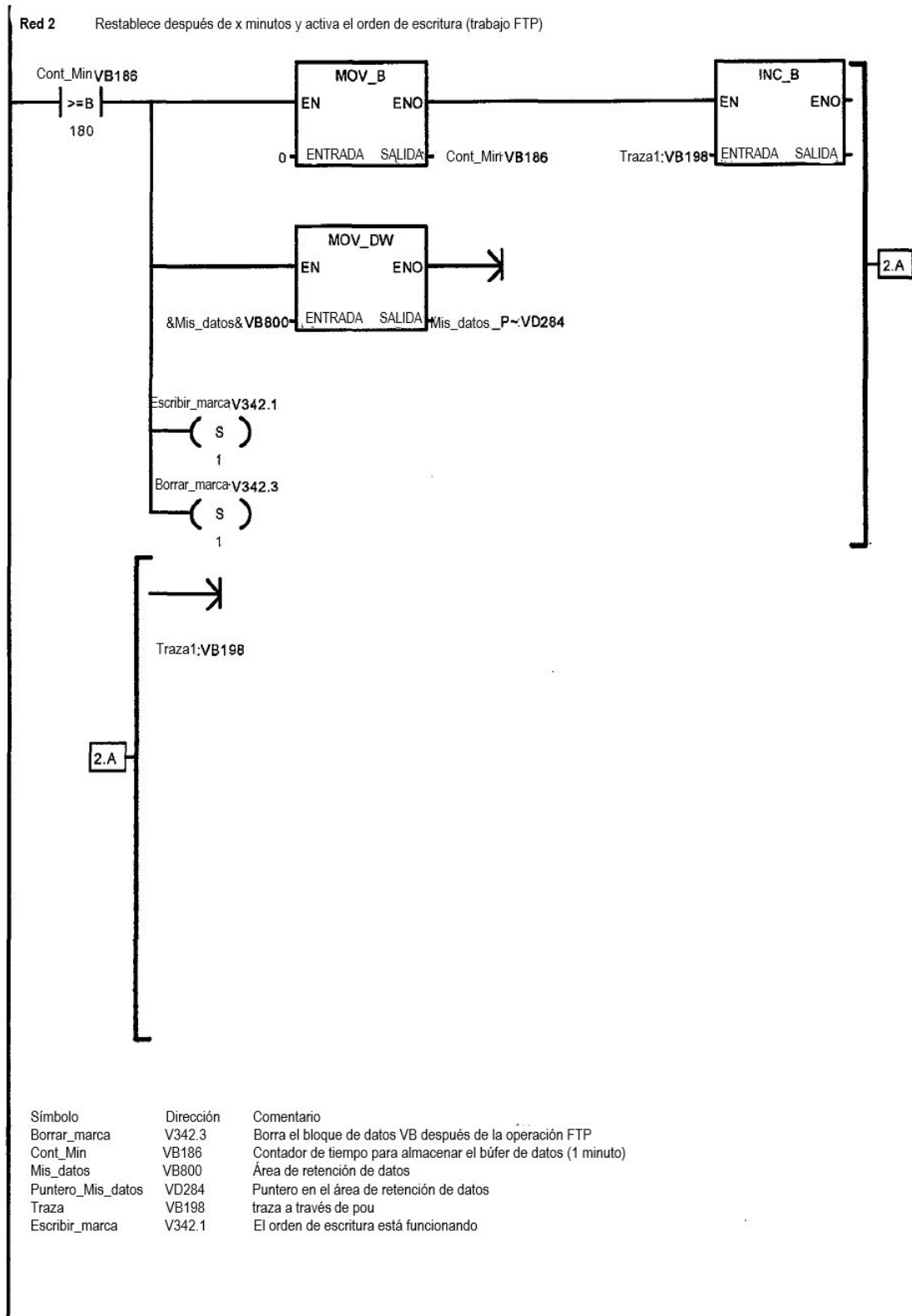


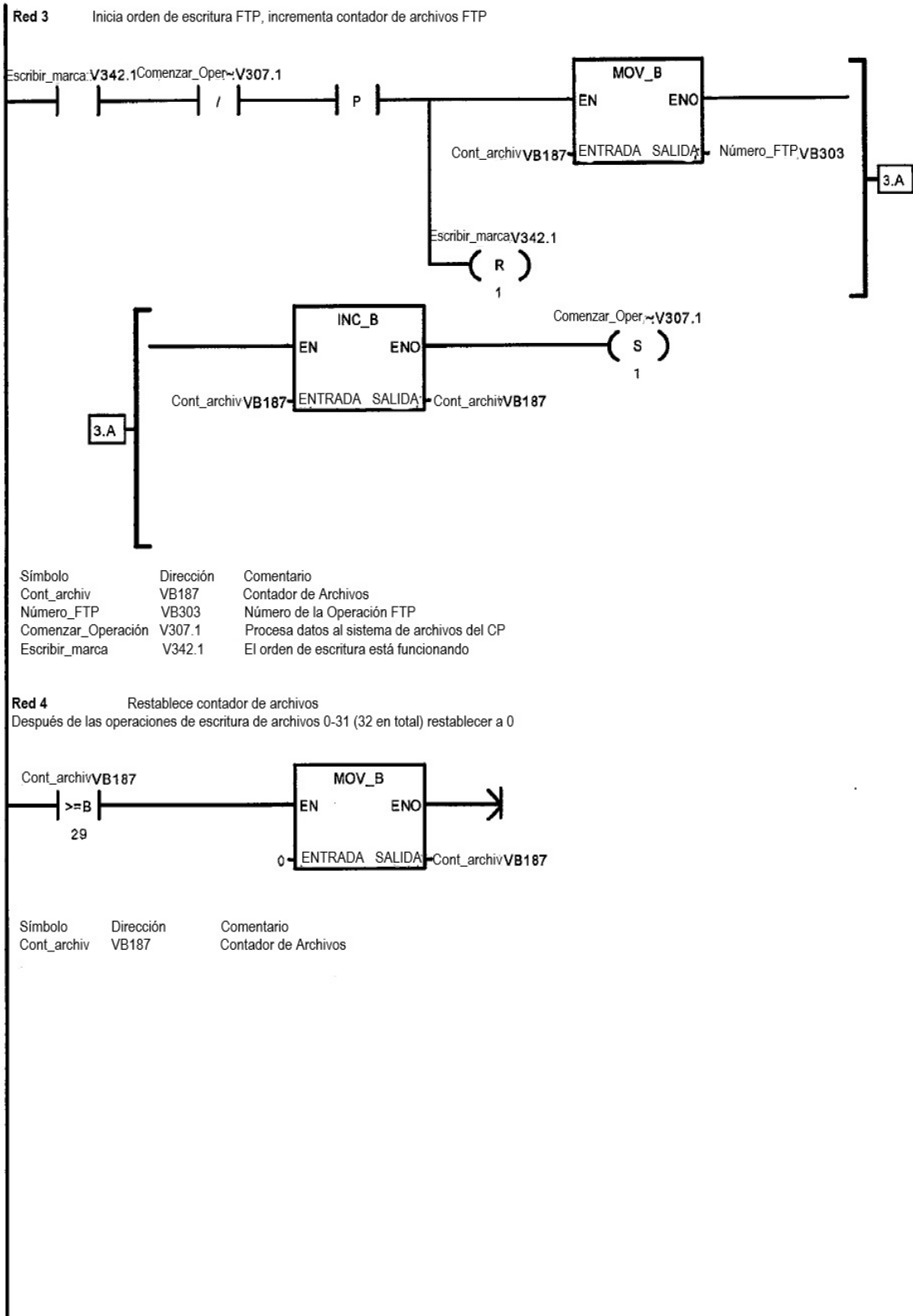
Grabar datos y escribir cuando el bloque vb esté lleno

