

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA  
PILOTO MÓVIL PARA PRODUCCIÓN DE  
BODIESEL

Autor: Julio TERRÓN GUTIÉRREZ

Fecha: Septiembre 2006





## **RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA “AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL”**

**Autor: Julio Terrón Gutiérrez**

En el presente proyecto, se diseña de forma básica y se automatiza una planta piloto de pequeñas dimensiones destinada a la investigación práctica y producción a pequeña escala de biodiesel a partir de aceites de girasol. Con ello, se pretende disponer de una planta piloto móvil automática que evite en la medida de lo posible la intervención del operador y que aumente la seguridad del sistema.

En la automatización integral de sistemas es fundamental la existencia del sistema físico, en este caso la planta piloto, ya que éste proporciona información imprescindible para llevar a cabo tal tarea. Debido a la inexistencia de tal planta se procede, en primer lugar, a su diseño.

Las dimensiones pretendidas para la misma están regidas por su carácter móvil transportable en remolque para coches. Esto hace que se deba integrar en un volumen reducido.

La planta puede procesar tanto aceites nuevos como usados en discontinuo. Se opta por dos alternativas de producción diferentes; Para la producción a partir de aceites nuevos se opta por la transesterificación básica y tres fases de lavado con agua. Con aceites usados es algo más complejo y comprende una fase de pretratamiento para eliminación de agua y acidez libre, una fase de reacción de dos pasos (esterificación ácida y transesterificación básica) y tres fases de lavado con agua.

La planta permite desarrollar ambas alternativas de producción, obteniéndose volúmenes de biodiesel de unos 62 L/lote, e incluye los depósitos y tanques necesarios para ello: de pretratamiento, de reacción, de lavado, de metanol, mezclador, de ácido sulfúrico, de ácido ortofósforico y de agua, siendo los tres primeros los principales. Estos depósitos son los de mayor volumen de la planta piloto y no superan los 120 litros de capacidad debido a las dimensiones pretendidas en un primer momento. Además,

sirven de referencia para calcular los volúmenes del resto de depósitos teniendo en cuenta la cantidad de reactivos necesarios para lote.

Todos los depósitos están interconectados por conducciones para trasvase de líquidos, tareas de mezclado y recirculaciones. La planta, además, está equipada con las válvulas y equipos descritos en la memoria. Estos han sido seleccionados atendiendo a los balances de materia y energía, resistencia a la corrosión, potencias requeridas, dimensiones de los depósitos y otros. Los equipos se clasifican en bombas, resistencias calefactoras, mezcladores/agitadores, etc.

Una vez definida la planta piloto, se procede a su automatización, núcleo central de proyecto. El objetivo de la misma, es que ambas alternativas de producción puedan llevarse a cabo de forma automática, semiautomática y manual. Esto supondrá comodidad, reducirá las posibilidades de errores de operación, permitirá reproducibilidad en las características del biodiesel producido y la detección de fallos y errores, y aumentará la seguridad del operador. Por otra parte el sistema debe poder actuar frente a posibles incidencias como escapes de metanol o paradas de emergencia.

Se opta por una automatización de primer nivel con autómatas programables (PLCs), controladores externos, sensores y actuadores. Todos estos elementos se interconectan en lazo cerrado y ciclo continuo de scan, de manera que los sensores detectan y miden variables, los controladores y el PLC las gestionan, toman decisiones y secuencian maniobras, y ordenan a los actuadores operar sobre el sistema.

El diseño de la automatización de un proceso se nutre del mismo proceso, es decir, las maniobras necesarias para la producción de biodiesel dictan criterios importantes en la selección del tipo de control y regulación a instaurar y consecuentemente, los elementos e instrumentación que deben integrar el sistema de automatización, ya sean electroválvulas, sensores, controladores de temperatura... A su vez, estos elementos definen el tipo de autómata con el número de entradas y salidas que debe poseer.

El PLC es el cerebro del proceso y debe ser programado. Esta se realiza mediante lenguaje de expresión de maniobras GRAFCET y GEMMA, y mediante la programación en lenguaje de contactos o LADDER con ordenador. El autómata está,

además, asistido por controladores de temperatura (On-Off en los depósitos de agua y pretratamiento, y PID en el reactor), un contador, un temporizador y un visualizador.

Tanto el autómata, como los controladores y los demás elementos de control y alimentación y protección eléctrica, se sitúan en el cuadro de control dentro de un armario estanco equipado con un panel de control o interface mediante el cual el operador puede interactuar con el proceso. Desde él salen conductores de acometida a todos los sensores y actuadores del sistema.

Debido a la potencial presencia de metanol en el medio el sistema de automatización es antideflagrante y sus componentes están clasificados a tal efecto.

# **ÍNDICE GENERAL**

- I. MEMORIA**
- II. ANEXO A0, DE CÁLCULO Y JUSTIFICATIVO**
- III. ANEXOS COMPLEMENTARIOS**
- IV. PLANOS**
- V. PLIEGO DE CONDICIONES**
- VI. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

# **I . MEMORIA**

## INDICE MEMORIA

	<b>Pag.</b>
<b>1. Introducción</b> .....	1
1.1. Peticionario.....	1
1.2. Objeto del proyecto.....	1
1.3. Localización.....	1
1.4. Justificación del proyecto.....	2
<b>2. Planta Piloto para la producción de biodiesel</b> .....	3
2.1. Introducción a los biocombustibles.....	4
2.1.1. La situación energética actual.....	4
2.1.2. Consecuencias medioambientales del petróleo como fuente energética.....	6
2.1.3. Vías alternativas para producción de energía.....	8
2.1.4. Las energías renovables.....	9
2.1.5. La biomasa.....	10
2.1.6. El biodiesel.....	14
2.1.6.1. Características generales.....	15
2.1.6.2. Producción de biodiesel.....	18
2.1.6.3. Calidad y especificaciones.....	24
2.2. Descripción de la alternativas de producción seleccionadas.....	24
2.3. Materias primas.....	30
2.4. Descripción básica de la Planta Piloto a automatizar.....	41
2.4.1. Distribución y aspectos generales.....	41
2.4.2. Descripción de los tanques y depósitos.....	43
2.4.3. Descripción de la red de conducciones.....	53
2.4.4. Descripción de los equipos de impulsión de fluidos.....	55

2.4.5. Descripción de las resistencias calefactoras.....	58
2.4.6. Descripción de los agitadores.....	60
<b>3. Automatización de la Planta Piloto para la producción de biodiesel.....</b>	<b>61</b>
3.1. Introducción a la automatización industrial.....	61
3.2. Diseño del control y la automatización de la planta piloto.....	65
3.2.1. Control y regulación de temperatura en los tanques de pretratamiento y de agua de lavado (Control Todo/Nada).....	68
3.2.2. Control y regulación de temperatura en el tanque de reacción (PID).....	69
3.2.3. Control de nivel.....	71
3.2.4. Control de los tiempos de proceso ; temporización.....	72
3.2.5. Contaje y visualización de la marcha del proceso.....	73
3.2.6. Control digital de procesos secuenciales en el tiempo.....	74
3.2.6.1.Descripción de maniobras.....	75
3.2.6.2.Programación.....	76
3.3. Descripción de los equipos para la automatización de la planta.....	84
3.3.1. El autómata programable o PLC.....	86
3.3.2. Controladores y temporizadores.....	88
3.3.3. Electroválvulas.....	93
3.3.4. Sensores.....	96
3.3.5. Instalación eléctrica.....	98
3.3.6. Cuadro general de mando, control y protección de la planta....	104
3.4. Seguridad.....	106

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. PETICIONARIO**

La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado el proyecto “Automatización de una Planta Piloto Móvil para Producción de Biodiesel” a D. Julio Terrón Gutiérrez, para la obtención del Título de Ingeniero Químico.

### **1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO**

El objetivo del presente proyecto es la automatización de una planta piloto de biodiesel, cuyo diseño básico es abordado en primera instancia. Las dimensiones de la planta permitirán integrarla en un volumen reducido, ideal para su transporte.

Esta planta permitirá la producción de biodiesel, de manera discontinua, a partir de aceites vegetales; su capacidad será de 62Kg / lote aproximadamente, tanto si la materia prima fueran aceites de girasol nuevos refinados o usados.

Su automatización permitirá su manejo de una manera sencilla y cómoda, evitando en la medida de lo posible la intervención del operador.

### **1.3. LOCALIZACIÓN**

Su reducido volumen la hace transportable a diferentes localizaciones geográficas. Una vez transportada al destino deseado, deberá ser ubicada en un recinto que cumpla los requisitos legales y disponga de las facilidades necesarias para el correcto funcionamiento de la misma, teniendo especial importancia los aspectos referentes a la seguridad, y los suministros de agua y electricidad.

## **1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

El biodiesel se presenta, junto al bioetanol, como el combustible renovable de mayor incidencia, tanto en países desarrollados, con alta conciencia en desarrollo sostenible, como en países en vías de desarrollo y del tercer mundo. Su atractivo reside, principalmente, en los mínimos requerimientos y equipos que hacen falta para su producción, así como el ahorro económico que permite alcanzar a medio- largo plazo. Este ahorro es posible gracias a una refinada técnica de producción y ayudas gubernamentales, que fomentan las energías renovables frente a los combustibles fósiles.

El primer objetivo de este proyecto está relacionado con la escalada de los precios del petróleo y sus derivados. Esta está generando incertidumbre económica en muchos sectores de la sociedad, especialmente transportistas, pescadores, agricultores, ganaderos y cooperativas que necesitan del gasóleo para poder realizar sus labores diarias. Esto no es todo, el escenario se complicará aún más a corto plazo, teniendo en cuenta los recortes de las ayudas comunitarias a sectores como la agricultura y ganadería.

Por ello surge la necesidad de buscar nuevas estrategias para paliar este problema, sobre todo en las comunidades que realizan su actividad en zonas agrarias. Entre ellas destaca la producción del biodiesel que viene respaldada por la fácil obtención de la materia prima procedente de excedentes de cereales y aceite, o de aceites usados. Sin embargo, el problema sería la inversión inicial que tendrían que hacer los pequeños productores para montar una planta para la elaboración de este combustible, algo que sería impensable para ellos considerando la situación.

Una de las soluciones a esta problemática, que se está llevando a cabo con más éxito, sobre todo en países como EE.UU., Argentina y países Centroeuropeos, está siendo la utilización de plantas de producción de biodiesel de capacidad reducida, ya sean fijas o móviles. En el caso de estas últimas, su movilidad la hace ideal para su servicio a pequeños productores y cooperativas durante ciertos periodos de tiempo. También cabe la posibilidad de su adquisición por parte de cooperativas o asociaciones, ya que no supone costes elevados en comparación con plantas de gran capacidad.

Sin embargo, no todo son ventajas. Generalmente, estas plantas son manuales y requieren de entrenamiento previo para su correcto funcionamiento, ya que el propio sistema posee múltiples válvulas y equipos que deben ser utilizadas correctamente para una óptima producción. Por otra parte, el uso de sustancias tóxicas e inflamables como el metanol obliga a extremar las precauciones.

Estas necesidades definen el segundo, y principal, objetivo de este proyecto. Este consiste en la automatización de una planta de estas características, reduciendo la participación del operador y aumentando el control y la seguridad en la producción. Todo esto se traduce en una menor necesidad de especialización del operador que delegaría la mayor parte del proceso al autómatas, el cual controlaría las variables de proceso y la secuencia de operaciones.

El último de los objetivos pretendidos con este proyecto, está ligado al fomento de la investigación práctica en la Universidad, de manera que se contribuya a la solución de problemas locales. El hecho de que lo que se está desarrollando tenga aplicaciones inmediatas motiva a alumnos y profesores. Así mismo, el estudio y desarrollo de este tipo de plantas permite al alumno pasar de lo teórico a lo práctico de manera progresiva, y lo hace abordar o ahondar en disciplinas, tales como, la automatización y la regulación automática; éstas juegan un papel importantísimo en la industria, y aunque puedan ser desarrolladas por ingenieros electrónicos, es importante su conocimiento por parte del ingeniero químico, que es el que diseña el proceso.

## **2. PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL**

Las plantas piloto de capacidad reducida están inspiradas por las necesidades de algunos sectores de producción determinados y por las políticas de desarrollo sostenible. Su uso está ampliamente extendido en muchos países de tradición agraria como los antes mencionados.

Este apartado pretende iniciar al lector en la razón de ser de los biocombustible y en su producción, prestando especial interés al biodiesel. Además se describen las materias

primas necesarias, la alternativa de proceso elegida en el diseño y la descripción detallada de la planta que será susceptible de automatización, objetivo fundamental de este proyecto.

## **2.1. INTRODUCCION AL BIOCMBUSTIBLES**

### **2.1.1. LA SITUACION ENERGETICA ACTUAL**

El descubrimiento del petróleo como fuente energética cambió completamente nuestra sociedad. Su carácter polivalente, fácil explotación y disponibilidad hicieron que su implantación fuese rápida y demoledora. Esta fue alentada, en gran medida, por la entrada en escena del motor de combustión, mucho más rentable y práctico que las maquinas a vapor pues reducían el volumen del equipo y permitían una mayor eficiencia, ambos factores de aplicación al transporte e industrias energéticas. Sin embargo, no debemos olvidar que el petróleo no es solo una fuente de energía sino que tiene otros usos como la producción de plásticos, detergentes, disolventes, compuestos agroquímicos, colorantes, pigmentos, explosivos, medicamentos y química fina entre otros.

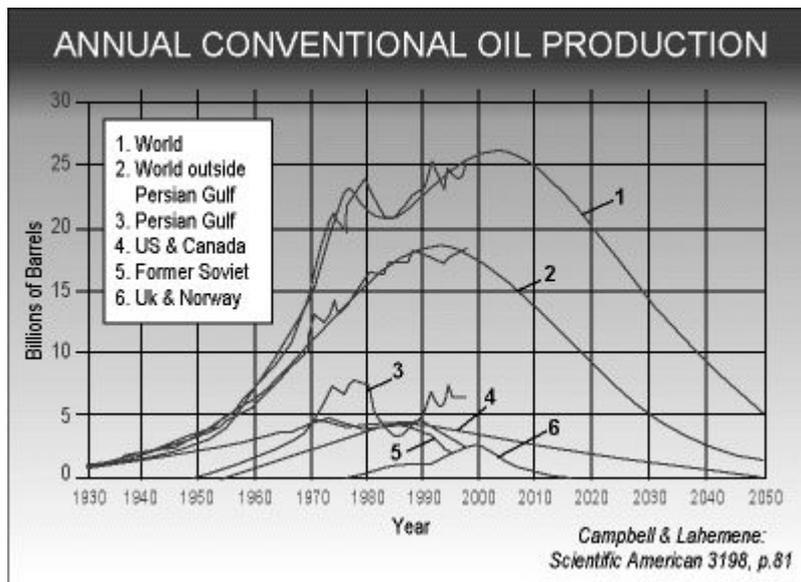
Este gran atractivo hizo que su uso y producción aumentarían de forma continua con el paso de las décadas siguiendo siempre al aumento de la demanda y solo frenado por las crisis energéticas, ocasionadas por conflictos geopolíticos y guerras en zonas donde se situaban los yacimientos de petróleo. Estos períodos sirvieron para el inicio del fomento de las energías renovables pero la recuperación de la producción de crudo pronto las relegó a un segundo plano.

El petróleo es capaz de proporcionarnos bienestar, desarrollo y satisfacción a la mayor parte de las necesidades de nuestra sociedad. Hoy en día podemos afirmar, sin ninguna duda, que el mundo occidental es completamente dependiente del petróleo. La globalización, el libre mercado, y la libre competencia han aumentado su consumo de una manera espectacular en los últimos años y parece no tener marcha atrás. Tampoco han de olvidarse la entrada en escena de las nuevas potencias asiáticas, como India y China. Este último con más de 1300 millones de habitantes y con un crecimiento económico y sed de petróleo inauditas hasta el momento.

Por otra parte, según algunos estudios, la humanidad, a día de hoy, ha consumido la mitad del petróleo disponible correspondiendo la mayor parte al petróleo de fácil extracción y de mayor calidad. Esto hace que acceder al petróleo sea cada vez más difícil y costoso, lo que conlleva dificultades para que la oferta satisfaga la creciente y continua demanda de este combustible fósil.

Las consecuencias no se han hecho esperar; en los últimos años viene manifestándose una disminución de la producción excedente de petróleo y en los próximos años cabe esperar que este proceso de vaya acentuando, en especial, a partir del momento que la producción de petróleo comience a decaer. Todo esto viene acompañado, lógicamente, por el alza de los precios del crudo.

**Figura 2.1 : Evolución en la producción de crudo**



En conclusión, vivimos el inicio de una situación de crisis energética, cuyos efectos se están dejando ver cada vez más, y que podría llevar a la economía mundial a una recesión sin precedentes en un futuro no muy lejano. Con este panorama la humanidad debe buscar vías alternativas para satisfacer, por lo menos en una proporción determinada, sus necesidades energéticas.<sup>[44]</sup>

### 2.1.2. CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES DEL PETROLEO COMO FUENTE ENERGETICA

La mayor parte del petróleo (y otros combustibles fósiles) extraído en la actualidad es utilizada para la producción de energía eléctrica, calorífica, y de automoción. En primer lugar, se realiza la conversión de petróleo a sus derivados como la gasolina, el gasóleo o el queroseno, entre otros. Después, estos combustibles, con un alto índice de eficiencia energética por unidad de volumen y fácilmente transportables, se queman en motores de combustión o calderas para satisfacer las necesidades energéticas de la industria y la sociedad. Como productos de estas conversiones se obtienen CO, CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto de invernaderos, así como compuestos tóxicos, como los óxidos nitrogenados y partículas.