Red 1 Incrementa el contador de minutos y escribe datos en el área del búfer



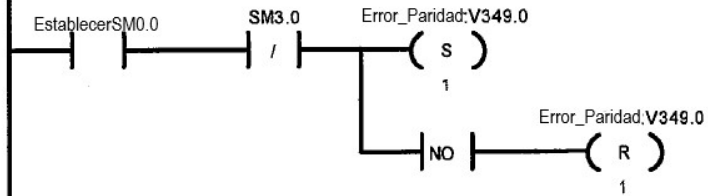
Símbolo	Dirección	Comentario
Forzar_Escritura	VB343	Forzar datos actuales en el área de recopilación a escritura FTP
Cabeza_Max	VD90	Cabeza Máxima de la prueba anterior al reiniciar
Cont_Min	VB186	Contador de tiempo para almacenar el búfer de datos (1 minuto)
Puntero_Mis_Datos	VD284	Puntero en el área de retención de datos
Mi_Cabeza	VD319	Cabeza del Tanque en unidades de psi
Mi_Tiempo	VB308	Tiempo (5 bytes año, mes, día, hora, minuto)
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO





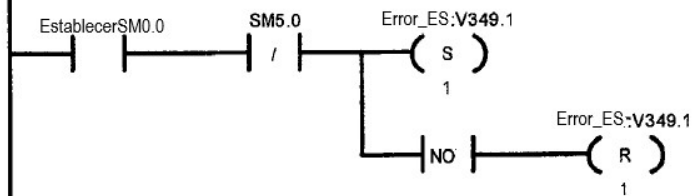
COMENTARIOS DE SUBROUTINA

Red 1 Título de red
Comentario de red



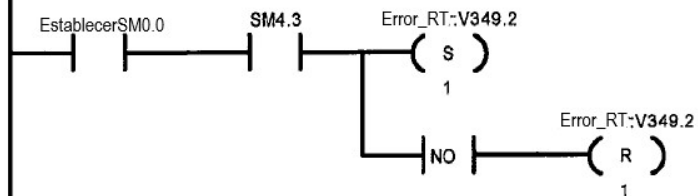
Símbolo	Dirección	Comentario
Error_Paridad	V349.0	Establecer si hay error de paridad de Puerto libre
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

Red 2



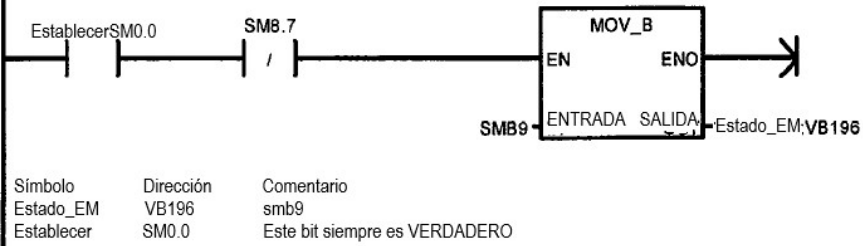
Símbolo	Dirección	Comentario
Error_ES	V349.1	Error de E/S
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

Red 3

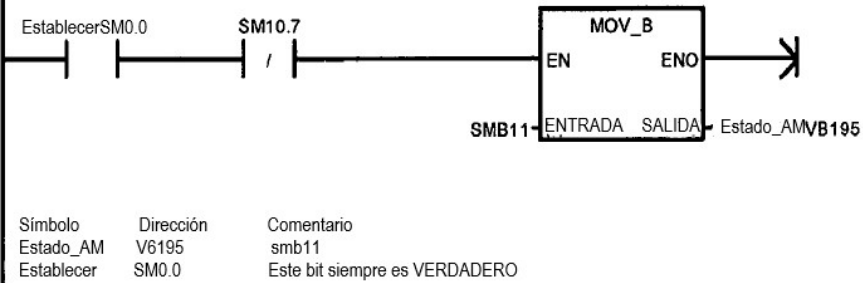


Símbolo	Dirección	Comentario
Error_RT	V349.2	Error de Tiempo de Ejecución del PLC
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