Nuestro planeta tiene la capacidad de absorber, biodegradar, y diluir estos productos hasta unos niveles determinados. Sin embargo, cuando son producidos y emitidos de forma masiva, como es el caso de la situación actual, éstos pasan a ser elementos contaminantes y altamente peligrosos para nuestro medioambiente. Destacamos los efectos siguientes<sup>[40]</sup>:

- *El efecto invernadero:* Es producido de forma natural pero los gases de la combustión desmedida contribuyen mucho a su aumento. El efecto invernadero evita que una parte del calor recibido desde el sol deje la atmósfera y vuelva al espacio. Esto calienta la superficie de la tierra aumentando la temperatura de nuestro planeta, cuyas consecuencias están siendo estudiadas hoy en día con conclusiones alarmantes.
- *Cambio climático:* Se cree que está íntimamente relacionado con el efecto invernadero. Hay un gran debate en la sociedad acerca de este tema, sin embargo los resultados de ciertos experimentos científicos arrojan conclusiones bastantes convincentes acerca de la conexión de emisiones de combustión de combustibles fósiles y el desajuste climático de los últimos años.
- *Contaminación atmosférica:* Generalmente los contaminantes se elevan o flotan lejos de sus fuentes sin acumularse hasta niveles peligrosos. Los

patrones de vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura pueden afectar la rapidez con que los contaminantes se alejan de una zona. Los patrones climáticos que atrapan la contaminación atmosférica en valles o la desplacen por la tierra pueden, dañar ambientes limpios distantes de las fuentes originales. La contaminación del aire se produce por toda sustancia no deseada que llega a la atmósfera. Es un problema principal en la sociedad moderna. A pesar de que la contaminación del aire es generalmente un problema peor en las ciudades, los contaminantes afectan el aire en todos lugares. Los aumentos en la contaminación del aire se han ligado a problemas en la función pulmonar y aumentos en los ataques cardiacos. La calidad general del aire ha mejorado en los 20 últimos años pero las zonas urbanas son aún motivo de preocupación. Los ancianos y los niños son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire.

Para luchar contra las emisiones causantes de las emisiones de gases de efecto invernadero, muchas naciones del mundo firmaron el Protocolo de Kyoto en el año 1997. El objetivo del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Para ello contiene objetivos legalmente obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).<sup>[45]</sup>

Figura 2.2 : Objetivos de la UE y España para el periodo 2008-2012 <sup>[43]</sup>



Para cumplir estos requisitos es necesario buscar nuevas vías de producción energética de manera que se emitan menos contaminantes al medioambiente.

### 2.1.3. VIAS ALTERNATIVAS PARA PRODUCCION DE ENERGÍA

Las vías alternativas para producción energética más inmediatas para paliar la crisis energética son las siguientes:

- *El carbón:* Es un combustible muy pesado, poco eficiente, con poca versatilidad y con un gran coste de extracción y de transporte. Es muy contaminante y es el causante de la lluvia ácida, además de contribuir al efecto invernadero al igual que el petróleo.
- *El gas natural:* Su uso está aumentando bastante y tiene muchas ventajas, pero su explotación también contribuye al efecto invernadero. Alcanzará el cenit de producción pocos años después de del petróleo y su declive será mucho más pronunciado que este. En Norteamérica la escasez de gas ya empieza a ser un problema acuciante. Se trata por tanto de una alternativa de uso inmediato pero con poca proyección en el futuro.
- *La energía nuclear:* Nunca ha sido muy popular y tiene muchos detractores. Sin embargo, ciertos países la comienzan a considerar como una clara alternativa para colmar sus necesidades energéticas, sobre todo de energía eléctrica. Argumentando razones de independencia energética, la han desarrollado enormemente o están en ello, véanse Francia o la India. En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que la energía nuclear presenta también problemas como son la costosa extracción de la materia prima, utilizándose combustibles fósiles, y la generación de miles de toneladas de residuos de alta y prologada radiactividad ; problema que, hoy por hoy carece de solución.
- *La energía hidroeléctrica:* Limpia y renovable, pero cuyo aporte solo llega al 2,3 % de la energía global. Tiene desventajas como las pocas posibilidades de

incrementarse significativamente y el gran impacto que causan las presas sobre las áreas donde se construyen.

- *Las energías renovables:* Es un grupo que comprende las energías eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, solar termoeléctrica, mini hidráulica, mareomotriz, geotérmica y la procedente de la biomasa. Suponen solo el 0,5% de la energía global, y su cantidad depende de factores externos, a diferencia del petróleo. A pesar de todo ello, parece que los gobiernos están por la labor de fomentarlas.
- *El hidrógeno:* Se presenta como alternativa interesante para el abastecimiento energético mundial en el futuro. Su mayor inconveniente es el poco desarrollo en su tecnología, lo que la hace inviable a corto y medio plazo. Se necesitará mucha buena voluntad, inversión e investigación antes de su implantación.

Sólo una combinación y gestión adecuadas de estas vías, acompañadas con políticas de desarrollo sostenible y ahorro energético, y compromisos internacionales hará posible el origen de salidas a la crisis que se avecina. Pero no sólo nos ayudará en este aspecto sino que, a su vez, contribuirá al aspecto medioambiental reduciendo las emisiones de gases invernadero.

#### **2.1.4. LAS ENERGIAS RENOVABLES**

Las fuentes de energías renovables se pueden definir como aquellas fuentes que de forma periódica se ponen a disposición del hombre y que éste es capaz de aprovechar y transformar en energía útil para satisfacer sus necesidades, es decir, se renuevan de forma continua en contraposición con los combustibles fósiles como petróleo, carbón, gas y uranio, de los que existen unas determinadas cantidades disponibles agotables en un plazo más o menos largo.

Este tipo de energías son una fuente de abastecimiento inagotable, ya que en su origen proceden en su mayoría del Sol. Esto significa que, no solo es renovable la energía solar producida directamente por la radiación de la luz, sino que también son energías

renovables, desencadenadas por el calentamiento de la superficie de la Tierra, la hidráulica y la eólica. Asimismo, se suelen considerar energías renovables las que aparentemente son inagotables, al estar causadas por fenómenos físicos de gran envergadura como la geotérmica y las mareas.

Los gobiernos de los países europeos están ampliando esta definición a aquellas energías que presentan una emisión global de CO<sub>2</sub> nula, como son el biodiesel y la biomasa. Con frecuencia se confunden también determinadas actuaciones que conducen a un mejor aprovechamiento de los combustibles convencionales, como son la cogeneración y la utilización de gases residuales, que mejoran la eficiencia energética pero no son propiamente energías renovables.

La Unión Europea, dentro de su estrategia de diversificación de las fuentes de abastecimiento de energía, parece que está comenzando a apostar fuertemente por el sector de energías renovables, promoviendo planes para el fomento y la financiación de las mismas como son el “Programa Altener”, por ejemplo. Con ello busca una forma de afrontar las necesidades energéticas hacia el futuro.<sup>[46]</sup>

En España, la respuesta institucional se ha materializado en el Plan de Fomento de las Energías Renovables, aprobado en diciembre de 1999, donde se recoge el objetivo de lograr un 12 % del abastecimiento con energías renovables para el 2010. La aportación actual de las Fuentes de Energía Renovables (FER) es de 6,3 %, teniendo en cuenta que la hidráulica de > 10 MW de potencia es de 2,3 %. La previsión, por tanto es un incremento de más del 100 % ya que el consumo de energía total será mayor que el de hoy.

### **2.1.5. LA BIOMASA**

El término de biomasa en su acepción más amplia incluye toda la materia viva existente en un instante de tiempo en la Tierra. La biomasa energética también se define como el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La biomasa, como el resto de energías renovables (salvo la geotermia) proviene en última instancia de la energía solar.<sup>[1]</sup>

Cualquier tipo de biomasa tiene en común con el resto el hecho de provenir en última instancia de la fotosíntesis vegetal.



El concepto de biomasa energética, en adelante simplemente biomasa, incluye todos aquellos materiales que siendo biomasa, son susceptibles de ser utilizados con fines energéticos.

La biomasa puede ser clasificada atendiendo a su origen <sup>[2]</sup>:

- *Biomasa natural*: Es la que se produce en los ecosistemas naturales. Este tipo de biomasa es una fuente energética de gran importancia en ciertas zonas rurales y países en vías de desarrollo.
- *Biomasa residual*: Se trata de residuos o subproductos generados en actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como en procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera, y son utilizados con fines energéticos. Otros materiales que quedan incluidos dentro de este grupo son los denominados residuos biodegradables, correspondientes a efluentes ganaderos, efluentes de aguas residuales, lodos de depuradoras, etc. y los residuos sólidos urbanos.
- *Cultivos energéticos*: Estos cultivos se realizan con el fin exclusivo de obtener materiales destinados a su aprovechamiento energético. Las características más relevantes de este tipo de cultivos son, por una parte su alta producción por unidad de superficie y año y por otra la limitación de los cuidados al cultivo.
- *Otros*: En este apartado quedan incluidos gran variedad de materiales, aunque en general carecen de la importancia que tiene el resto de los materiales incluidos en los apartados anteriores.

Por una parte podemos encontrarnos con los excedentes agrícolas, que pueden ser utilizados con fines energéticos. Por otra, existen otro grupo de materiales como los aceites usados y las grasas animales utilizadas en la producción de biocombustibles como el biodiesel.

El aprovechamiento de todos estos grupos de biomasa se realiza en todos los campos de actividad, siendo los principales los correspondientes a las aplicaciones domésticas y a las industriales. En cualquier caso, las aplicaciones están fuertemente influenciadas por la posibilidad de realización de tratamientos previos como la homogeneización, densificación, peletización... ya que el mercado y el comercio sólo aceptan productos que satisfagan una serie de requerimientos: buen rendimiento energético, precio asequible, presentación que facilite el manejo, seguridad en el abastecimiento...

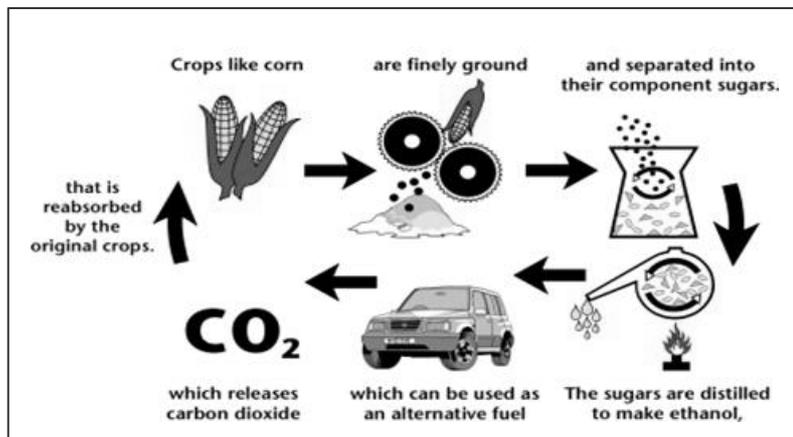
Entre los distintos aprovechamientos pueden destacarse a grandes rasgos los siguientes <sup>[2]</sup>:

- *Combustión directa*: Actualmente existen multitud de modos de combustión de la biomasa, que van desde la su combustión en chimeneas u hogares tradicionales hasta grandes calderas basadas en hogares de lecho fluidizado.
- *Obtención de productos combustibles por vía termoquímica*: Existe la posibilidad de someter a la biomasa a diversas transformaciones en determinadas condiciones de presión y temperatura con el fin de obtener productos sólidos como el carbón vegetal, líquidos como el crudo biológico o gaseoso como el gasógeno.
- *Derivados obtenidos por vía química o bioquímica*: Destacan la fermentación anaerobia de residuos biodegradables que permite obtener biogás, la fermentación alcohólica para la obtención de bioetanol, y la esterificación para la obtención de biodiesel.

Estos aprovechamientos de la biomasa nos reporta una serie de ventajas, en contraposición al uso de combustibles fósiles, que son:

- El balance de CO<sub>2</sub> emitido es neutro. La combustión de biomasa, si se realiza en condiciones adecuadas, produce agua y CO<sub>2</sub>, pero la cantidad emitida de este último gas, principal responsable del efecto invernadero, fue captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, el CO<sub>2</sub> de la biomasa viva forma parte de un flujo de circulación continuo entre la atmósfera y la vegetación, sin que suponga incremento de ese gas en la atmósfera con tal que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada.

Figura 2.3 : Balance neutro de CO<sub>2</sub>



- No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.
- Una parte de la biomasa para fines energéticos procede de materiales residuales que es necesario eliminar. El aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso. Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentes en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- La producción de biomasa es totalmente descentralizada, basada en un recurso disperso en el territorio, que puede tener gran incidencia social y económica en el mundo rural.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

- La tecnología para su aprovechamiento cuenta con un buen grado de desarrollo tecnológico para muchas aplicaciones.
- Es un importante campo de innovación tecnológica. Las respuestas tecnológicas en curso están dirigidas a optimizar el rendimiento energético del recurso, minimizar los efectos ambientales de los residuos aprovechados y de las propias aplicaciones, incrementar la competitividad comercial de los productos y posibilitar nuevas aplicaciones de gran interés como los biocombustibles, entre otros.

Este conjunto de ventajas hace que el aprovechamiento energético de la biomasa despierte gran interés social, especialmente por las consecuencias ambientales que se derivan de su uso y por la necesidad de contar con fuentes alternativas al petróleo, cuya dependencia externa es altísima.

En este sentido, es frecuente valorar las energías renovables en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas. Por ejemplo, dentro del Plan de Fomento de Energías Renovables, se estima que la aportación de las 10.295 ktep de incremento de biomasa para fines energéticos, previstas hasta el 2010, evitarán unas 12.515.000 toneladas de CO<sub>2</sub> si la misma cantidad de energía se hubiera producido con carbón (en generación eléctrica), y 5.047000 toneladas si se hubiera producido por ciclo combinado con gas natural. A eso hay que añadir que también se evitan los demás contaminantes originados por los combustibles fósiles.

#### **2.1.6. EL BIODIESEL**

El biodiesel, según la ASTM ( American Standard for Testing and Materials), se define como :

*“Biocombustible constituido por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplea en los motores de ignición de compresión (motores diesel) o en calderas de calefacción”*

Se trata, por tanto, de un combustible renovable proveniente de biomasa como lo son los aceites vegetales y goza, por tanto, de muchas de sus ventajas. El origen de los aceites como materia prima puede ser muy variado, y casi todos pueden ser tratados para su conversión en biodiesel utilizando diversas técnicas o una combinación de éstas.

### 2.1.6.1.CARACTERISTICAS GENERALES

El biodiesel posee las mismas propiedades que el combustible diesel derivado del petróleo y empleado en automóviles, camiones y ómnibus. Además, puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo. Dependiendo cuales sean estas proporciones de mezcla (en volumen) tendremos diferentes combustibles. Por ejemplo el B100 es biodiesel puro, el B20 es un 20% de biodiesel con un 80% de petrodiesel y el B5 es una mezcla del 5% en biodiesel y 95% en diesel. Esta última esta más comercializada que el resto, sobre todo en países como Francia.

No es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible. Importantes fabricantes de vehículos europeos efectuaron pruebas con resultados satisfactorios en automóviles, camiones y ómnibus. En Estados Unidos es el único combustible alternativo que responde a las directivas EPA Tier I Health Effects Sección 211 (b) de Clean Air Act.

**Tabla 2.1 : Comparación Biodiesel-Diesel** <sup>[26]</sup>

Datos físico - químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico ac. Grasos C <sub>12</sub> -C <sub>22</sub>	Hidrocarburo C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub>
Poder calorífico inferior, Kcal./Kg. (aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, cst (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso específico, g/cm <sup>3</sup>	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0,2
Punto ebullición, °C	190 - 340	180 - 335
Punto inflamación, °C	120 - 170	60- 80
Punto escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetanos	48 - 60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

El biodiesel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es peligroso para el medioambiente y es biodegradable. En la Tabla 2.1 se resumen las características típicas del biodiesel y del diesel derivado del petróleo.

Con respecto a las emisiones que genera su combustión:

- *Monóxido de carbono (CO)*: la emisión durante la combustión del biodiesel en motores diesel es del orden del 50% inferior (comparada con aquella que produce el mismo motor con combustible diesel). Es conocida la toxicidad del monóxido de carbono sobre todo en las ciudades.
- *Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)*: no se produce emisión de dióxido de azufre por cuanto el biodiesel no contiene azufre. El dióxido de azufre es nocivo para la salud humana así como para la vegetación.
- *Material particulado*: esta emisión con el empleo del biodiesel se reduce en algunos casos hasta el 65% respecto del combustible diesel. Las partículas finas son nocivas para la salud.
- *Productos orgánicos aromáticos*: el biodiesel no contiene productos aromáticos (benceno y derivados) siendo conocida la elevada toxicidad de los mismos para la salud.
- *Balance de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*: el dióxido de carbono emitido durante la combustión del biodiesel es totalmente reabsorbido por los vegetales. Por lo tanto el biodiesel puede ser considerado un combustible renovable.

Como ejemplo indicativo, empleando el biodiesel obtenido a partir del aceite de soja mezclado en una proporción del 20% con petrodiesel, la diferencia en las emisiones obtenidas son las mostradas en la tabla 2.2. Tal como puede apreciarse existe una reducción en las emisiones de todos los gases menos en los nitrogenados, donde el biodiesel parte con desventaja frente al diesel convencional. Esto puede solucionarse añadiendo aditivos especiales.

**Tabla 2.2 : Cambio emisiones biodiesel respecto al diesel** <sup>[26]</sup>

Gases	Cambio % en las emisiones
NO <sub>x</sub>	+ 2,0 %
Particulado fino	- 10,1%
Hidrocarburos	- 21,1%
CO	- 11,0%

El resto de ventajas y limitaciones del biodiesel se resumen a continuación:

- *Ventajas :*
  - Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor.
  - Su rendimiento en motores es similar al del gasoil derivado de petróleo.
  - No altera sustancialmente el torque o el consumo.
  - Reduce en gran medida los humos visibles durante el arranque.
  - Posee una gran biodegradabilidad, comparable a la de la dextrosa.
  - Es aproximadamente diez veces menos tóxico que la sal común de mesa.
  - Puede producirse a partir de cultivos excedentes y aceites usados.
- *Limitaciones :*
  - Presenta elevados costos de materia prima.
  - Presenta problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0°C)
  - Presenta escasa estabilidad oxidativa, y su almacenamiento no es aconsejable por períodos superiores a 6 meses.
  - Su poder solvente lo hace incompatible con una serie de plásticos y elementos derivados del caucho natural, y a veces obliga a sustituir mangueras en el motor.
  - Su carga en tanques ya sucios por depósitos provenientes del gasoil puede presentar problemas cuando por su poder solvente "limpia" dichos depósitos, acarreándolos por la línea de combustible.

Para solventar estas limitaciones es necesaria una gestión adecuada de la materia prima y el perfeccionamiento de los métodos de producción. En cualquier caso, como veremos más adelante, existen formas de producción en las cuales el biodiesel producido se ajusta a normas de calidad establecidas que permiten una buena conservación del motor y mantienen su garantía.

#### **2.1.6.2. PRODUCCIÓN DE BIODIESEL <sup>[14]</sup>**

Aunque hoy en día se define biodiesel como un biocombustible compuesto mayoritariamente de metilésteres de ácidos grasos, es posible obtener otros biocombustibles, que en un principio fueron designados también con el nombre de biodiesel, a partir de aceites vegetales. Los métodos para su obtención son citados a continuación:

- Uso directo de aceites vegetales y mezclas con diesel convencional.
- Obtención de microemulsiones
- Pirólisis
- Transesterificación

De alguna manera todas estas formas de obtener combustible con características similares al diesel fósil han definido una evolución hasta llegar a la adopción de la transesterificación como manera más popular, general y barata de producir el biocombustible que hoy en día se conoce con el nombre de Biodiesel.

#### **A) USO DIRECTO DE ACEITES VEGETALES Y MEZCLAS CON DIESEL CONVENCIONAL**

El uso de aceites vegetales en motores de combustión diesel ya fue experimentado por Rudolph Diesel hacia el 1900. Aunque puede utilizarse puro es mucho más recomendable y popular mezclado con diesel fósil (70% aceite- 30% diesel) para cuidar mejor el motor y mejorar sus propiedades en ambientes fríos, evitándose la solidificación del combustible.

La ventaja principal con respecto al biodiesel convencional, hoy en día establecido, es que no necesita tantos pretratamientos antes de que esté listo para su uso. Además existen otras ventajas respecto al diesel fósil<sup>131</sup>:

- Combustible líquido de fácil transporte.
- Contenido calorífico (80 % del diesel fósil)
- Disponibilidad lo que lo hace accesible sobre todo en zonas agrarias productoras de aceite o países del tercer mundo.
- Carácter renovable.

Entre las desventajas pueden destacarse :

- Alta viscosidad
- Baja volatilidad
- Reactividad de los hidrocarburos insaturados presentes.

Estas desventajas obligan a modificar el motor físicamente si quiere utilizarse este tipo de combustible, y dan lugar a problemas sobre todo en motores diesel de inyección directa.

Los problemas más característicos son:

- Problemas al arrancar el motor.
- Ensuciado de los filtros, las líneas y los inyectores.
- Formación de depósitos carbonosos en el pistón.
- Desgaste excesivo del motor
- Fallo del motor debido a polimerización de algunos componentes del aceite.

## **B) OBTENCION DE MICROEMULSIONES**

La elaboración de microemulsiones utilizando aceites y un disolvente como el metanol, el etanol o el butanol permite reducir la alta viscosidad que presentan los primeros y que se traduce en problemas en el motor.

Una microemulsión se define como una dispersión coloidal en equilibrio de microestructuras de fluidos isotrópicos, con dimensiones de 1 a 150 nm, formada espontáneamente al mezclar dos líquidos inmiscibles y un anfótero, ya sea iónico o no iónico.

A pesar de mejorar algunas de las propiedades respecto a las mezclas aceite-diesel, como la viscosidad, y pasar alguno de los tests de rendimiento en motores (véase test EMA), nunca se popularizó completamente, ya que se observaron problemas a largo plazo sobre todo en motores de inyección como complicaciones en el inyector, depósitos carbonosos en las válvulas de admisión, y combustión incompleta.

### **C) PIROLISIS**

La pirólisis, definida de manera estricta, es la conversión de una sustancia en otra por calentamiento en ausencia de aire u oxígeno y en presencia de un catalizador.

Mediante la pirólisis, es posible obtener biocombustibles a partir de aceites vegetales, grasas animales, ácidos grasos y metil ésteres de ácidos grasos. Estos combustibles suelen tener una composición indeterminada a priori, debido a la variedad de rutas químicas y la cantidad de productos obtenidos.

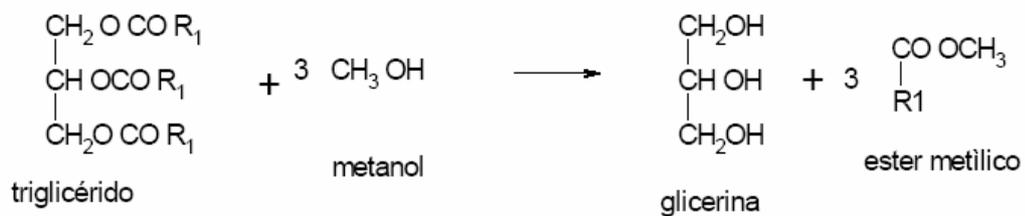
En 1993 (Pioch et al., 1993) se experimentó la pirólisis con aceite de palma utilizando como catalizador  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , a una temperatura de 450 °C, produciéndose gases, líquidos y sólidos de bajo peso molecular. La fase orgánica condensada fue fraccionada resultando biodiesel y biogasolina, siendo la composición química del biodiesel muy similar a las del diesel fósil.

Los grandes impedimentos para estandarizar este método en la producción de biodiesel son el bajo rendimiento en la producción, obteniéndose más biogasolina que biodiesel, los altos requerimientos energéticos para alcanzar temperaturas del orden de 400 °C y los altos costes que supone el equipamiento necesario para este tipo de prácticas.

**D) TRANSESTERIFICACION** <sup>[14],[19]</sup>

Según la definición del biodiesel adoptada en los últimos tiempos, éste proviene de la conversión de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga, presentes en aceites vegetales y en grasas animales, en ésteres monoalquílicos.

Esta conversión, se basa fundamentalmente en una reacción llamada “Transesterificación”, también conocida como Alcoholisis y que utiliza como reactivo, además de los triglicéridos, alcohol. En presencia de un catalizador, el resultado es una mezcla de ésteres (biodiesel) y glicerina. Por ejemplo, utilizando metanol:



Además de metanol pueden utilizarse etanol, propanol, butanol y alcohol amílico. El metanol y el etanol son los más usados para la obtención de biodiesel, especialmente el metanol gracias a sus bajos costes y sus menores exigencias durante la producción.

La reacción debe ser catalizada. Existen varias posibilidades:

- *Catálisis básica*: Los catalizadores más utilizados son los hidróxidos de sodio y potasio. El primero es más efectivo y se necesita menos cantidad, pero el segundo permite su recuperación una vez finalizada la reacción - previa neutralización con ácido fosfórico - en forma de fosfatos que pueden utilizarse como fertilizantes. Este tipo de catálisis es la más utilizada comercialmente en la producción de biodiesel.
- *Catálisis ácida*: Se utilizan el ácido sulfúrico y el clorhídrico. Tiene el inconveniente de ser mucho más lenta que la alcalina, pero da mejores resultados con aceites de alta acidez.

- **Biocatálisis:** Se utilizan Lipasas para catalizar la reacción. Está en proceso de estudio y todavía no se aplica en grandes producciones.

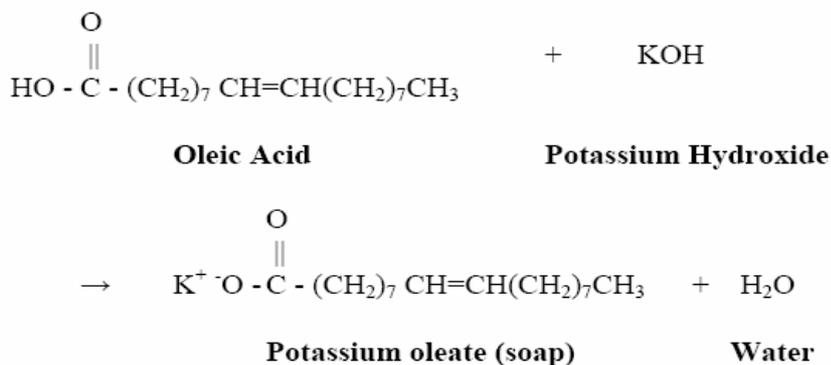
La alternativa más utilizada comercialmente, y sobre la que se basarán los procesos de la planta proyectada, utiliza aceites (nuevos o usados) y metanol como reactivos, e hidróxido sódico o potásico como catalizador, lo que permite altas conversiones (de hasta el 97%) siempre que se cumplan una serie de requisitos. Estos son:

- Aceites o grasas con poca agua y acidez reducida.
- Proporciones óptimas y alta pureza de los reactivos y el catalizador.
- Condiciones de temperatura y presión adecuadas.

El primer requisito es importantísimo y la manera de procesar el biodiesel dependerá del mismo. La explicación radica en que aceites y grasas con agua y una alta concentración de ácidos libres dan lugar a reacciones secundarias como la formación de jabones o la hidrólisis de los triglicéridos:

- **La saponificación**

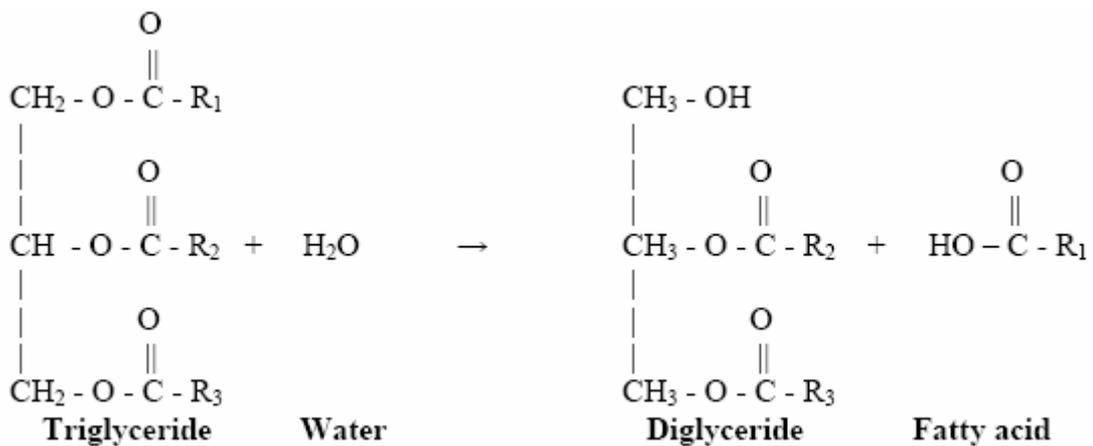
Es común que los aceites y grasas contengan pequeñas cantidades de agua y ácidos grasos libres. Uno de los ácidos libres más conocidos y sobre el que se refiere toda la acidez libre de un aceite, es el ácido oleico. Esta acidez libre no es importante en aceites refinados de baja acidez, pero aumenta considerablemente en aceites usados y debe ser considerada. El problema está en que los ácidos libres, como el oleico entre otros, reaccionan con el catalizador formando jabones y reduciendo su capacidad para catalizar la transesterificación.



Además de inhibir la producción de biodiesel, una excesiva cantidad de jabones presentes puede perjudicar más tarde otras partes del proceso como la separación de la glicerina y el lavado.

- **La hidrólisis de triglicéridos**

La presencia de agua en los aceites también puede ser un problema, particularmente a altas temperaturas, ya que puede hidrolizar los triglicéridos resultando diglicéridos y ácidos grasos libres.



Si existe un catalizador básico presente, como es el caso, los ácidos grasos libres resultantes reaccionarán, por medio de la saponificación, para dar jabones. Estos tienden a solidificarse a temperatura ambiente, de manera que una mezcla de reacción con una cantidad excesiva de jabones, podría gelificarse y formar una masa semisólida muy difícil de recuperar que complicaría el proceso.

Ambas reacciones secundarias pueden evitarse con un correcto pretratamiento de los aceites y que consiste en el secado y la esterificación de los ácidos grasos libres, presentes en el aceite, para producir ésteres y evitar que formen jabones.

Con respecto al segundo y tercer requisito, se han realizado multitud de experimentos y experiencias que determinan las condiciones óptimas en cada caso, y que se verá más adelante cuando se estudien los procesos de producción.

### **2.1.6.3. CALIDAD Y ESPECIFICACIONES.**

Una vez finalizada la reacción de transesterificación, es necesario separar los productos y someter al biodiesel a una serie de tratamientos como la neutralización, el lavado, el filtrado y la destilación. La decisión de incluir o excluir algunos de ellos, como pudiera ser la destilación, dependerá de las exigencias que se quiera para el biodiesel. Si el biocombustible se pretende producir de forma comercial son necesarias, además, pruebas y análisis que corroboren si cumple una serie de especificaciones incluidas en los estándares de calidad del biodiesel.

No existe una norma única que defina los requisitos para obtener un biodiesel de calidad. Cada país adopta especificaciones generales o redacta sus propias especificaciones. Hasta ahora los países que tienen sus propias especificaciones son grandes productores de biodiesel. Aquellos que se están o se han sumado recientemente a la producción de este biocombustible, como es el caso de España, adoptan el estándar americano (ASTM D-6751) o el europeo (DIN EN 14214)<sup>[26], [27]</sup>, que pueden encontrarse en el Anexo A.V.

## **2.2. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCION SELECCIONADAS**

De entre todos los procesos posibles para obtener biodiesel, el más estudiado y depurado actualmente, además de ser el más utilizado comercialmente, es la transesterificación. Es por ello que constituirá el eje central del proceso de producción de la planta piloto que ocupa a este proyecto. Adicionalmente, dependiendo de la calidad y las características de las materias primas de partida y de la calidad del biodiesel requerida, deben introducirse nuevas operaciones de pretratamiento y separación respectivamente.

Las materias primas elegidas y la selección del proceso de producción son dos aspectos que interactúan entre sí, de manera que ninguno va antes que otro, sino que ambas deben tenerse en cuenta. A pesar de ello se comenzará por la descripción de las alternativas de producción seleccionadas, una para la producción de biodiesel a partir de aceites de girasol nuevos y otra para la producción a partir de aceites de girasol usados en fritura.

Como características comunes, se destaca que ambos son procesos en discontinuo, operan en condiciones de presión y temperatura similares, y el lavado del biodiesel bruto obtenido en ambos casos es idéntico.

### **A) PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES NUEVOS <sup>[26]</sup>**

Como alternativa de proceso de producción a partir de aceites de girasol nuevos, se opta por una transesterificación con metanol, catalizada en medio básico con un catalizador homogéneo básico, el hidróxido sódico. Esta alternativa es la más estudiada y es adoptada por la mayor parte de particulares y compañías dedicadas a la producción de biocombustibles. Es una alternativa que no entraña condiciones de presión y temperatura complicadas de alcanzar, pues son moderadas. Además, las características del aceite a procesar hacen que no sean necesarias operaciones de pretratamiento. A continuación, y mediante la ayuda de un diagrama de bloques, se describe de una manera más detallada el proceso seleccionado:

Tal y como se muestra en la figura 2.4, se parte de las materias primas básicas; el aceite de girasol y el metanol, y del catalizador; el hidróxido sódico. En primer lugar, se disuelve el hidróxido sódico en metanol obteniéndose metóxido sódico, cuya misión es doble pues actúa como reactivo y como catalizador en la reacción.

El siguiente paso es mezclar el metóxido sódico con el aceite pero antes éste último debe ser calentado hasta la temperatura de reacción deseada, de manera que la transesterificación es más efectiva, dándose a una velocidad de reacción óptima determinada desde el primer momento. Esta temperatura se mantiene hasta el final de la reacción. En cualquier caso, debe evitarse calentar a una temperatura superior a 65 °C pues el metanol se evaporaría directamente a la hora de verterlo sobre el aceite.

A continuación, se mezclan metóxido y aceite caliente mediante agitación mecánica suave. De esta manera, se favorece la transferencia de materia en los primeros momentos de la reacción de transesterificación, ya que el metóxido y el aceite no son miscibles y forman una emulsión. La agitación se mantiene hasta el final de la reacción.