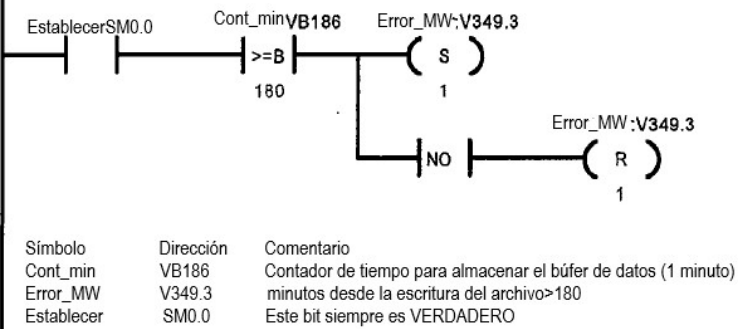
Red 4

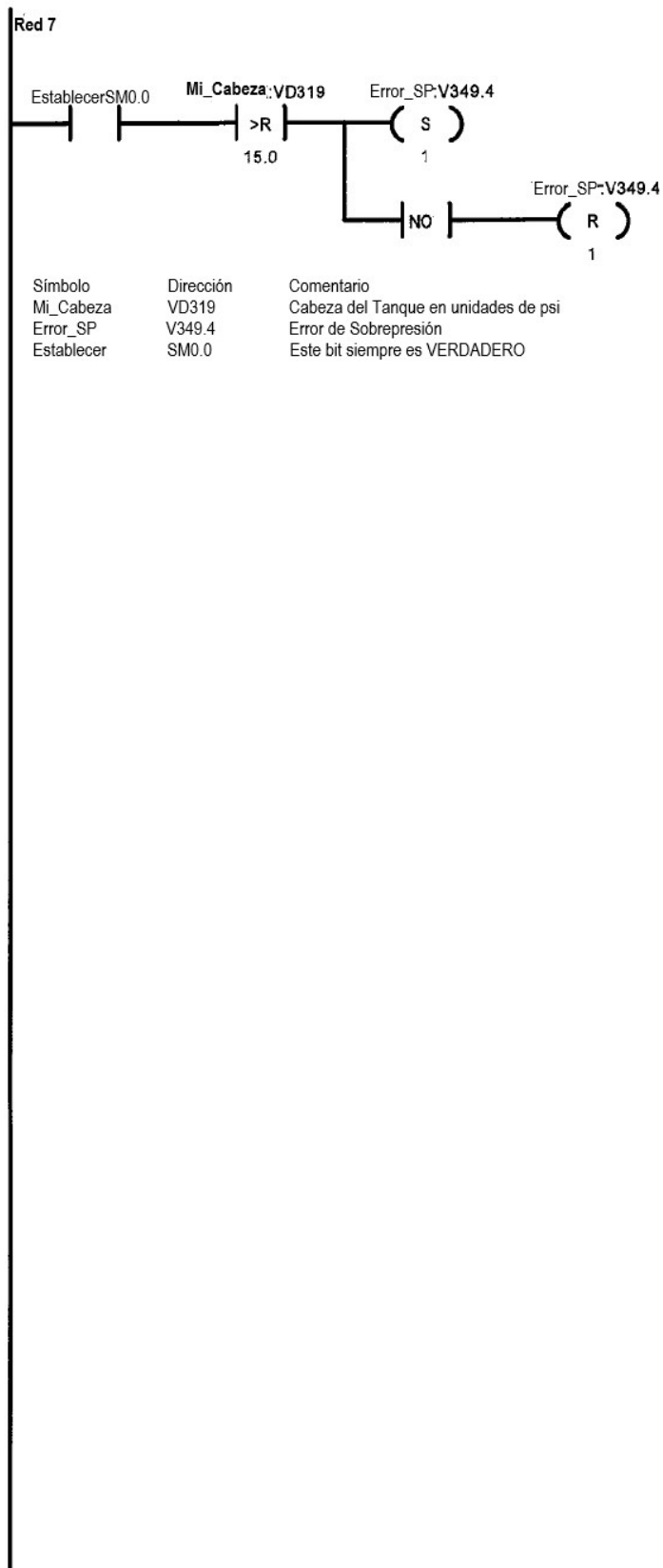


Red 5



Red 6

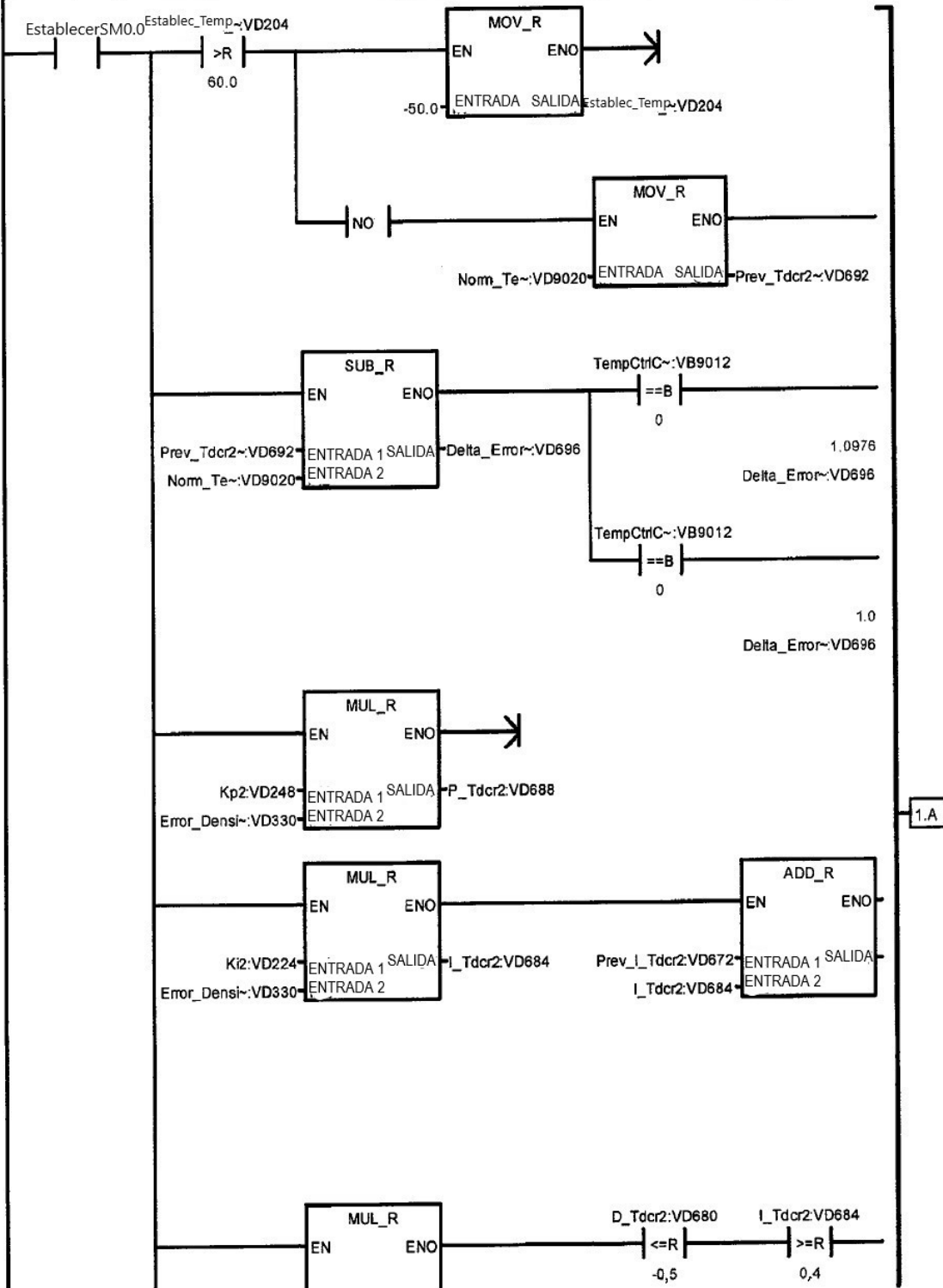


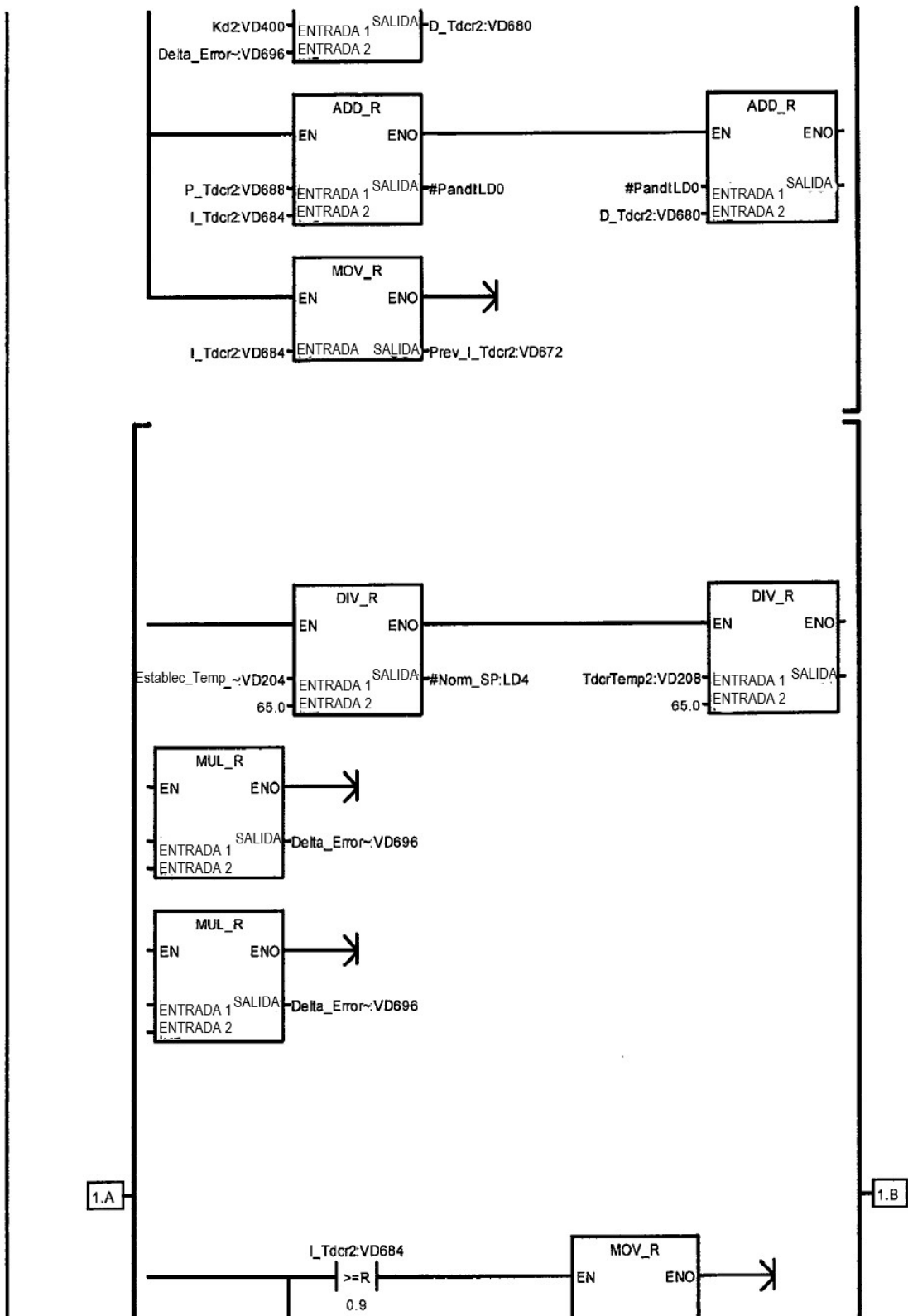


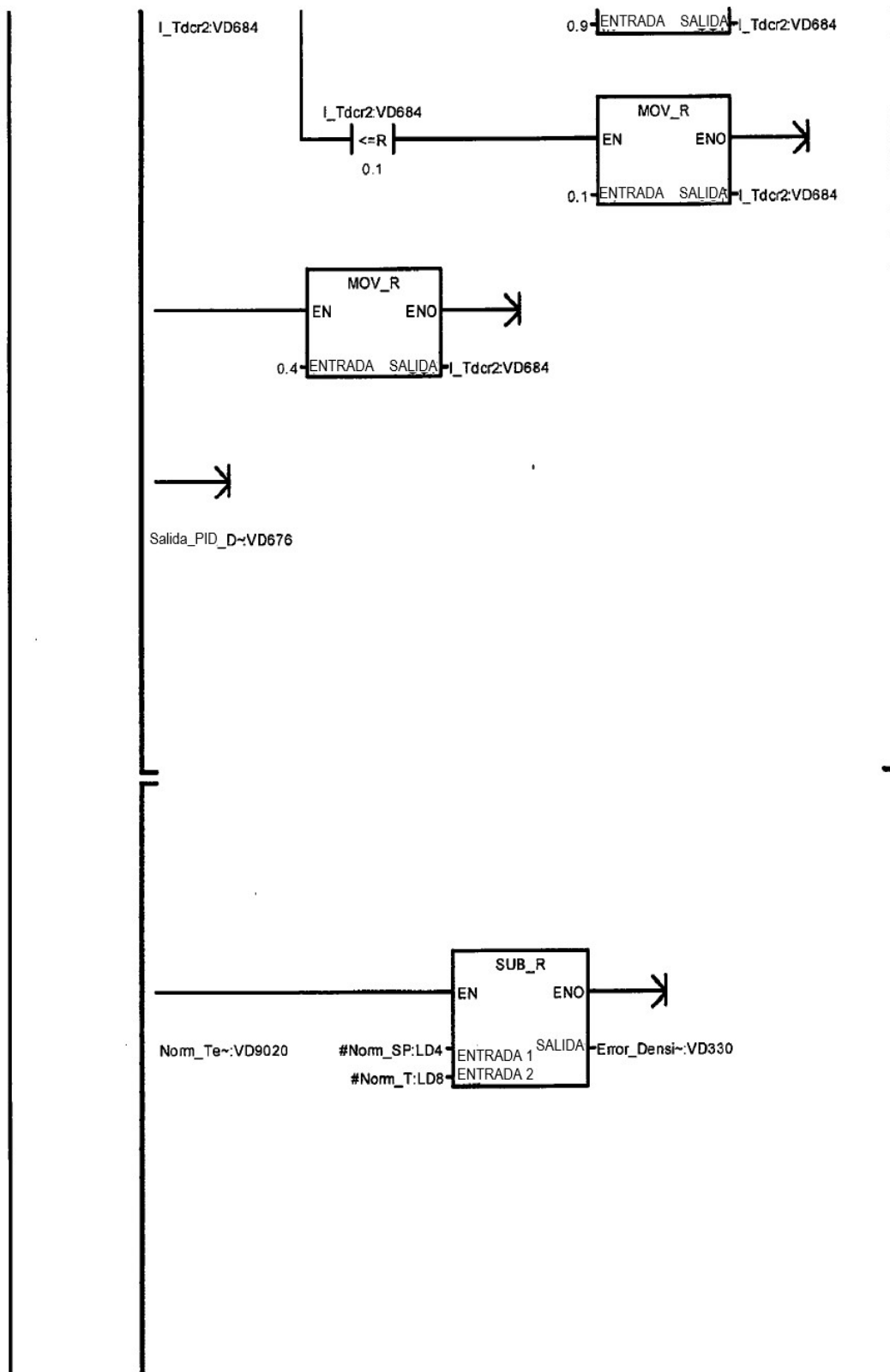
Red 1

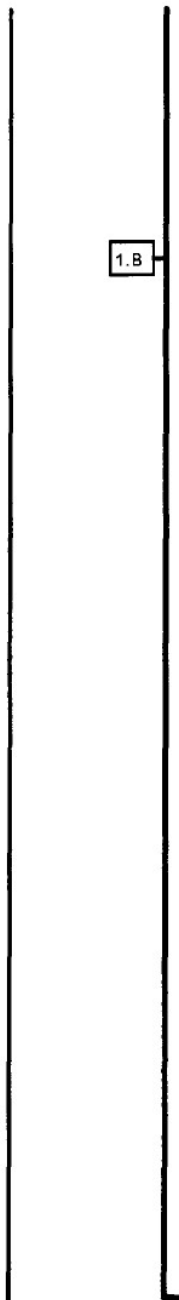
Título de red

Este es un bucle PID codificado con una función de seguridad de temperatura máxima. El enrollamiento integral está limitado para ayudar a controlar el establecimiento rápido.







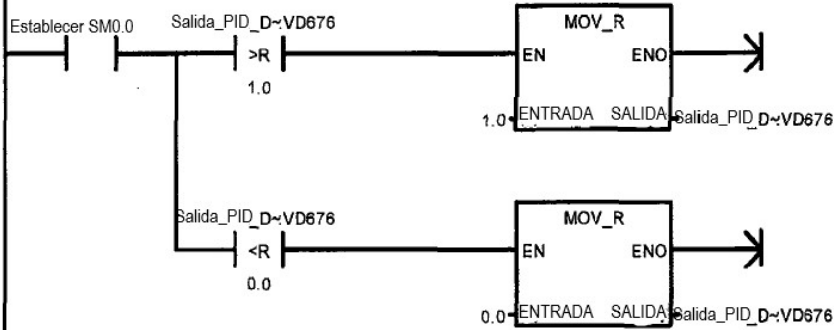


Símbolo	Dirección	Comentario
D_Tdcr2	VD680	Porción derivativa de PID para el control de temperatura de Densidad Tdcr
Delta_Error_Densidad	VD696	
Error_Densidad_Temp	VD330	Error de temperatura de Transductor de Densidad
I_Tdcr2	VD684	Porción integral de PID para Transductor de Densidad
Kd2	VD400	Ganancia Derivativa en Bucle 2