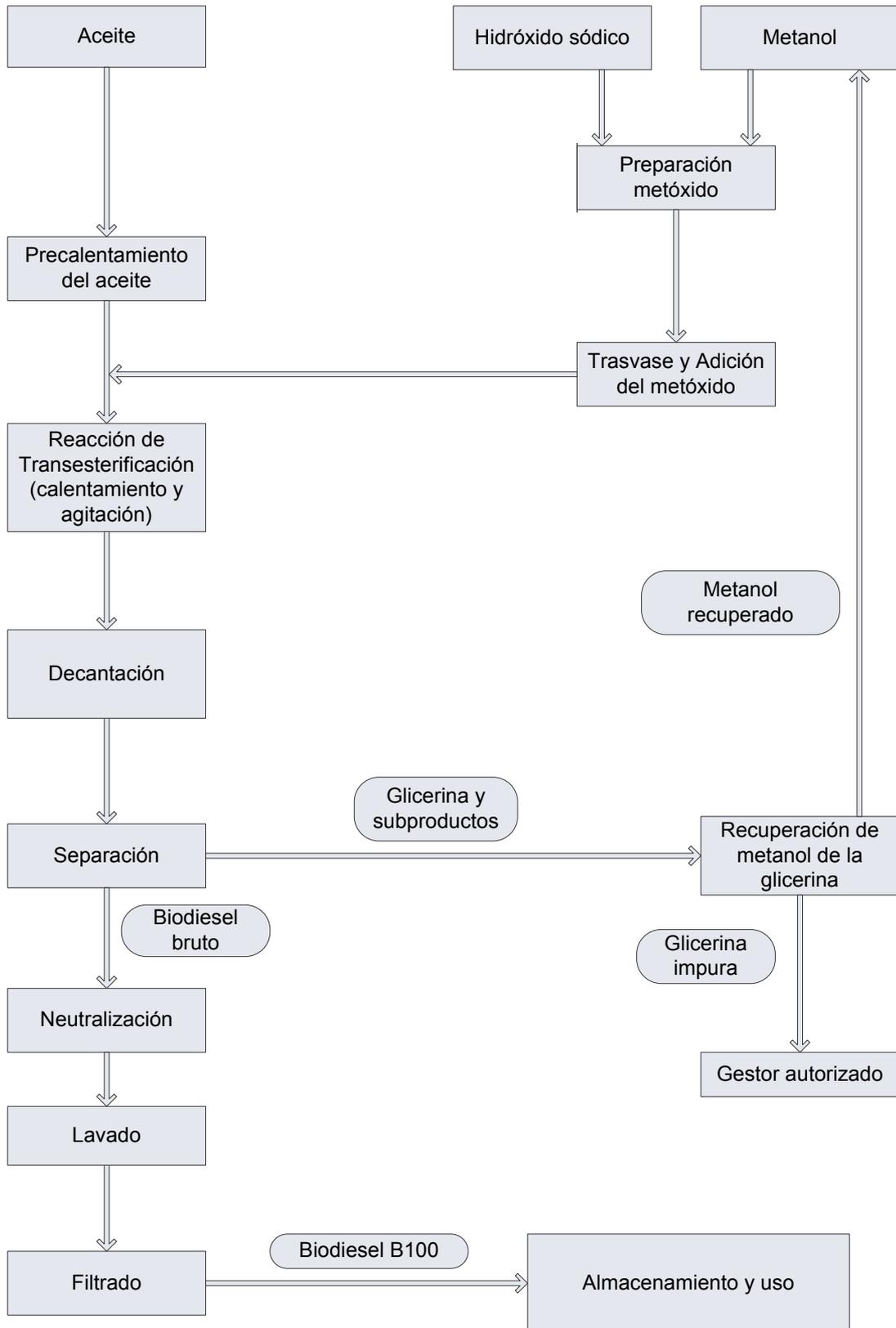
La reacción de transesterificación se completa en 30 minutos, aunque generalmente se extiende este tiempo hasta una hora para que la conversión se produzca con garantías. Los productos resultantes son metilésteres, glicerina y restos de metóxido constituidos por un exceso de metanol y algo de hidróxido sódico. Si la reacción se completó con éxito contendrá también una pequeña parte de jabones.

Seguidamente, se deja reposar el contenido del reactor durante 8 horas. Todos los productos obtenidos se reparten en dos fases mediante decantación; una ligera compuesta mayoritariamente por metilésteres y otra pesada muy rica en glicerina. Los jabones generalmente constituyen una pequeña interfase entre ambas.

Ambas fases deben separarse; la fase pesada será trasvasada para ser tratada a fin de recuperar el metanol presente mediante evaporación. Una vez recuperado, la glicerina debe ser gestionada por un gestor autorizado para su eliminación o puede refinarse para ser vendida a otras industrias, de manera que el proceso de producción se abarate. Con respecto a la fase ligera, también llamada biodiesel bruto, debe ser sometida a lavado con agua caliente para retirar los iones básicos y el metanol, altamente perjudiciales para el motor en la combustión del biocombustible.

Una vez lavado, el biodiesel debe ser filtrado para retirar pequeñas impurezas que hubieran podido permanecer. A partir de ahí, solo queda depositarlo en contenedores abiertos bien ventilados para su secado final. De esta manera, el biodiesel es apto para su uso en maquinaria agrícola, especialmente tractores. En el caso de que el objetivo del biodiesel fueran motores diesel de inyección directa, el biocombustible debería ser sometido a tratamientos adicionales como la destilación y la adición de aditivos.

Figura 2.4 : Producción de biodiesel a partir de aceites nuevos



## **B) PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES USADOS <sup>[26]</sup>**

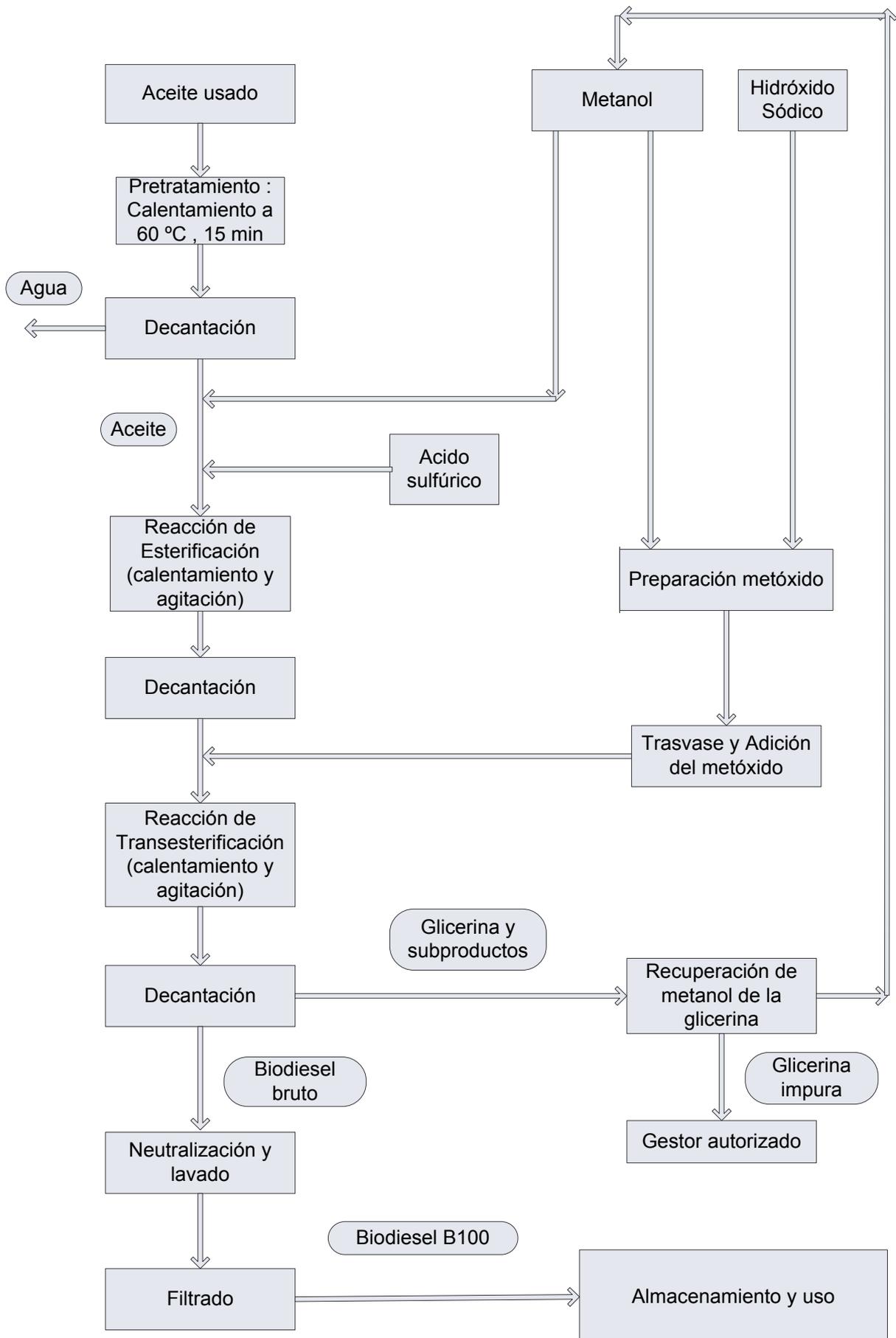
Las características de los aceites usados, obligan a adoptar otra estrategia de producción para evitar la formación excesiva de jabones que dificultan la obtención de biodiesel. Los contenidos en agua y ácidos libres deben reducirse hasta unos márgenes determinados, por lo que se incluyen dos operaciones previas a la transesterificación básica con metanol e hidróxido sódico.

En primer lugar (Figura 2.5), se procede a reducir la proporción de agua en el aceite usado, que previamente fue filtrado para eliminar sólidos de tamaño considerable y perjudiciales para el proceso. Para ello se calienta el aceite hasta una temperatura de unos 60°C y se sostiene la temperatura unos 15 minutos. A continuación, se deja enfriar y decantar el agua, que ocupará la parte inferior del tanque, unas 24 horas. Así la separación de ambas fases es óptima.

El siguiente paso, consiste en reducir la acidez libre del aceite, producto de las altas temperaturas a las que fue sometido durante el proceso de fritura. Para ello, se opta por un pretratamiento químico, que consiste en la esterificación de los ácidos libres con metanol mediante catálisis ácida, haciendo uso de un catalizador homogéneo ácido como el ácido sulfúrico. Las esterificaciones dan conversiones más elevadas a medida que la temperatura es mayor y generalmente, según la experiencia, se neutralizan una cantidad importante de ácidos libres. No menos importante es la agitación mecánica, que favorece el contacto de los reactivos. Por otra parte, se transesterifica una pequeña proporción de triglicéridos, lo que se traduce en una menor cantidad de metanol a utilizar en la fase siguiente. El contenido del reactor se deja reposar 8 horas de manera que parte de la glicerina se asiente.

Una vez esterificado el aceite, se procesa como en el procedimiento de producción a partir de aceites nuevos, es decir, mediante transesterificación básica y lavado con agua. El biocombustible resultante mediante este proceso no suele tener la misma calidad que el obtenido a partir de aceites nuevos. Sin embargo, si se depura y perfecciona el proceso de producción puede obtenerse un biodiesel que cumpla aproximadamente con el 70% de los requerimientos dictados en los estándares de biodiesel.

Figura 2.5: Producción de biodiesel a partir de aceites usados



## 2.3. MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL

Las materias primas para la producción de biodiesel en la planta piloto diseñada, y en relación directa con el proceso de producción seleccionado para la misma son :

- Aceites de girasol refinados o usados
- Metanol
- Hidróxido sódico
- Acido sulfúrico
- Acido ortofosfórico
- Agua de lavado

Siendo los aceites de girasol y el metanol las materias primas principales, el hidróxido y el sulfúrico los catalizadores, y el ortofosfórico y el agua los agentes utilizados en la operación de lavado.

### A) ACEITE DE GIRASOL

#### A.1) INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

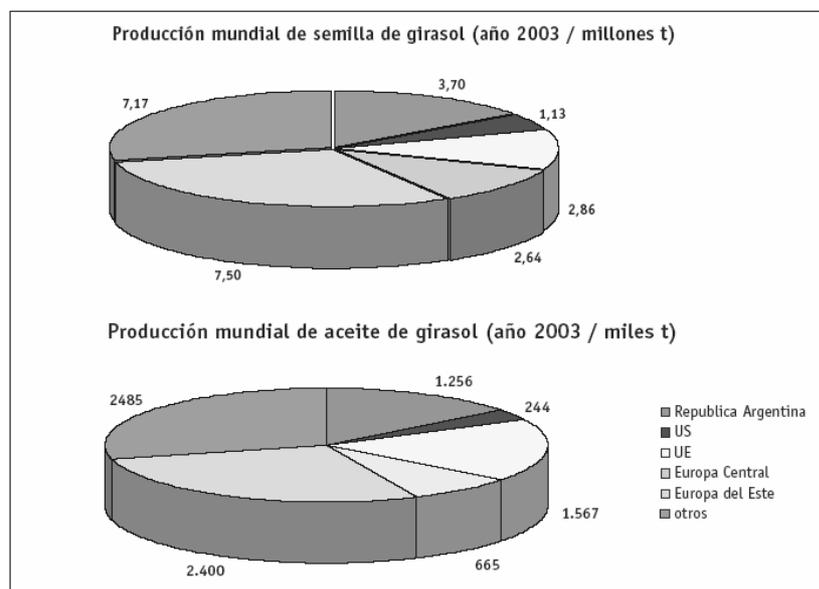
La planta piloto diseñada es capaz de producir biodiesel a partir de aceites vegetales de variado origen o mezclas de grasas animales y aceite vegetales siempre que cumplan los requisitos de acidez y contenido en agua establecidos en el diseño. Sin embargo, sus parámetros se encuentran optimizados para utilizar aceite de girasol como materia prima ya sea refinado o usado.

El aceite de girasol se obtiene a partir de la planta de girasol (*Helianthus annuus*), también llamada *chimalate*, *jáquima*, *maravilla*, *mirasol tlapololote* o *maíz de Texas*. Es una planta herbácea de la familia de las asteráceas, cultivada como ornamental y oleaginosa, por su flor (en realidad una inflorescencia compuesta de múltiples flores) apical, de color amarillo vibrante, que rueda para mirar al sol. Las inflorescencias crecen al cabo de un tallo que puede alcanzar varios metros de altura y que tiene pocas hojas. Los pétalos pueden ser amarillos, marrones, naranjas y de otros colores.

El girasol es nativo de América, y fue cultivado hacia el 1000 a.C.. Desde ahí, los españoles lo exportaron a Europa al principio del siglo XVI.

Actualmente, el cultivo del girasol se realiza en cantidades considerables en pocos países. La Unión Europea, países de Europa del Este, Rusia, Argentina, y Estados Unidos de América son los principales productores de semilla de girasol , siguiéndoles China, Turquía, India y Sudáfrica, que producen en menor proporción. Entre todos ellos aportaron una producción mundial estimada en 25 millones de toneladas en el curso 2004 /2005.

Figura 2.6: Producción semilla girasol año 2003 <sup>[42]</sup>



El girasol contiene hasta un 58% de aceite en su fruto o aqúenio. El aceite de girasol se utiliza para cocinar, aunque no tiene las características cardiosaludables del aceite de oliva. También sirve para producir biodiesel. Las cáscaras y demás restos que quedan una vez que se han procesado las semillas para el aceite, se utilizan en algunas ocasiones como alimento para la ganadería. Las propias semillas se venden normalmente como aperitivo y como alimento para los pájaros.

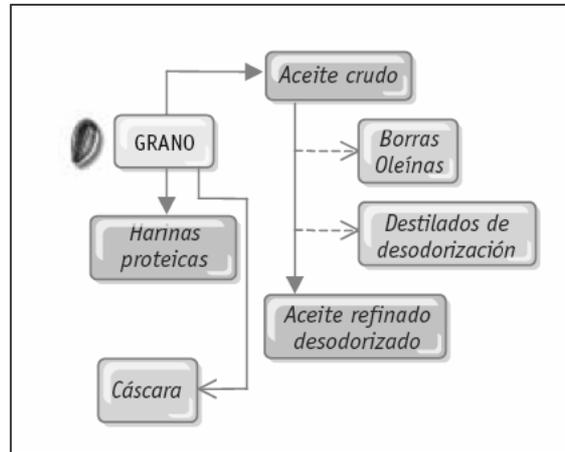
## A.2) ACEITE DE GIRASOL REFINADO

El aceite de girasol refinado conduce a un biodiesel que es más fácil de producir y más limpio con cantidades equivalentes de procesamiento que el aceite usado. Sin

embargo, es más caro. Por ello suelen utilizarse excedentes de producción o producciones obtenidas mediante cultivos específicos : los cultivos energéticos.

El proceso de obtención consta de dos fases esenciales ; La primera fase para la obtención de aceites de girasol refinados es la producción del aceite crudo. Este aceite debe ser acondicionado y refinado para el consumo humano. En la refinación se reduce la acidez libre y se retiran las ceras presentes en el aceite entre otras acciones. Estas son de suma importancia para que el aceite de buenos rendimientos en la producción de biodiesel.

Figura 2.7:



Se resumen a continuación las etapas de obtención del aceite crudo:

- *Acopio* : A partir de la cosecha las semillas se envían a las instalaciones destinadas a su almacenamiento hasta el envío a las plantas procesadoras.
- *Recepción y almacenamiento en fábrica* : Al llegar a la planta procesadoras las semillas son muestreadas antes de proceder a su descarga para evaluar su grado sanitario, presencia de insectos, mohos y/o curasemillas. Si la humedad es superior a 14 % se la reduce mediante un secado con aire caliente en contracorriente. También se eliminan las impurezas por zarandeo.
- *Acondicionado, descascarado, prensado*: Las semillas se limpian de impurezas (si no se lo hizo en la recepción) y se secan hasta alcanzar la humedad ideal para el descascarado, alrededor de 6%. El descarado consiste en separar la cáscara de la pipa por impacto en un sistema de rodillos diseñados para ese fin. La separación de los dos materiales se hace por zarandas y con aire a contracorriente. Para facilitar la extracción del aceite las pipas se laminan y se tratan con vapor de agua durante un cierto tiempo en los equipos denominados cocinadores. El material acondicionado pasa por las prensas, tornillos sin fin que lo van arrastrando y comprimiendo para

que el aceite fluya de la masa. El aceite obtenido se denomina Aceite Crudo de Prensa y el material que queda Torta o Expeller.

- *Extracción por solvente* : La torta resultante es rica en aceite, contiene alrededor de 15%, y para obtenerlo se la acondiciona convenientemente antes de ingresar a los extractores. Allí mediante hexano caliente se extrae el aceite. Este Aceite Crudo de Extracción se envía a tanques donde se mezcla con el Aceite de Prensa constituyendo lo que es el Aceite Crudo. Este producto se comercializa como tal y sus principales características son:
  - Acidez : 0,7 – 1.5 %
  - Color Lovibond, celda 3” Rojo 3 – 3,5
  - Sedimento : 0.1 – 0,2 %
  - Humedad : 0.1 – 0,15 %
  - Fósforo : 100 – 200 ppm

Una vez obtenido el aceite crudo deben eliminarse un conjunto de sustancias para llegar a un aceite refinado de sabor, aroma, color y aspecto que satisfaga las necesidades del consumidor. Esto se consigue mediante el refinado que consta de las siguientes etapas:

- *Descerado*: el aceite crudo se enfría hasta 5 – 8°C con agitación lenta, permaneciendo a esa temperatura durante varias horas. Así se forman cristales de cera que crecen y puede separarse mediante centrifugación o filtrado o bien eliminarlos posteriormente.
- *Desgomado ácido*: el aceite se trata con solución diluida de ácido fosfórico o cítrico para hidratar los fosfolípidos o lecitinas.
- *Neutralización alcalina*: la mezcla anterior se trata con soda cáustica para neutralizar la acidez residual del ácido utilizado y la propia del aceite proveniente de los ácidos grasos libres. A continuación la mezcla se somete a centrifugación separándose el aceite neutro del resto de productos generados.

- *Lavados y secado*: el aceite neutro debe lavarse con agua para eliminar restos de los jabones formados en la etapa anterior. Esta fase acuosa se elimina por centrifugación. El aceite húmedo pasa por una torre de secado, donde los restos de humedad se eliminan a 90°C bajo un vacío parcial.

A partir de este punto el aceite podría utilizarse para el uso de producción de biodiesel, obviando las etapas de blanqueado, desodorización y pulido. En cualquier caso, si el aceite se procesase hasta el final sus características serían las siguientes:

**Tabla 2.3 : Características y composición del aceite de girasol refinado<sup>[39]</sup>**

DESCRIPCIÓN

Apariencia	Claro y brillante
Color (5 1/4" Escala Lovibond)	3 Amarillo / 0.4 Rojo

DATOS CUANTITATIVOS

% Ácidos grasos libres (como Oleico)	0.05 (Max.)
Índice de Yodo (Wijs)	130 - 135
Índice de estabilidad oxidativa (horas a 110° C)	3.5 (Típica)
Índice de peróxido (meq/kg)	0.5 (Max)
Índice de refracción a 40° C	1.4670 - 1.4678
Índice de saponificación	190 - 192
Densidad a 25° C	0.919 - 0.924

COMPOSICION EN ACIDOS GRASOS LIBRES BASICA (%)

C14	Mirístico	0,1
C16	Palmitico	5.6 - 6.3
C16:1	Palmitoleico	0 - 0.2
C18	Esteárico	3.6 - 4.4
C18:1	Oleico	20 - 26
C18:2	Linoleico	62 - 68
C18:3	Linolenico	0.1 - 0.5
C20	Araquidico	0.1 - 0.5
C20:1	Eicosenoico	0.1 - 0.3
C22	Behenico	0.6 - 0.8
C24	Lignocérico	0 - 0.2
TOTAL ACIDOS SATURADOS		10 - 12
TOTAL ACIDOS MONOINSATURADOS		20 - 26
TOTAL ACIDOS SATURADOS		62 - 68

### **A.3 ) ACEITE DE GIRASOL USADO**

Los aceites usados de los procesos de fritura, tanto de origen animal como vegetal, proceden en una proporción mayoritaria de actividades domésticas y comerciales. La fracción restante tiene su origen en las industrias alimentarias principalmente.

Tradicionalmente, estos aceites y grasas se han desechado junto con las aguas residuales industriales o domésticas, constituyendo un importante contaminante de carácter orgánico dentro de estos vertidos y ejerciendo por tanto un impacto ambiental negativo debido a su toxicidad y a su difícil gestión.

Actualmente en España, dos terceras partes del aceite utilizado acaba en la red de saneamiento y alcantarillado, encareciendo y complicando el tratamiento de las aguas residuales en las depuradoras. Al llegar a éstas, los restos de aceite dificultan el funcionamiento de los depósitos de aireación. Además, cuando el aceite que no ha podido eliminarse acaba en los ríos, forma una película superficial que impide el intercambio normal de oxígeno y altera el ecosistema; un solo litro de aceite puede contaminar hasta 1000 litros de agua.

La producción de biodiesel a partir de estos aceites se presenta como una nueva vía para su reutilización evitando su vertido indiscriminado y revalorizando lo que se supone un subproducto. Su utilización como materia prima suprime la necesidad de la operación de extracción del aceite a partir de las semillas de oleaginosas, y las propiedades del biodiesel producido, aunque más variables que el obtenido a partir de aceite vegetal puro, cumplirán con las especificaciones exigidas. Será necesario, sin embargo, un control de calidad más exhaustivo para las materias entrantes que eviten la variabilidad en las mismas.

En Europa, se estima que cada persona produce 5 kg al año de aceites vegetales usados, lo que supone aproximadamente 1.860.000 de toneladas podrían recolectarse, basándonos en una población de 372.131.000 personas. En el caso de España el volumen de producción de los aceites usados en torno a las 750.000 toneladas/año, de los cuales actualmente sólo en torno a un 20% son objeto de recogida para su aprovechamiento.

El aceite de girasol, así como cualquier tipo de aceite vegetal, sufre cambios físico-químicos al someterlo a los procesos de fritura, en los cuales se dan altas temperaturas. Esto, unido a la incorporación de agua proveniente de los alimentos susceptibles de fritura, acelera la hidrólisis de los triglicéridos y el incremento de la acidez libre en el aceite. Sin embargo, no sólo son estas las únicas características del aceite afectadas ; La estabilidad oxidativa al contacto del aceite caliente con el alimento, y el índice de peróxido del aceite aumenta. La viscosidad del aceite también aumenta considerablemente, debido a la formación de ácidos diméricos y poliméricos y de glicéridos. La masa molecular del aceite y el índice de yodo descienden, mientras que el índice de saponificación y su densidad se incrementan.

**Tabla 2.4: Propiedades aceite girasol usado (tras frituras a 180°C) <sup>[20]</sup>**

PROPIEDAD	VALOR
% Ácidos grasos libres	Variable , a partir de 2 hasta 50 %
Densidad (25°C)	0,930 Kg/L
Viscosidad (25°C)	34-50 cSt
Índice yodo	118,7
Índice saponificación	175,8

Con estas propiedades el aceite no es susceptible de ser aceptado como materia prima para la producción de biodiesel. Su alta acidez que suelen rebasar el 10% en peso de ácidos grasos en el aceite y la presencia de agua en un porcentaje mayor que el 0,5% en peso impiden que la reacción de transesterificación se complete adecuadamente.

Las operaciones de pretratamiento reducen estos valores de acidez y humedad, así como los sólidos en suspensión, perjudiciales para la calidad final del biodiesel. Las operaciones como la sedimentación, la centrifugación, la evaporación y la decantación, entre otras, hacen posible alcanzar valores que califican al aceite como apto para su procesado mediante transesterificación (Tabla 2.5).

Una característica destacada del aceite de fritura usado es la cantidad de ácidos grasos libres que han sido liberados durante el proceso de fritura. Este contenido depende de la acidez del aceite de partida, que en el caso del aceite de girasol, es muy reducida. Debido a este bajo grado de acidez, el aceite de girasol usado constituye una buena

alternativa como materia prima para su transformación en biodiesel, puesto que no será necesaria ninguna etapa previa severa de reducción del contenido en ácidos grasos libres.

**Tabla 2.5 : Características aceite de girasol usado optimas para producir biodiesel <sup>[27]</sup>**

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Acidez máxima	% en peso	2
Humedad máxima	% en peso	0,5
Sólidos en suspensión max.	mg/Kg	24
Contenido máximo en azufre	% en peso	0,2
Contenido máximo en cloro	mg/Kg	10
Índice de peróxido máximo	Meq O/Kg	20
PCBs		exento
Índice de yodo		105-115
Índice de saponificación mín.		190

## B) METANOL

Derivado del gas natural, el metanol es un hidrocarburo compuesto de carbono, hidrógeno, y oxígeno. Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Se trata de un alcohol, incoloro, neutro y polar. Es miscible con agua, otros alcoholes, ésteres y la mayoría de disolventes orgánicos, pero sólo ligeramente soluble en grasas y aceites. Además de tóxico, es inflamable y altamente volátil, pudiendo su vapor formar mezclas explosivas con el aire. Esto lo clasifica como líquido inflamable de categoría B (Productos cuyo punto de inflamación es inferior a  $55^\circ\text{C}$  y no están comprendidos en la clase A), debiendo tener en cuenta los aspectos de la normativa en cuanto a equipamiento a utilizar, operación del mismo, zonas de riesgo y seguridad. La ficha de seguridad se incluye en el Anexo A.VI. Entre el resto de sus características físicas destacan las resumidas en la Tabla 2.6.

Los alcoholes etanol anhidro, isopropanol o butanol pueden sustituir al metanol, pero la reacción se dará en un tiempo más lento, y los rendimientos pueden ser más bajos, dando como resultado controles de calidad más rigurosos y procesos adicionales. Por otra parte es mucho más económico que el resto; el metanol es un 55% más barato que el etanol.

**Tabla 2.6 : Propiedades del metanol** <sup>[37]</sup>

PROPIEDAD	VALOR
Estado de agregación	Líquido
Masa molecular	32,04 g/mol
Punto de fusión	97 °C
Punto de ebullición	64,7 °C
Densidad	0,7918 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad	0.59 mPa·s a 20 °C.

### C) HIDROXIDO SODICO

El catalizador empleado en la transesterificación básica será el hidróxido sódico. Se trata de un catalizador básico homogéneo, cuyas propiedades principales, así como sus riesgos y las medidas de seguridad que hay que considerar para su utilización aparecen en su ficha de seguridad química que se adjunta en el Anexo A.VI.

El hidróxido sódico (NaOH) o hidróxido de sodio, también conocido como sosa cáustica o soda cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química o catalizador). Se fabrica por electrólisis de una solución acuosa de cloruro sódico.

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire. Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.

El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, rayón, papel, explosivos, tinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Entre el resto de sus características físicas destacan las resumidas en la Tabla 2.7:

**Tabla 2.7 : Propiedades del hidróxido de sodio** <sup>[37]</sup>

PROPIEDAD	VALOR
Estado de agregación	Sólido
Masa molecular	40 g/mol
Punto de fusión	323 °C
Punto de ebullición	1390 °C
Densidad	$2,1 \times 10^3$ g/cm <sup>3</sup>

## D) ACIDO SULFURICO

Utilizado como catalizador en la reacción de esterificación de los ácidos grasos libres del aceite, el ácido sulfúrico es el compuesto químico que más se produce en el mundo. Sus propiedades principales, así como sus riesgos y las medidas de seguridad que hay que considerar para su utilización aparecen en su ficha de seguridad química que se adjunta en el Anexo A.VI.

El ácido sulfúrico es un ácido fuerte, es decir, en disolución acuosa se disocia fácilmente en iones hidrógeno e iones sulfato. Sus disoluciones diluidas muestran todas las características de los ácidos: tienen sabor amargo, conducen la electricidad, neutralizan los álcalis y corroen los metales activos desprendiéndose gas hidrógeno.

Generalmente se obtiene a partir de dióxido de azufre, por oxidación con óxidos de nitrógeno en disolución acuosa. Normalmente después se llevan a cabo procesos para conseguir una mayor concentración del ácido. Antiguamente se lo denominaba *aceite* o *espíritu de vitriolo*, porque se producía a partir de este mineral. Una gran parte se emplea en la obtención de fertilizantes. También se usa para la síntesis de otros ácidos y sulfatos y en la industria petroquímica.

**Tabla 2.8 : Propiedades del ácido sulfúrico** <sup>[37]</sup>

PROPIEDAD	VALOR
Estado de agregación	Líquido
Masa molecular	98,1 g/mol
Punto de fusión	10 °C
Punto de ebullición	337 °C
Densidad	$1,8 \times 10^3$ g/cm <sup>3</sup>

## E) ACIDO ORTOFOSFORICO

Utilizado en disolución con agua al 10% en peso para equilibrar el pH básico del biodiesel bruto en la etapa de lavado. Sus propiedades principales, así como sus riesgos y las medidas de seguridad que hay que considerar para su utilización, aparecen en su ficha de seguridad química que se adjunta en el Anexo A.VI.

Tiene un aspecto líquido transparente, ligeramente amarillento y es tóxico y corrosivo. Normalmente, se almacena y distribuye en disolución. Se obtiene mediante el tratamiento de rocas de fosfato de calcio con ácido sulfúrico, filtrando posteriormente el líquido resultante para extraer el sulfato de calcio. Otro modo de obtención consiste en quemar vapores de fósforo y tratar el óxido resultante con vapor de agua. El ácido es muy útil en el laboratorio debido a su resistencia a la oxidación, a la reducción y a la evaporación.

Entre otras aplicaciones, el ácido fosfórico se emplea como ingrediente de bebidas no alcohólicas, como pegamento de prótesis dentales, como catalizador, en metales inoxidables y para fosfatos que se utilizan, como ablandadores de agua, fertilizantes y detergentes.

**Tabla 2.9 : Propiedades del ácido ortofosfórico** <sup>[37]</sup>

PROPIEDAD	VALOR
Estado de agregación	Líquido
Masa molecular	98,1 g/mol
Punto de fusión	41,85 °C
Presión de vapor, Pa a 20°C:	4
Densidad	1,88×10 <sup>3</sup> g/cm <sup>3</sup>

## F) AGUA DE LAVADO

Se trata de agua corriente de la red. Debe ser calentada hasta unos 60°C para lograr una temperatura de al menos 30 °C dentro del tanque de lavado. Así la transferencia de materia es más eficaz. Retirá el metanol, así como iones básicos y ácidos que puedan estar presentes en el biodiesel bruto.

## **2.4. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA PLANTA PILOTO A AUTOMATIZAR**

Justificadas las materias primas y los procesos de producción seleccionados para la producción de biodiesel (o metiléster) a partir de aceites vegetales nuevos y usados, se procede a la descripción con detalle del sistema diseñado para la misma y sobre el cual se llevará a cabo la automatización.

La planta piloto o sistema está diseñado para procesar lotes de unos 70 kg de masa de aceites nuevos o aceites usados a presión atmosférica y temperatura moderadas. Está optimizada, sobre todo, para el uso de aceite de girasol como materia prima, pero la experiencia de otros sistemas similares a éste, indica que pueden utilizarse otras fuentes de materia prima, como aceites vegetales de origen distinto (palma, soja...) o incluso grasas animales. Su modo de operación es manual y su capacidad de producción final es de 62 kg de biodiesel por lote aproximadamente.