K12	VD224	Ganancia Integral en Bucle 2
Kp2	VD248	Ganancia Proporcional en Bucle 2
Norm_Temp2	VD9020	Temp. Normalizada Tdcr2
P_Tdcr2	VD688	Porción Proporcional de PID para el control de Temperatura del Transductor de Densidad
Densidad_Salida_PID	VD676	Transductor de Densidad de Salida PID
Prev_I_Tdcr2	VD672	Valor anterior de la Porción Integral para el control de temperatura de densidad tdcr

Prev_Tdcr2_NTemp	VD692	Temperatura de transductor de densidad de error de punto de consigna anterior
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO
TdcrTemp2	VD208	Temp. de Densidad Tdcr
Densidad_Pt_Establec_Temp	VD204	Temp de Densidad Tdcr Deseada/Objetivo en Grados C
TempCtrlCiclo	VB9012	Alternar para Ciclo Largo o Corto

Red 2

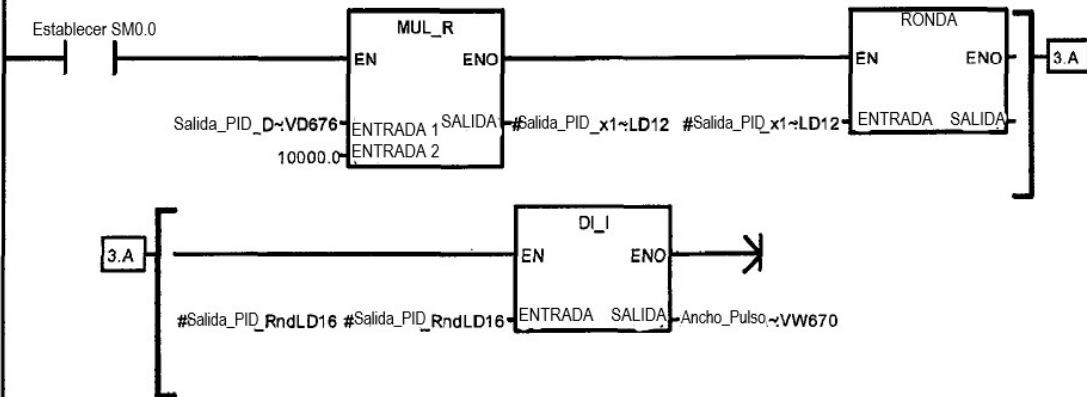
Limita el tiempo máximo y mínimo del calentador a 0 y 1 (0% y 100% del tiempo).