**Figura 2.8: Ejemplo de planta piloto**



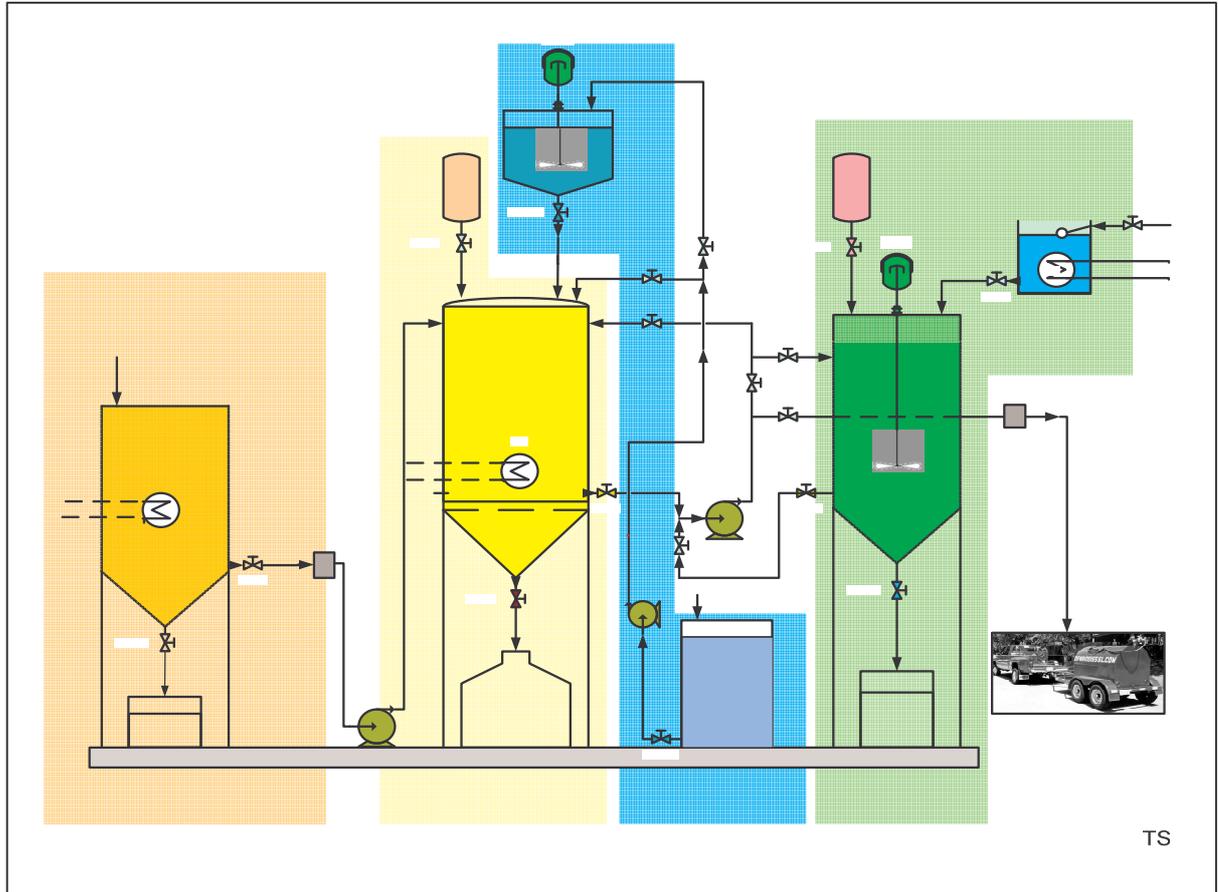
### **2.4.1. DISTRIBUCIÓN Y ASPECTOS GENERALES**

La planta piloto está integrada en un volumen reducido de 2,39m x 1,45 m x 1,88m, por lo que su transporte no presenta grandes dificultades. Es perfectamente transportable en remolques diseñados para coches o furgonetas que pueden llegar a alcanzar dimensiones de 3m x 1,6 m.

La planta no es autosuficiente. Necesita ser conectada a la red eléctrica para alimentar sus equipos: bombas, agitadores y resistencias. Además, ha de conectarse también a la red de agua por medio de algún tubo flexible.

Las localizaciones donde vaya a instalarse la planta deben cumplir, además de los requisitos ya citados, otros como que el lugar esté cubierto, sin exposición directa al sol, bien ventilado y acondicionado, evitando temperaturas muy bajas o muy altas.

Figura 2.9 : Áreas principales de la planta piloto versión manual



Tal como se muestra en la Figura 2.9, la planta está integrada por una serie de depósitos, válvulas, resistencias, bombas, filtros y demás elementos que se agrupan en cuatro áreas que se describen escuetamente a continuación:

TR

- *Área de pretratamiento* : Constituida por el tanque de pretratamiento de aceites usados con su filtro de recepción de gruesos, resistencia, válvulas y filtro de 40 micrones, así como la bomba de trasvase de aceite usados al reactor MB1.

TP

- *Área de reacción* : Engloba al reactor con su resistencia calefactora, tanque de ácido sulfúrico, bomba MB2<sup>RTP</sup> para la acción de mezcla-recirculación y tanque

RTR

FTP

VMPTP

inferior para la recogida de subproductos con glicerina como compuesto mayoritario.

- *Área de almacenamiento de metanol y producción de metóxido*: Constituida por el tanque de almacenamiento de metanol, la bomba MB3, y el tanque de producción de metóxido que incluye un agitador.
- *Área de lavado*: Constituida por el tanque de lavado con su agitador, tanque de ácido ortofosfórico y tanque de agua de lavado, incluyendo su resistencia calefactora.
- *Área adicional* : Espacios adicionales para instalar el cuadro de operación y otros elementos.

#### **2.4.2. DESCRIPCION DE LOS TANQUES Y DEPOSITOS**

##### **A) TANQUE DE PRETRATAMIENTO (TP) :**

El tanque de pretratamiento es el receptor de los aceites vegetales usados. Está equipado con un filtro con pendiente, situado en la parte abierta superior de manera que los sólidos filtrados se deslicen hacia la parte más baja del filtro, impidiéndose así su acumulación uniforme. Este filtro debe ser limpiado periódicamente para un correcto paso del aceite al fondo del tanque.

Este tanque, de fondo cónico de inclinación 20° y relación altura-diámetro de 1,5 (condiciones para una decantación adecuada), posee un volumen de 85 litros, pero su volumen máximo de trabajo es de unos 75 litros aproximadamente. Está, por tanto, sobredimensionado más de 10 litros lo que le permite la existencia de un espacio entre la superficie y la abertura superior, permitiendo la instalación del filtro receptor. Todas estas condiciones resultan en unas dimensiones de 41,6 cm. de diámetro por 77,5 cm. de altura.

Con respecto al material de fabricación, el tanque de pretratamiento está fabricado en acero inoxidable AISI 304. Esto es necesario para resistir mejor la corrosión ocasionada

por el asentamiento de agua en el fondo del tanque después de cada lote pretratado, así como para una duración y resistencia óptimas.

El tanque está provisto de dos salidas de evacuación; una está situada en su lateral a una altura característica, en este caso 10 cm, que depende de las alturas alcanzadas por la fase acuosa y la oleaginosa tras su pretratamiento y decantación, y que se determina de manera empírica. Esta salida tiene un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y sirve para evacuar, de una manera eficaz, el aceite pretratado evitando la presencia de agua, que queda en el fondo del tanque. La otra salida está localizada en el fondo del tanque y es utilizada para evacuar el agua decantada tras el proceso de pretratamiento. El diámetro es idéntico al anterior,  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Ambas salidas están controladas gracias a válvulas de bola manuales ya que no es necesaria la regulación de los caudales que por ellas circulen. Además, también posee una tubuladura roscada en su lateral para la instalación de una resistencia calefactora.

**Figura 2.10 : Ejemplo tanque de pretratamiento**



El tanque viene equipado con cuatro patas lo que le permite elevarse 60 cm. por encima del nivel del suelo. Esto permite la colocación de una conducción de desagüe en el fondo del tanque de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro, así como de la instalación de las válvulas necesarias y de un depósito o contenedor receptor justo debajo, para recoger el agua y pequeñas partículas que hayan sedimentado en el proceso de pretratamiento.

La versión manual de la planta dispone de un tubo de PVC transparente, conectado al fondo y a un lateral del tanque mediante conexiones de PVC y a una altura inferior que la alcanzada por la superficie del líquido. Esto permitirá ver las alturas alcanzadas por los líquidos controlando así sus niveles a la hora de la recepción o trasiego del aceite.

Por último, el tanque viene equipado con dos resistencias calefactoras eléctricas atornillables (resistencia RTP) en su parte lateral, aislante de fibra o lana mineral Rockwool de 1 pulgada de espesor en sus caras laterales, y un termómetro analógico para

seguir en todo momento la temperatura del proceso de pretratamiento. Otra opción algo más cara es la inclusión de un sencillo termostato controlador de la temperatura.

## **B ) TANQUE DE REACCIÓN O REACTOR (TR)**

El reactor es el núcleo de la planta piloto, es su tanque esencial. En él se llevan a cabo tanto reacciones de esterificación de ácidos libres, como de transesterificación de triglicéridos de ácidos grasos pertenecientes al aceite vegetal para la producción de biodiesel. Ambas reacciones se llevan a cabo a presión atmosférica o cercanas y a temperaturas moderadas del orden de 55°C.

El reactor, de fondo cónico de inclinación 20° y relación altura-diámetro de 2 (buscando una mejor relación para una decantación posterior más eficaz), posee un volumen de 100 litros, pero su volumen máximo de trabajo es el 85% del mismo. Este sobredimensionamiento permite la existencia de un espacio entre la superficie y la parte superior, que en este caso es cerrada. Este espacio es muy importante, ya que facilita la instalación de instrumentación, la descarga de ciertas conducciones provenientes de otras partes de la planta y da una mayor seguridad intrínseca al conjunto. Con todo, el reactor tiene unas dimensiones de 40 cm. de diámetro y una altura de 85 cm. de diámetro.

**Figura 2.11: Reactor de acero inoxidable**



El reactor está cerrado en su parte superior para evitar la salida indiscriminada de los vapores de metanol producidos durante las reacciones. A pesar de la formación de estos y siguiendo la experiencia desarrollada en otras plantas de este tipo, la presión alcanzada dentro del mismo es baja, sobre todo porque no se llega a mantener la temperatura por encima de la temperatura de ebullición del metanol (65°C) durante mucho tiempo y el metanol se consume rápidamente durante los primeros 15 o 30 minutos de reacción. En cualquier caso, el reactor posee una válvula de alivio que evitaría sobrepresiones peligrosas dentro del mismo. Esta debe desembocar en un tubo flexible de PVC, para su evacuación lejos del área de la planta, si puede ser al exterior mejor.

El reactor está construido en acero inoxidable AISI 316 para resistir adecuadamente la corrosión que origina la presencia de metóxido, metanol e hidróxido sódico en su interior. Por otra parte, el acero proporciona robustez estructural al conjunto a las condiciones de presión y temperaturas necesarias para llevar a cabo las distintas reacciones del proceso.

El reactor, además de las entradas para la instalación de instrumentación localizadas en la tapa superior, está provisto de dos salidas de evacuación en la parte inferior y 5 entradas en su tercio superior. Con respecto a las salidas inferiores, una de ellas está situada en su lateral a una altura 13,25 cm, que depende de las alturas alcanzadas por la fase ligera y la pesada tras la reacción y decantación, y que se determina de manera empírica. Esta salida tiene un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y sirve tanto para recircular los contenidos del reactor constantemente, resultando un efecto de mezcla-agitación, como para evacuar de una manera eficaz el biodiesel producido evitando la presencia de glicerina, que queda en el fondo del tanque. La otra salida está localizada en el fondo del tanque y es utilizada para evacuar la fase pesada rica en glicerina, tras el proceso de decantación. El diámetro es idéntico al anterior,  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Ambas salidas están controladas gracias a válvulas de bola manuales ya que no es necesaria la regulación de los caudales que por ellas circulen.

El reactor, además, incluye dos tubuladuras roscadas en su lateral para la instalación de resistencias calefactores.

Las entradas superiores provienen de distintos puntos del resto de la planta, estas son:

- *Entrada de conducción proveniente desde el tanque TP:* Esta entrada esta situada en el lateral superior, por encima de la superficie del líquido.
- *Entrada de conducción proveniente del circuito de recirculación :* Por ella los reactivos y productos se recirculan de nuevo al reactor. Esta situada en un lateral, por encima de la superficie del líquido contenido en el reactor.
- *Entrada de metanol :* Viene directamente del tanque de metanol y suministra al reactor de metanol en las reacciones de esterificación de ácidos libres. También está localizada en la parte lateral sobre la superficie del líquido.

- *Entrada de metóxido* : Proviene del tanque mezclador y hace posible el suministro de metóxido para las reacciones de transesterificación. Localizada en la parte superior del reactor.
- *Entrada de ácido sulfúrico* : Permite la entrada de ácido, catalizador de la esterificación. Localizada en la parte superior del reactor.

Las desembocaduras de estas entradas están muy cercanas a la superficie del líquido para evitar salpicaduras.

**Figura 2.13: Ejemplo parte superior de un reactor**



**Figura 2.14: Detalle entrada de recirculación**



El reactor viene equipado con cuatro patas lo que le permite elevarse 60 cm por encima del nivel del suelo. Esto permite la colocación de una conducción de desagüe en el fondo del tanque de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro, así como de la instalación de las válvulas necesarias y de un depósito o contenedor receptor cerrado justo debajo, para recoger la fase pesada, rica en glicerina, decantada tras el proceso de reacción.

La versión manual de la planta dispone de un tubo de PVC transparente, conectado al fondo y a un lateral del tanque mediante conexiones de PVC y a una altura inferior que la alcanzada por la superficie del líquido. Esto permitirá ver las alturas alcanzadas por los líquidos controlando así sus niveles a la hora de la recepción o trasiego del aceite o biodiesel.

El reactor viene equipado con dos resistencias calefactoras eléctricas (resistencia RTR) y un termómetro analógico para seguir el desarrollo de la temperatura de reacción. Otra variante de la planta incluiría un termostato para controlar la temperatura.

El reactor está aislado, en su caras laterales, por medio de fibra o lana mineral Rockwool con un espesor de 1 pulgada.

### **C) TANQUE DE LAVADO (TB)**

En el tanque de lavado el biodiesel bruto es tratado con ácido ortofosfórico y agua para equilibrar su pH y retirar restos de hidróxido, sulfatos y sobre todo el metanol que pueda contener esta fase ligera cuyo origen es el reactor. Este proceso se divide en tres lavados independientes en los cuales se decantan las fases acuosa y orgánica, se desecha el agua utilizada y se renueva con agua de la red, previamente calentada.

Este tanque, de fondo cónico de inclinación 20° y relación altura-diámetro de 2, posee un volumen de 120 litros. Su volumen máximo de operación es de 100 litros. Todas estas condiciones resultan en unas dimensiones de 42 cm de diámetro por 90 cm de altura. La parte superior esta cerrada para evitar emanaciones de metanol, potencialmente peligrosas, al medio.

Con respecto al material de fabricación, el tanque de pretratamiento está fabricado en acero inoxidable AISI 304. Esto es necesario para resistir mejor la corrosión ocasionada por la presencia continua de agua en el medio.

El tanque está provisto de dos salidas de evacuación; una está situada en su lateral a una altura característica, en este caso 25,43 cm, que depende de las alturas alcanzadas por la fase acuosa o pesada y la orgánica o ligera después de cada lavado y decantación correspondiente. Esta salida tiene un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y sirve para evacuar, de

**Figura 2.15: Ejemplo de tanque de lavado**



una manera eficaz, el biodiesel lavado evitando la presencia de agua, que queda en el fondo del tanque. La otra salida está localizada en el fondo del tanque y es utilizada para evacuar el agua decantada y rica en metanol e iones, después de cada lavado. El diámetro es idéntico al anterior,  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

Ambas salidas están controladas gracias a válvulas de bola manuales, ya que no es necesaria la regulación de los caudales que por ellas circulen.

El tanque de lavado posee hasta tres entradas en su cuarto más superior:

- *Entrada de ácido ortofosfórico*: Localizada en la parte superior del tanque y utilizada para la admisión de ácido para equilibrar el pH inicial del biodiesel recibido.
- *Entrada para la admisión de agua*: Localizada en la parte superior del tanque.
- *Entrada proveniente del reactor y del circuito de recirculación*: Situada en el lateral superior del cilindro. Por ella se admite el biodiesel en el tanque.

El tanque viene equipado con cuatro patas lo que le permite elevarse 60 cm por encima del nivel del suelo. Esto permite la colocación de una conducción de desagüe en el fondo del tanque de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro, así como de la instalación de las válvulas necesarias y de un depósito o contenedor receptor justo debajo, para recoger el agua y pequeñas partículas que hayan sedimentado en el proceso de pretratamiento.

La versión manual de la planta dispone de un tubo de PVC transparente, conectado al fondo y a un lateral del tanque mediante conexiones de PVC y a una altura inferior que la alcanzada por la superficie del líquido. Esto permitirá ver las alturas alcanzadas por los líquidos controlando así sus niveles a la hora de la recepción o trasiego del biodiesel.

El tanque posee un orificio superior que permite la entrada del eje del agitador. Este irá centrado, por lo que el tanque va equipado con 4 deflectores con una anchura del 10% del diámetro del tanque, esto es 4 cm. de anchura. Estos impedirán el flujo rotacional sin

interferir con el flujo radial o longitudinal, para proporcionar un mezclado óptimo en el interior.

#### **D) TANQUE DE METANOL (TME)**

El tanque de metanol almacena el reactivo que se administra, como tal, en la reacción de esterificación, o se utiliza como base para producir el metóxido sódico al mezclarlo con hidróxido sódico en la reacción de transesterificación.

Es un tanque de geometría cilíndrica cerrado herméticamente, y preparado para almacenar líquidos inflamables, debido a que el metanol es un alcohol volátil, inflamable y tóxico. Está fabricado en acero dulce, tal como recomienda su hoja de seguridad. Tiene un volumen de 75 litros con una relación diámetro-altura de 1,5. Sus dimensiones son de 40 cm. de diámetro y 60 cm. de altura.

El tanque posee dos orificios destacados en su parte superior; uno permite la carga de metanol en el mismo mediante una bomba de mano adecuada para tales operaciones cuando sea necesario. El otro permite la introducción de la aspiración de la bomba de vaciado de bidones (MB3) que trasvasa el metanol al reactor y al mezclador según el caso. La salida de la bomba tiene instalada una válvula de bola que puede cerrarse bloqueando el tanque de metanol.

El tanque esta montado sobre una cubeta o recinto cerrado para recoger los derrames.

#### **E) TANQUE DE AGUA DE LAVADO (TA)**

El tanque de agua calienta el agua de lavado para realizar lavados más eficaces, ya que la transferencia de materia se favorece al aumentar la temperatura, facilitando los lavados. Está localizado sobre el tanque de lavado TB a 1.88 m de altura, en el segundo nivel de la planta. De esta manera puede descargar el agua por gravedad hacia el tanque de lavado.

El tanque es de geometría cilíndrica con un volumen de 30 litros y dimensiones de 30 cm. de diámetro y 45 cm. de altura. Posee una salida en su parte inferior de un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada cuyo paso está regido por una válvula de bola. El suministro de agua desde la red es posible gracias a la entrada localizada en la parte superior del tanque. Posee una tubuladura a media altura para la instalación de una resistencia calefactora. La versión manual está equipada con un regulador de nivel mecánico tipo flotador que cierra la válvula de admisión de agua una vez el tanque está lleno.

Con respecto a los materiales, está fabricado en Acero al Carbono o Acero Inoxidable, con tapas planas pues se trabaja a presión atmosférica. El tanque, además, va provisto de un aislamiento de poliuretano expandido ó lana mineral. Posee un termóstato.

#### **F) TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO (TS)**

El tanque de ácido sulfúrico está situado sobre el nivel superior del reactor, ya sea sobre él o en sus inmediaciones. Debe bastar con que el ácido tenga la energía suficiente para descargarse por gravedad.

El tanque tiene un volumen de 2 litros, pues la cantidad de ácido requerida es muy pequeña por lote. En cuanto a sus dimensiones, deben asemejarse a las de las botellas de agua de dos litros. Posee una abertura superior de tapón roscado, sobre la que puede acoplarse un embudo facilitando así su carga cuando sea necesario, y una salida inferior controlada mediante una válvula de bola manual por la cual es posible la descarga del ácido al reactor.

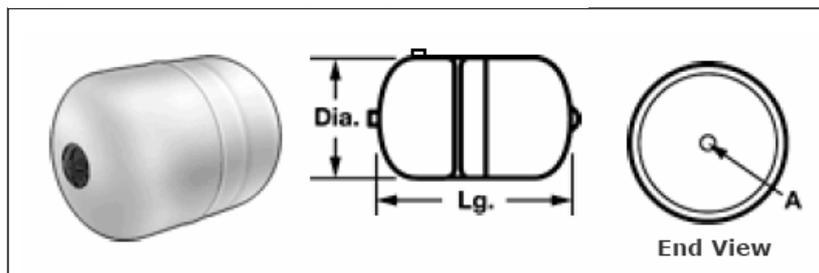
El material con el que está fabricado es acero inoxidable AISI 316 L, altamente resistente a la corrosión. Está rodeado por una taza de contención de algún material impermeable revestido por una lámina de HDPE para evitar que posibles derrames o escapes afecten a otros elementos del sistema provocando corrosión.

### G) TANQUE DE ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO (TO)

El tanque de ácido ortofosfórico está situado sobre el nivel superior del tanque de lavado, ya sea sobre él o en sus inmediaciones. Debe bastar con que el ácido tenga la energía suficiente para descargarse por gravedad.

Este tanque es idéntico al de ácido sulfúrico, aunque el ácido ortofosfórico está diluido al 10 % y es potencialmente mucho menos peligroso.

Figura 2.17: Detalle tanque TS y TO



### H) TANQUE MEZCLADOR DE METÓXIDO (TMX).

El tanque mezclador está situado en el segundo nivel de la planta a una altura de 1,88 m. Tiene la importante tarea de disolver las lentejas de hidróxido sódico en un volumen de metanol determinado, dando lugar a la formación de metóxido sódico. Este es fundamental debido a su doble acción, pues actúa como reactivo y catalizador, siendo el metanol el reactivo y el vehículo del catalizador propiamente dicho, es decir el hidróxido sódico, disuelto previamente.

Figura 2.18: Ejemplo tanque mezclador (1)



Su volumen es de 30 litros, suficiente tenidos en cuenta que como máximo se utilizan cerca de unos 25 litros de metanol y una cantidad de hidróxido sódico que no supone un volumen adicional considerable. Su geometría es cilíndrica y sus dimensiones obedecen a un diámetro de 30 cm. y una altura de 45 cm.

Está fabricado en acero inoxidable AISI 316. Es un tanque cerrado herméticamente mediante una tapa superior atornillable. Esta posee una serie de orificios que sirven a diferentes propósitos, como la colocación de sensores o el paso del eje del agitador mecánico entre otros. Además posee otro orificio de tapón roscado para verter la masa de lentejas de hidróxido sódico antes de la preparación de cada lote.

Cada orificio queda herméticamente cerrado una vez instalados los accesorios de manera que se evita el escape de gases de metanol, potencialmente peligrosos para el sistema y la integridad del operario.

En tanque está provisto de una entrada en su lateral, siempre sobre la altura alcanzada sobre la superficie del líquido (25 litros), de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro y que recibe a la conducción proveniente del tanque de metanol desde donde se trasvasa el metanol necesario para cada lote.

También posee una salida en su parte inferior de  $\frac{3}{4}$  de pulgada bloqueada mediante una válvula de bola manual, de manera que pueda abrirse una vez preparado el metóxido descargándose por gravedad hacia el reactor.

**Figura 2.19: Ejemplo tanque mezclador (2)**



### 2.4.3. DESCRIPCION DE LA RED DE CONDUCCIONES

Todos los depósitos de la planta están conectados por una red de tuberías a través de las cuales circulan los distintos fluidos trasvasándose, descargándose o recirculando. En la planta existen distintos circuitos cuyas características vendrán dadas por los fluidos que conducen. Se describen a continuación:

- *Conducciones del tanque de pretratamiento al reactor* : A través de ellas se trasvasa el aceite pretratado y se alimenta el reactor. Tienen un diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y un Schedule típico de 40. Son de acero inoxidable A-304. Comprenden además accesorios como una válvula de bola manual, un filtro de aceite de 40 micrones, 5 codos de 90°, reducciones para su acople a la bomba y una

válvula de retención en la línea de impulsión de la bomba MB1 para evitar el retroceso del aceite bombeado.

- *Red de conducciones que interconectan el reactor y el tanque de lavado:* Este tramado de conducciones sirve a tres propósitos distintos: la recirculación y mezclados de los contenidos del reactor, el trasvase del biodiesel bruto al tanque de lavado y el trasvase de biodiesel lavado al exterior. Tienen un diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y un Schedule típico de 40. Son de acero inoxidable A-316. Comprenden además accesorios como siete válvulas de bola manuales, para definir los caminos que deben seguir los fluidos, un filtro de fuel de 10 micrones, codos de 90°, reducciones para su acople a la bomba y una válvula de retención en la línea de impulsión de la bomba MB2 para evitar el retroceso del producto bombeado. El circuito de recirculación va aislado para evitar pérdidas de calor al medio.
- *Conducciones del tanque de metanol al reactor y al tanque de mezclador de metóxido:* Su misión es conducir al metanol hacia el reactor o el tanque mezclador cuyo camino, en cada caso, irá definido por una combinación de válvulas de bola abiertas determinada. Las conducciones tienen un diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y un Schedule típico de 40. Son de acero al carbono A-53 Grado B. Comprenden además accesorios como 3 válvulas de bola manuales, para definir los caminos que deben seguir los fluidos, codos de 90°, reducciones para su acople a la bomba y una válvula de retención en la línea de impulsión de la bomba MB3 para evitar el retroceso del producto bombeado.
- *Conducciones para la descarga del agua en el tanque de lavado :* Fabricadas en cobre y con un diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Comprende una válvula de bola para cerrar el camino.
- *Conducciones para la descarga de metóxido sódico en el reactor :* Fabricadas en acero inoxidable A-316 y con un diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Comprende una válvula de bola para cerrar el camino.

- *Conducciones para la descarga de ácidos sulfúrico y ortofosfórico en reactor y tanque de lavado respectivamente:* Fabricadas en acero inoxidable A-316 y de diámetro nominal de 1/4 de pulgada. Poseen válvula de bola para bloquear el camino que definen.
- *Conducciones de descarga de residuos de los tanques de pretratamiento, reactor y tanque de lavado:* Fabricadas en acero inoxidable A-304 para el tanque de pretratamiento y lavado, y en A-316 para el reactor, de diámetro nominal  $\frac{3}{4}$  de pulgada y Schedule 40. Cada línea de descarga incluye una válvula de bola para bloquear el camino que definen.

Todas las conducciones, así como sus accesorios son roscados con sellos de teflón. Las válvulas de bola del sistema tienen cuerpo de acero inoxidable y sellos y asientos de Teflón.

#### **2.4.4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE IMPULSION DE FLUIDOS**

##### **A) BOMBA MB1 DE TRASVASE DE ACEITE PRETRATADO**

Se trata de una bomba centrífuga “Bominox , Modelo FLEXO-M, F-1/M ”. Debe ir equipada con un motor IEC IP-55, versión EEX o antideflagrante, para su uso en ambientes potencialmente explosivos.

Esta bomba es capaz de cumplir los requerimientos exigidos que son :

- Bombear aceite a una temperatura de 35°C sin ningún tipo de problema, a un caudal mínimo de unos 30 L/min. ( 8 p.m.) a través de las conducciones ya citadas desde el tanque de pretratamiento hasta el reactor .
- Tener una potencia suficiente y ser capaz de soportar partículas menores de 40 micrones que pudieran haber sorteado el filtro, colocado en la línea de aspiración, entre el tanque de pretratamiento y la bomba.

**Figura 2.20 : Bomba MB1**



A continuación se muestran algunas características adicionales de la bomba:

**Tabla 2.10: Características de la bomba MB1**

Variable	Información
Potencia	P = 0,5 hp (0.37 kW) a 1000 rpm
Caudal máximo	Q = 50 L/min
Altura manométrica	H = 17,5 mca
Temperatura máxima permitida	T = 70°C
Viscosidad máxima	$\mu = 5000$ cP
Aplicaciones	Agua, salmueras, aceites, vino, leche, zumos, jarabes, miel, etc.
Material	AISI 316

**B) BOMBA MB2 DE RECIRCULACIÓN-TRASVASE DE BIODIESEL:**

Se trata de una bomba centrífuga “Bominox , Modelo SIMPLEX-M 1071-M ”. Está equipada con un motor IEC IP-55, versión EEX o antideflagrante, para su uso en ambientes potencialmente explosivos. Particularizando en el caso que ocupa a este proyecto esta bomba cumple además otros requisitos como:

- Tener potencia suficiente para todas las aplicaciones que debe llevar a cabo, siendo la más crítica la recirculación de los contenidos del reactor a un caudal de 30 L/min venciendo las pérdidas de carga correspondientes.

- Ser resistente a la corrosión y a las temperaturas de proceso.

**Figura 2.21 : Bomba MB1**



A continuación se muestran algunas características adicionales de la bomba:

**Tabla 2.11: Características de la bomba MB2**

Variable	Información
Potencia	$P = 0,75 \text{ hp (0.55 kW)}$
Caudal máximo	$Q = 270 \text{ L/min}$
Altura manométrica máxima	$H = 18 \text{ mca}$
Temperatura máxima permitida	$T = 80^\circ\text{C}$
Aplicaciones	Aguas, salmueras, vinos, alcoholes
Material	AISI 316 L

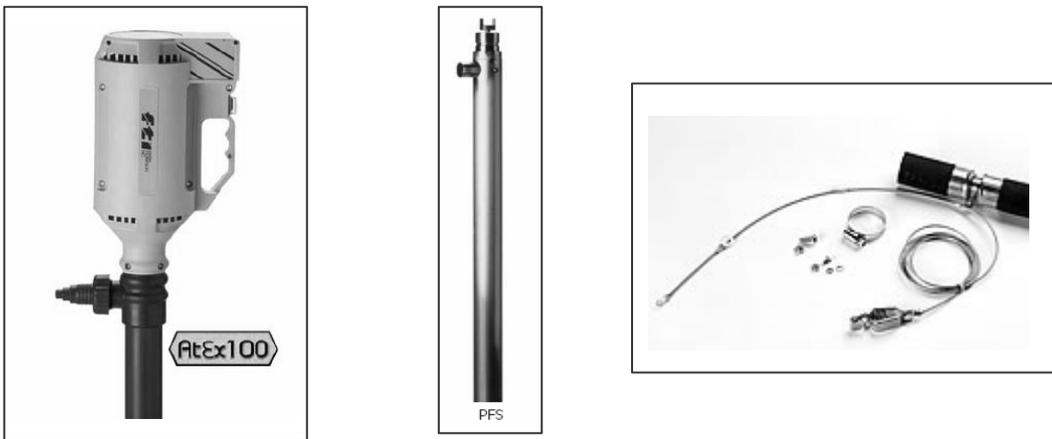
### **C) BOMBA MB3 PARA TRASVASE DE METANOL**

Se trata de una bomba eléctrica de vaciado de bidones “Finish Thompson, Serie TBS, Motor MX 10 antideflagrante”. Es adecuada para trasvasar productos químicos de diversas características pues sus partes en contacto con el fluido y la conducción de succión están fabricadas en acero inoxidable A-316. Por todo ello es adecuada la para bombear metanol, que es altamente inflamable y peligroso en el caso de producirse algún escape. Para su uso debe adquirirse también un kit de protección contra la electricidad estática. En la Tabla se muestran algunas de sus características principales.

**Tabla 2.12: Características de la bomba MB3**

Variable	Información
Potencia	$P = 0.5 \text{ hp (0.37 kW)}$
Caudal máximo	$Q = 75 \text{ L/min}$
Altura manométrica máxima	$H = 12 \text{ mca}$
Temperatura máxima permitida	$T = 104,4^\circ\text{C}$
Aplicaciones	Químicos, disolventes, refrigerantes
Material	AISI 316

**Figuras 2.22, 2.23, 2.24 : Bomba MB3 , caña de aspiración y equipo de protección**



#### 2.4.5. DESCRIPCIÓN DE LAS RESISTENCIAS CALEFACTORAS

Son las encargadas de elevar y mantener las temperaturas en los diferentes tanques de proceso.

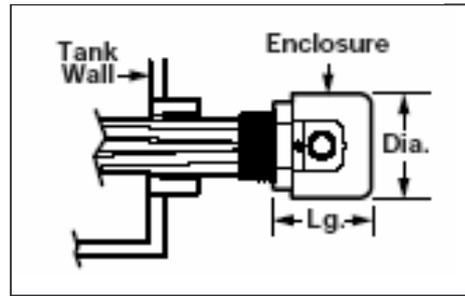
##### A) RESISTENCIAS CALEFACTORAS DEL TANQUE TP

Son necesarias dos resistencias para llevar al aceite del tanque de pretratamiento a  $60^\circ\text{C}$  en el tiempo deseado. Ambas son idénticas y de inmersión. Estas se atornillan en tubuladuras roscadas de 2 pulgadas situadas en los laterales del tanque. Tienen una potencia de 1.5 KW y un cuerpo de acero inoxidable de 29,2 cm. Funcionan con corriente alterna de 220 V. Su baja densidad de vatios por unidad de superficie las hace especialmente indicadas para el calentamiento de aceites vegetales, soluciones grasas, fueles y aceite mineral.

Figura 2.25: Resistencia calefactora



Figura 2.26: Detalle del cabezal



Estas resistencias deben estar clasificadas para zonas con atmósferas potencialmente peligrosas. Tiene certificación CSA NRTL/C. Su parte exterior (cierre) situada fuera del tanque deben cumplir las normas “UL Clase 1, Div.1, Grupos B,C, y D , Clase 2 , Grupos E, F y G y Clase 3” .

## B) RESISTENCIA CALEFACTORAS DEL REACTOR

Al igual que el tanque de pretratamiento, el reactor lleva incorporado dos resistencias calefactoras de inmersión, de 1,5 KW cada una, atornilladas a través de tubuladuras roscadas, a dos alturas distintas, de 2 pulgadas de diámetro. Cada una de ellas posee un cuerpo de acero inoxidable 29,2 cm. de longitud y funcionan con corriente alterna de 220 V.

Al igual que la resistencias del tanque de pretratamiento deben incorporar un cierre exterior que cumpla la normativa contra atmósferas explosivas.

El uso de dos resistencias es idóneo, ya que para aumentar la temperatura de los contenidos en el reactor el funcionamiento de ambas es necesario. Una vez alcanzada, basta con el uso de una sola de ellas para mantener los contenidos a la temperatura deseada.

### C) RESISTENCIA CALEFACTORA DEL TANQUE DE AGUA

El tanque de agua de lavado tiene una resistencia calefactora compacta de 3KW, atornillada a través de una tubuladura roscada de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. Posee un cuerpo de aleación Incoloy compacto de 20 cm. de longitud y funciona con corriente alterna de 220 V.

Figura 2.27: Resistencia calefactora compacta

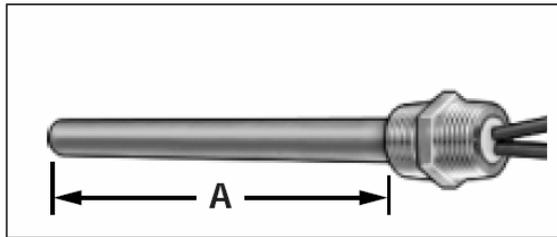
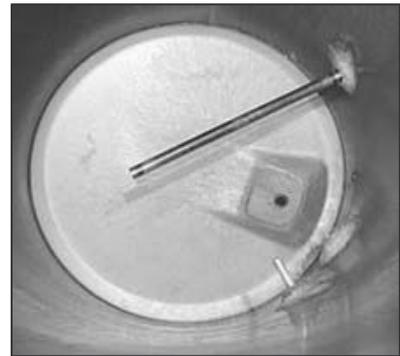


Figura 2.28: Resistencia montada en tanque



A la resistencia se le puede aplicar un elemento de cierre en su parte exterior que cumpla con la normativa para atmósferas peligrosas.