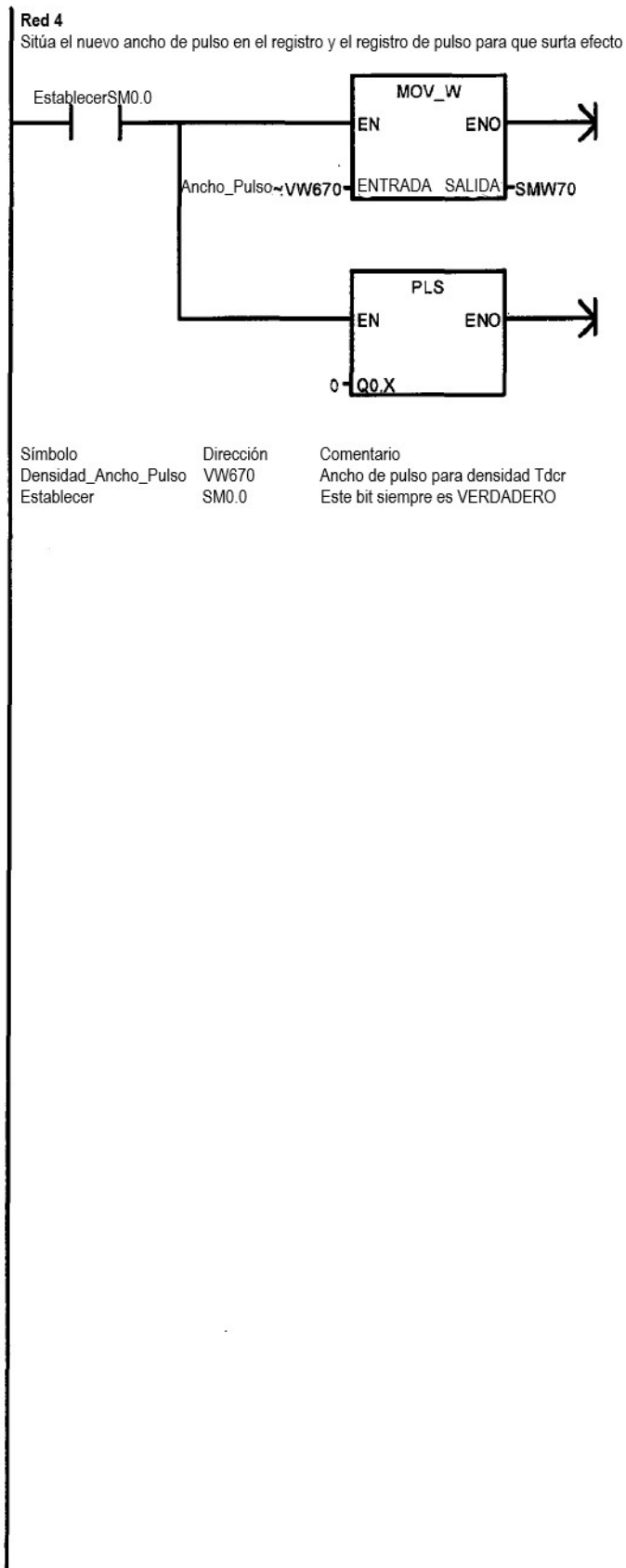
Simbolo	Dirección	Comentario
Densidad_Salida_PID	VD676	Transductor de densidad de salida PID
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

Red 3

Convierte el % del calentador a un ancho de pulso en términos de ms por 10.000 ms



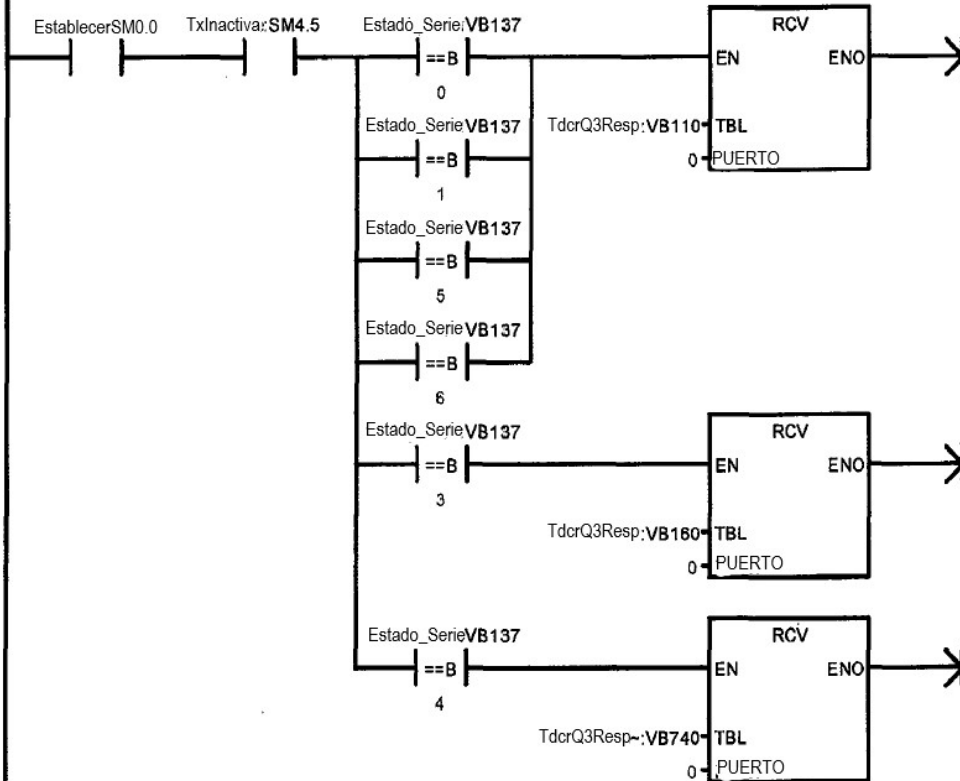
Simbolo	Dirección	Comentario
Densidad_Salida_PID	VD676	Transductor de densidad de salida PID
Densidad_Ancho_Pulso	VW670	Ancho de Pulso para Densidad Tdcr
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO



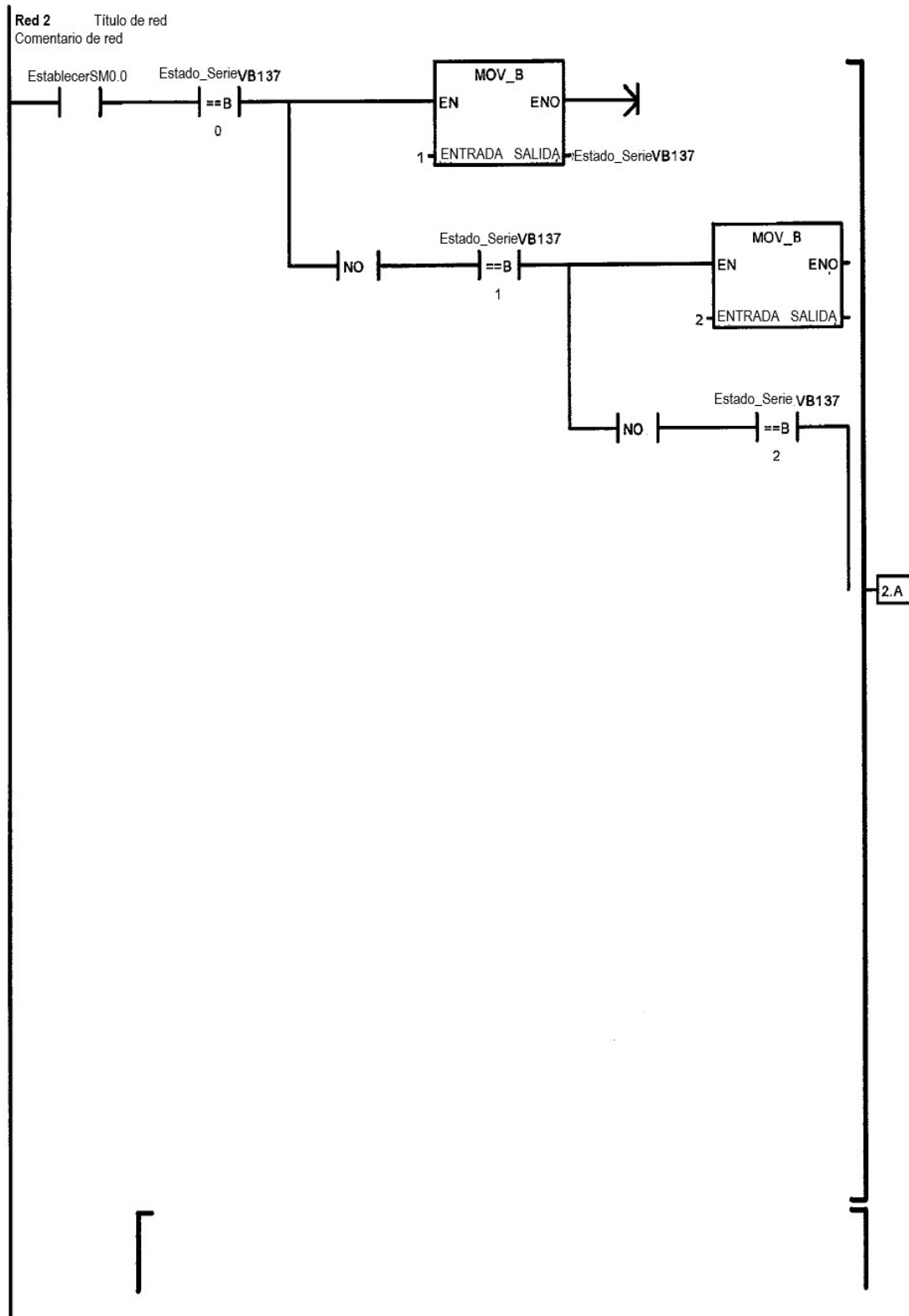
COMENTARIOS DE INTERRUPCIÓN DE RUTINA

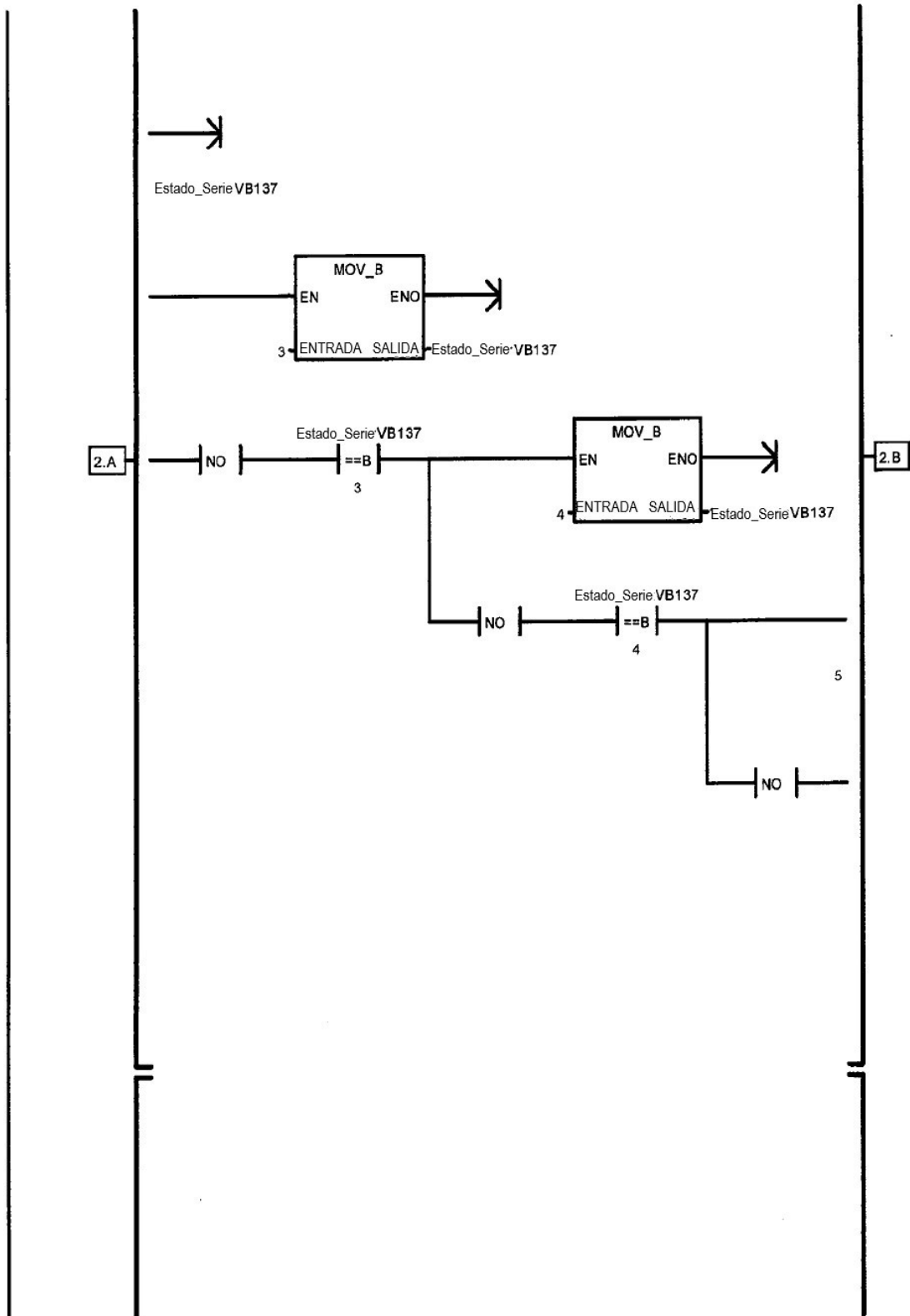
Red 1

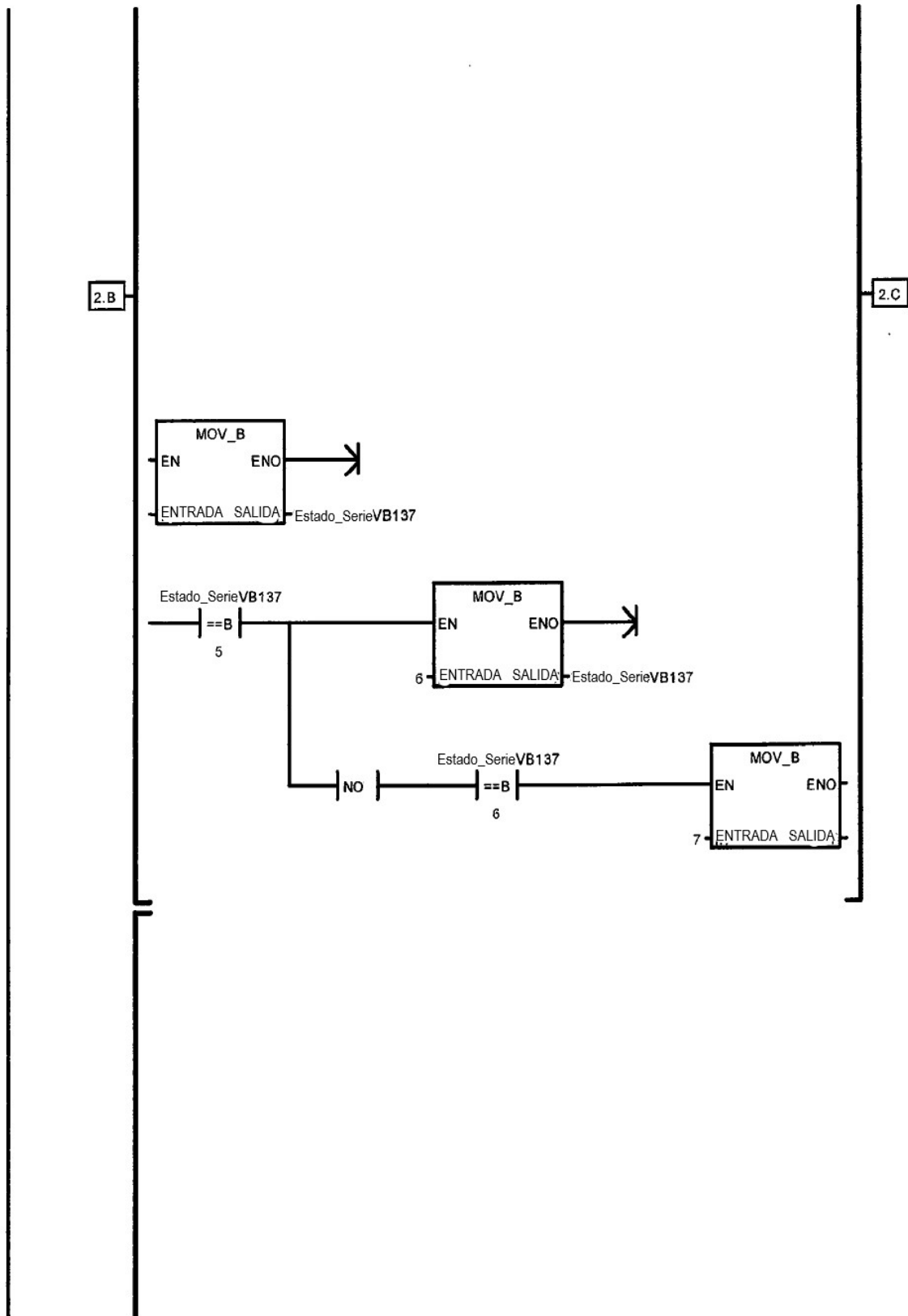
Si la línea Tx inactiva recibe la variable W según el estado (la recepción más reciente establece el estado para el próximo paso)

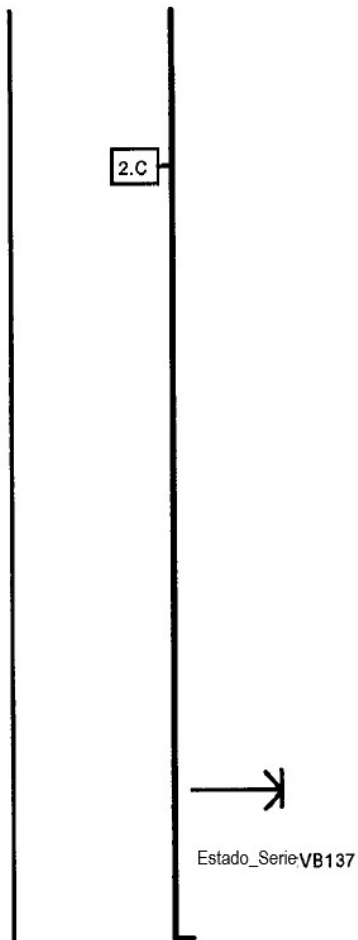


Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado de las comunicaciones del transductor: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presión, 2=Rcv Presión
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO
TdcRDBResp	VB160	Respuesta del transductor al comando DB
TdcRDBResp2	VB740	
TdcRQ3Resp	VB110	Temperatura del Transductor (ascii)
TxInactiva	SM4.5	Inactividad de la línea de transmisión de puerto libre









Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Serie	VB137	Estado de las comunicaciones del transductor: 0=Rcv temp, 1=Consigue/Mantiene Presión, 2=Rcv Presión
Establecer	SM0.0	Este bit siempre es VERDADERO

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) de detección de masa para detectar fugas en un tanque (60) de almacenamiento de líquido que comprende:

un controlador (34) lógico programable, PLC, conectado de manera funcional a:

- 5 un primer transmisor (22) de presión diferencial que tiene un lado (26) bajo del transductor y un lado (30) alto del transductor;
dicho lado (30) alto del transductor que está configurado para medir la presión del fondo del tanque dentro de un líquido en el que se sumerge un burbujeador (12); y
dicho lado (26) inferior del transductor que está configurado para recibir datos indicativos de la presión atmosférica y
10 de vapor esencialmente en la superficie de dicho líquido;
un barómetro (40) configurado para medir la presión atmosférica en la superficie de dicho líquido;
un segundo transmisor (82) de presión diferencial para la medición de densidad de contenidos que tiene un
lado (86) bajo del transductor y lado (90) alto del transductor;
dicho lado (90) alto del transductor que está configurado para medir la presión del fondo del tanque dentro del líquido
15 en el que se sumerge el burbujeador;
dicho lado (86) bajo del transductor que está configurado para medir la presión del fluido justo debajo de la superficie del líquido; y
medio (50) de medición de temperatura ambiente para medir la temperatura ambiente cerca de dicho tanque (60) de almacenamiento;
20 en donde el PLC (34) está configurado para: recibir los primeros y segundos datos que reflejan, respectivamente, dicha presión del fondo del tanque y de dicha presión barométrica en dicha superficie de dicho líquido, y ajustar dichos primeros datos para eliminar esencialmente las variaciones sobre dichas mediciones de dicha presión del fondo del tanque causada únicamente por variaciones de presión atmosférica para producir una presión de fondo del tanque ajustada a la presión atmosférica;
25 en donde el PLC (34) está configurado para: recibir terceros datos indicativos de dicha presión del fondo del tanque ajustada a presión atmosférica, recibir cuartos datos indicativos de mediciones de temperatura ambiente por dicho medio (50) de medición de temperatura ambiente, recibir quintos datos indicativos de características de expansión de dicho tanque (60) de almacenamiento, y ajustar dichos terceros datos con referencia a dichos cuartos y quintos datos para eliminar esencialmente las variaciones sobre mediciones y cálculos de dicha presión del fondo del tanque ajustada a la presión barométrica, causada únicamente por cambios dimensionales en dicho tanque (60) de almacenamiento que resulta de variaciones de temperatura atmosférica, para producir una presión del fondo del tanque ajustada a la dinámica del tanque;
30 en donde el PLC (34) está configurado para: calcular la densidad promedio de fluido a través de una columna hidrostática basada en mediciones del segundo transmisor (82) de presión diferencial, en donde el segundo transmisor (82) de presión diferencial mide la presión diferencial entre el lado (90) alto del transductor y el lado (86) bajo del transductor justo debajo de la superficie del líquido; y
35 en donde el PLC (34) está configurado para: calcular el contenido de masa de dicho tanque (60) de almacenamiento en función de dicha presión de fondo ajustada a la dinámica del tanque, densidad de fluido promedio, datos de entrada del operador que reflejan la forma y configuración del tanque y datos de entrada del operador que reflejan características físicas de dichos contenidos de dicho tanque (60) de almacenamiento.
40

2. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además calentadores (36, 96) resistivos configurados para mantener la temperatura de dichos primer y segundo transmisores (22, 82) de presión diferencial esencialmente a una temperatura especificada por el operador.

3. Un método para detectar fugas en un tanque de (60) almacenamiento, que comprende las etapas de:

- 45 a) seleccionar un aparato (10) de detección de masa que comprende:
un controlador (34) lógico programable, PLC, conectado de manera funcional a:
un primer transmisor (22) de presión diferencial que tiene un lado (26) bajo del transductor y un lado (30) alto del transductor;
dicho lado (30) alto del transductor que está configurado para medir la presión del fondo del tanque dentro de un
50 líquido en el que se sumerge un burbujeador (12); y
dicho lado (26) bajo del transductor que está configurado para recibir datos indicativos de la presión atmosférica esencialmente en la superficie de dicho líquido; y
un barómetro (40) configurado para medir la presión atmosférica esencialmente en la superficie de dicho líquido;
un segundo transmisor (82) de presión diferencial para medir la densidad de los contenidos que tiene un lado (86) bajo
55 del transductor y un lado (90) alto del transductor;

dicho lado (90) alto del transductor que está configurado para medir la presión del fondo del tanque dentro del líquido en el que está sumergido el burbujeador (12); y
dicho lado (86) bajo del transductor que está configurado para medir la presión del fluido justo debajo de la superficie del líquido;

- 5 medio (50) de medición de temperatura ambiente para medir la temperatura ambiente cerca de dicho tanque (60) de almacenamiento;
en donde el PLC (34) está configurado para:

10 recibir los primeros y segundos datos que reflejan, respectivamente, dicha presión del fondo del tanque y de dicha presión barométrica esencialmente en dicha superficie de dicho líquido, y para ajustar dichos primeros datos para eliminar esencialmente las variaciones sobre dichas mediciones de dicha presión del fondo del tanque causadas únicamente por variaciones de la presión atmosférica para producir una presión del fondo del tanque ajustada a la presión atmosférica;

15 recibir los terceros datos indicativos de dicha presión del fondo del tanque ajustada a la presión atmosférica, recibir los cuartos datos indicativos de las mediciones de temperatura ambiente por dicho medio (50) de medición de temperatura ambiente, recibir los quintos datos indicativos de las características de expansión de dicho tanque (60) de almacenamiento, y

20 ajustar dichos terceros datos con referencia a dichos cuartos y quintos datos para eliminar esencialmente las variaciones sobre mediciones y cálculos de dicha presión del fondo del tanque ajustada a la presión barométrica, causada únicamente por cambios dimensionales en dicho tanque (60) de almacenamiento como resultado de variaciones de temperatura atmosférica, para producir una presión del fondo del tanque ajustada a la dinámica del tanque;

25 calcular la densidad promedio de fluido a través de una columna hidrostática en función de las mediciones del segundo transmisor (82) de presión diferencial, en donde el segundo transmisor (82) de presión diferencial mide la presión diferencial entre el lado (90) alto del transductor y el lado (86) bajo del transductor justo debajo de la superficie del líquido;

calcular datos del contenido de masa representativos de los contenidos de dicho tanque (60) de almacenamiento esencialmente en función de dicha presión del fondo del tanque ajustada a la dinámica del tanque, densidad de fluido promedio, datos de entrada del operador que reflejan la forma y configuración del tanque y datos de entrada del operador que reflejan características físicas de dichos contenidos de dicho tanque (60) de almacenamiento;

30 b) hacer funcionar el PLC (34) para recopilar una pluralidad de contenido de masa y datos de densidad de fluido sobre una pluralidad de puntos en el tiempo;

c) hacer funcionar el PLC (34) para generar una indicación perceptible por un humano de cambios en dichos datos de contenido de masa entre una pluralidad de dichos puntos en el tiempo;

d) accionar dicho aparato (10) de detección de masa; y

35 e) observar datos indicativos de cambios en dichos datos de contenido de masa atribuibles a la fuga de dicho tanque (60) de almacenamiento para la detección de dicha fuga.

4. El método de la reivindicación 3 que comprende además las etapas de:

f) asegurar todos los orificios de entrada y salida de dicho tanque de almacenamiento antes de dicha actuación de dicho aparato (10) de detección de masa; y

40 g) procesar esencialmente de manera selectiva dichos datos de contenido en masa en un sitio de instalación de dicho aparato (10).

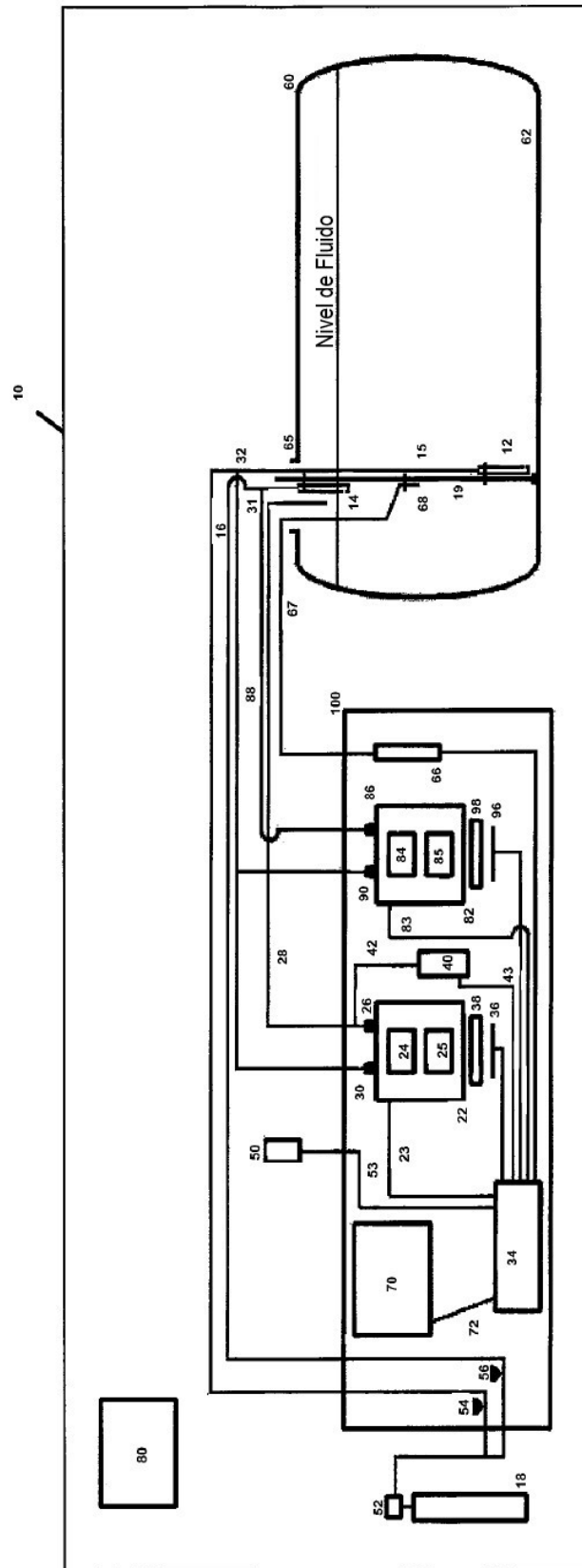


Figura 1

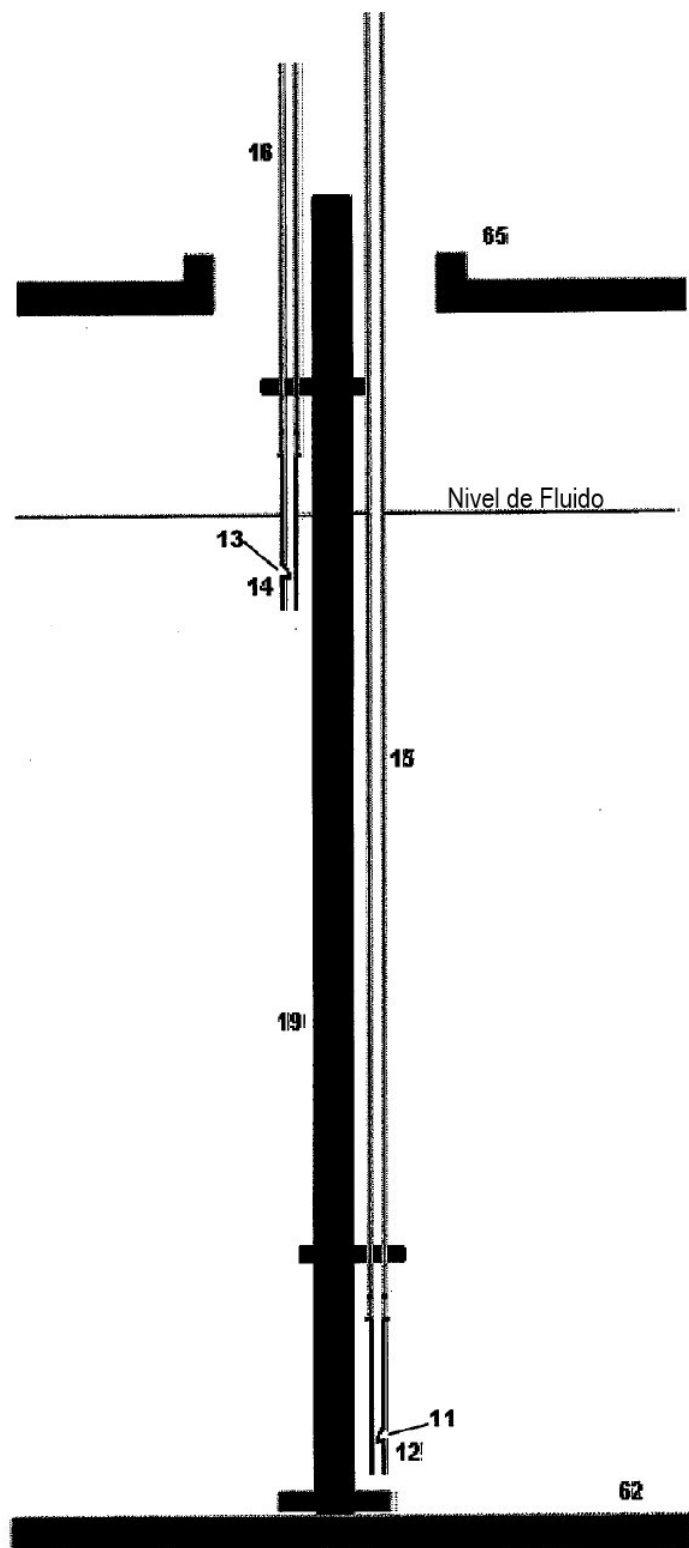


Figura 2