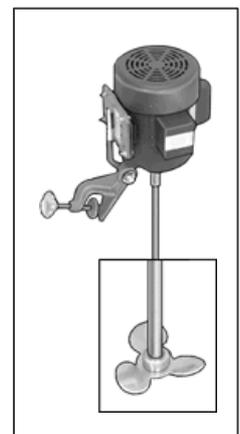
### 2.4.6. DESCRIPCIÓN DE LOS AGITADORES

#### A) AGITADOR DEL TANQUE MEZCLADOR DE METÓXIDO

El agitador del tanque de metóxido es mecánico y eléctrico. Con una potencia de 1/4 Hp, es capaz de agitar volúmenes de hasta 90 litros sin problemas. El eje, que tiene un diámetro de  $\frac{3}{8}$  de pulgada y una longitud de 45 cm., está construido en acero inoxidable A-304. Las palas están fabricadas en acero inoxidable A-316. Tanto eje como palas son desmontables. Su velocidad de giro máxima es de 1750 rpm.

Su motor eléctrico, alimentado por corriente alterna de 220 V (50Hz) y contenido en una carcasa (TEFC), está además clasificado

Figura 2.29: Agitador (1)



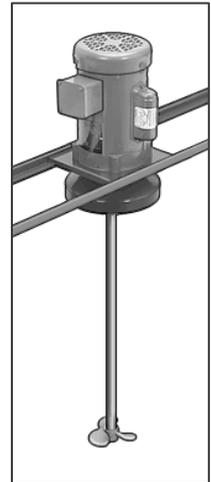
según la normativa UL para trabajar en zonas de atmósferas peligrosas potencialmente explosivas: Clase 1, Grupos C y D y Clase 2, Grupos F y G.

## B) AGITADOR DEL TANQUE DE LAVADO

El agitador del tanque de lavado es mecánico y eléctrico. Con una potencia de 1/3 Hp, es capaz de agitar volúmenes de hasta 120 litros. Tanto el eje, de 5/8 de pulgada de diámetro y 91 cm. de longitud, como las palas están fabricadas en acero inoxidable A-304.

Su motor eléctrico, alimentado por corriente alterna de 220 V (50Hz) y contenido en una carcasa (TEFC), está además clasificado según la normativa UL para trabajar en zonas de atmósferas peligrosas potencialmente explosivas: Clase 1, Grupos C y D y Clase 2, Grupos F y G.

**Figura 2.30:**  
**Agitador (2)**



## 3. AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

En este apartado, núcleo del proyecto, se pretende dar una visión global acerca de la automatización industrial para después centrarse en el proceso en sí. Este debe ser estudiado para seleccionar la mejor estrategia para el diseño de su control y regulación, haciendo uso de software y hardware industrial. Estos elementos, además, deben ser concordantes con la instrumentación industrial seleccionada, que es la que finalmente manipula el proceso.

### 3.1. INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

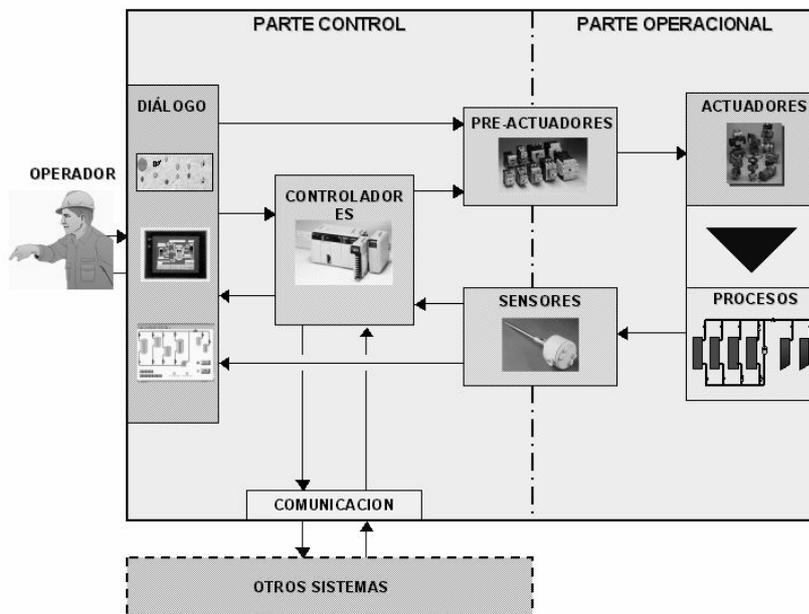
La automatización industrial se define como: *“La utilización de técnicas y equipos para el gobierno de un proceso industrial, de manera que ese sistema funcione de forma*

autónoma, con poca, o ninguna intervención humana”. Tiene un serie de objetivos fundamentales<sup>[50]</sup>:

- Incrementar la productividad
- Incrementar la calidad y precisión de los productos
- Reducir costos de producción
- Gobernar procesos complejos que no pueden ser dirigidos por el operador, tales como: temporizaciones precisas, simultaneidad de operaciones, operaciones continuas, operaciones con sustancias peligrosas...
- Liberación de operaciones tediosas y/o repetitivas

Actualmente, el tipo de automatización industrial más implementada, robusta y sencilla es la basada en los autómatas programables o popularmente llamados PLC (*Programming Logic Control*). Estos dispositivos están basados en un ordenador industrial con lenguajes propios de programación, adaptados para trabajar en ambientes industriales y, por tanto, resistentes a la humedad, choques, vibraciones, etc.

**Figura 3.1: Esquema de sistema de automatización (1)**



El PLC está equipado con una CPU y un programa de control en su memoria, y dispone de unidades de entrada y salidas orientadas al control de procesos. Su instalación, junto con la instrumentación pertinente, forma un bucle cerrado con el proceso donde el

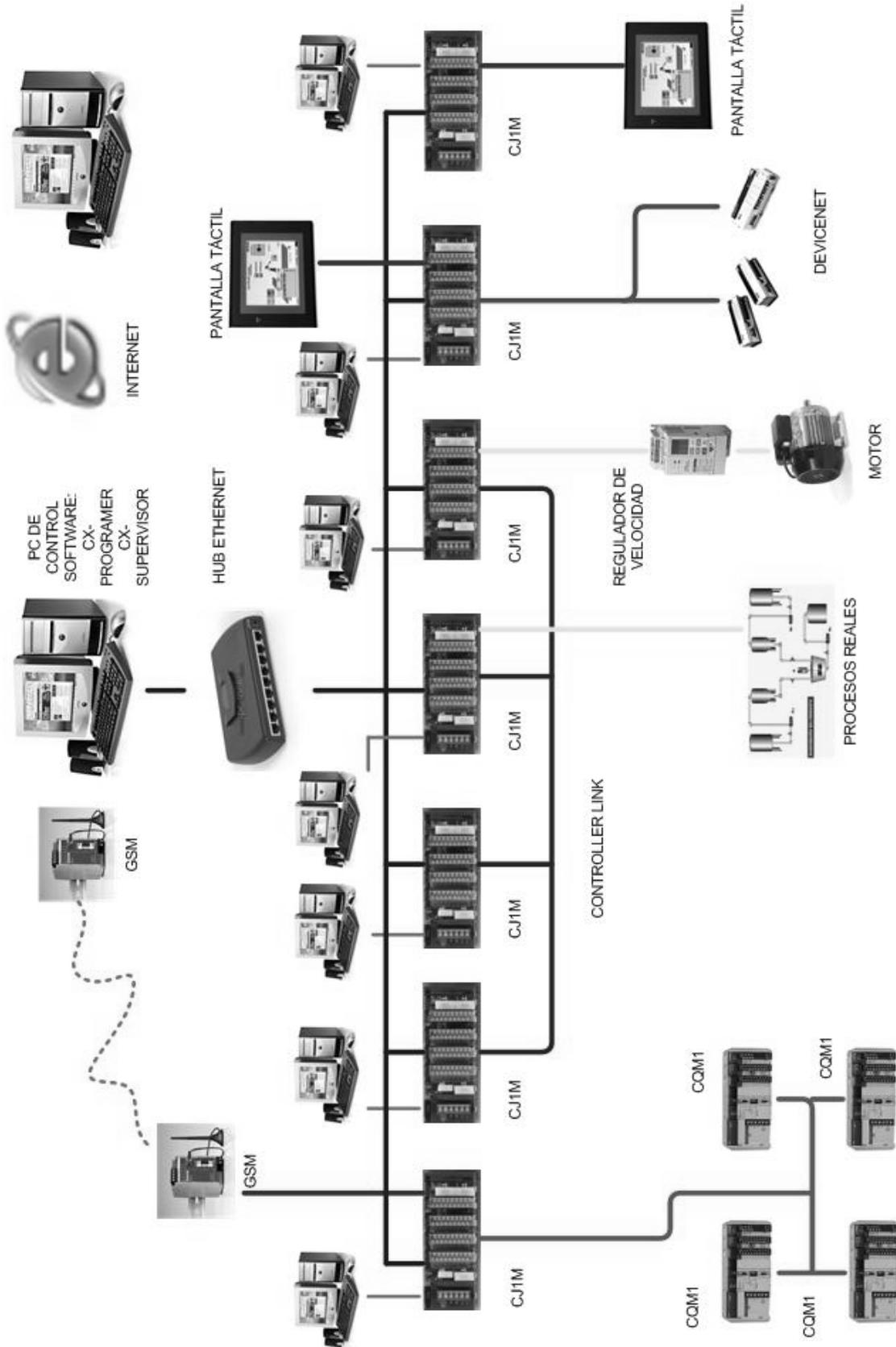
PLC lee información de los sensores, calcula las salidas de control y gobierna sobre los actuadores del sistema, en un continuo ciclo de vigilancia o de scan. Respecto a la comunicación con el operador de planta, existen elementos periféricos especializados que facilitan la lectura y las órdenes de control (Ver Figura 3.1).

A lo largo de los últimos años, los avances en técnicas de automatización han sido espectaculares. Sobre el lazo de control básico antes mencionado, han ido apareciendo niveles superiores de automatización, que son: el de planta, el supervisor de subprocesos, el de monitorización general, el de gestión y, últimamente, el control remoto a distancia tanto por MODEM como por red Internet. Estos establecen lo que se ha venido a llamar la red integrada, jerarquizada y distribuida de control. Por ello, a lo largo de los últimos años los técnicos especializados han organizado la automatización en niveles jerarquizados e integrados mediante red Ethernet. Cada nivel tiene una misión y unos equipos, con una determinada potencia en prestaciones, que se coordinan con los demás a través de comunicaciones. En la Figura 3.2 se pueden apreciar los niveles de control de un sistema; el PLC base CJ1M CPU 13, la red Ethernet, el control remoto por Internet o mensajes GSM y los diferentes buses de control.

Existe un principio general de equilibrio entre el hardware (parte física) y el software (programas), de manera que si se implementa el control en un porcentaje mayor de hardware se necesita uno menor de software y viceversa, siendo en este último caso las labores de programación a veces demasiado complicadas y con grandes necesidades de mantenimiento en caso de problemas.

También, es preciso indicar que en los ambientes neófitos, hablar de automatización siempre lleva a una visión milagrosa y potente de “dar a un solo botón y que el sistema lo haga todo solo y sin error”. Sin embargo, en la realidad hay que buscar un equilibrio entre prestaciones, sencillez de programación y manejo, economía de coste y de mantenimiento, buscando el nivel de automatización óptima a implementar en cada sistema. Por ejemplo, en el caso del control del grado de dorado del pan de una tostadora basta con un temporizador regulable manualmente mediante un indicador visual, no siendo necesaria la instalación de un ordenador.

Figura 3.2 : Niveles de control de un sistema [22]



Con todo esto, solo se pretende indicar que en la automatización de la planta se intenta buscar el equilibrio óptimo entre los siguientes factores que intervienen en la misma y que son:

- Sencillez de la instalación.
- Facilidad de manejo y mantenimiento.
- Economía.
- Ampliabilidad de prestaciones futuras.
- Programación robusta y no complicada.
- Manual claro de uso y de programación.
- Posibilidad de control remoto.
- Automatización de las principales funciones de la planta.
- Control distribuido por partes independientes de la instalación, para aislamientos de averías.
- Mando manual y automático.
- Seguridad para personas y equipos.
- Estandarización de componentes.

### **3.2. DISEÑO DEL CONTROL Y LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO**

De forma general, se puede decir que la planta piloto de biodiesel tiene las siguientes características que influyen en el tipo de estrategia de control a elegir:

- Unos objetivos primordiales de investigación, exposición y publicidad del proceso y fines educativos y didácticos.
- No hay necesidad de producir continuamente grandes cantidades de biodiesel para su comercialización.
- Existen tres subprocesos diferenciados: pretratamiento, reacción y lavado complementarios pero que pueden llevarse a cabo de manera independiente.
- Proceso en discontinuo con distintos tiempos de operación largos.

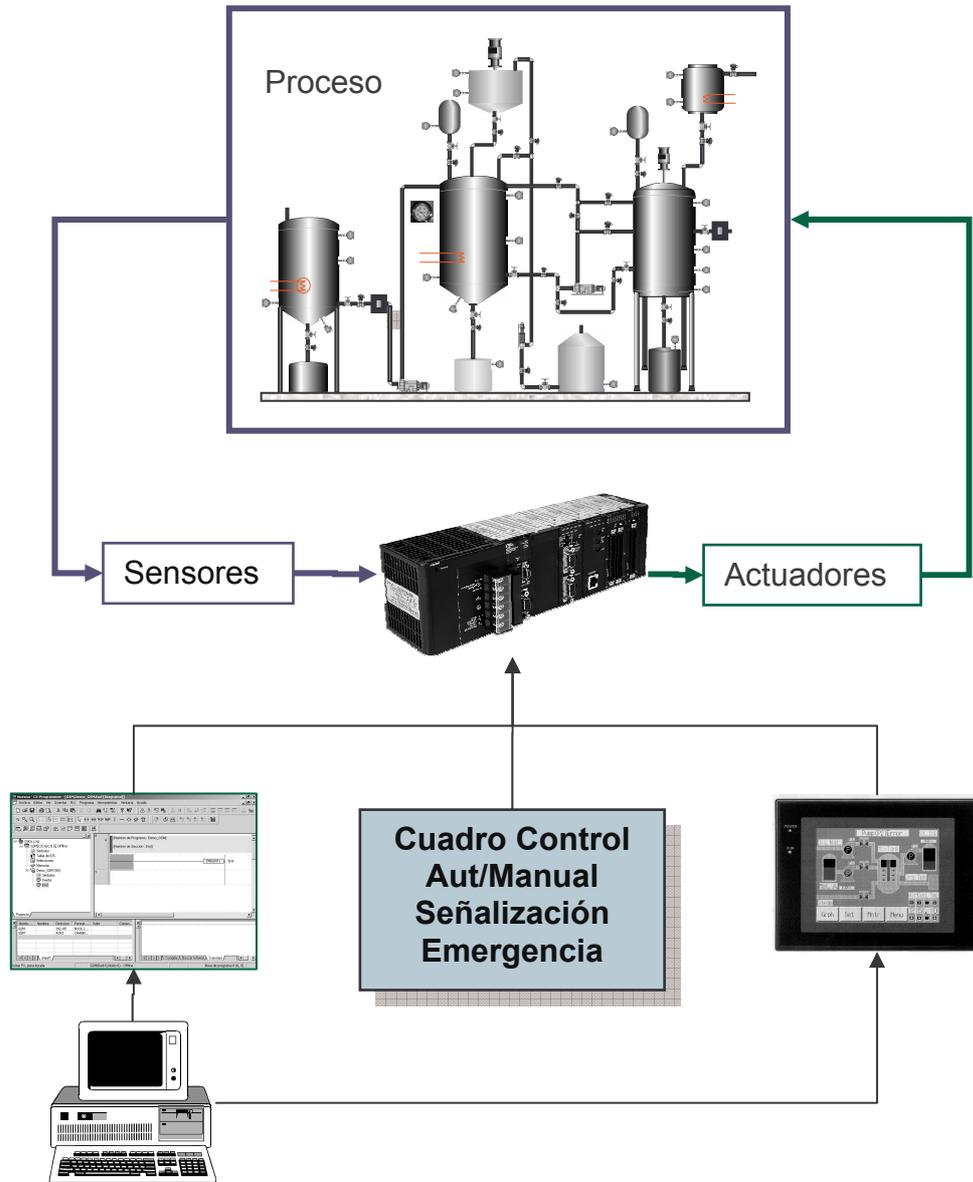
Estas características llevan a considerar que un control independiente de variables y una secuenciación de maniobras de cada subproceso es más útil e interesante que una automatización total en una sola programación continua. Es decir, en un momento determinado solo se podrá operar en uno de los subprocesos.

Respecto a las variables a controlar en cada uno de los subprocesos, estas son fundamentalmente temperatura, niveles y tiempos, mientras que las maniobras se pueden resumir en calentamientos, trasvases, agitaciones y descargas de líquidos. Se pretende, además, que tanto variables como maniobras tengan la posibilidad de ser gestionadas de manera automática, semiautomática o manual.

Definida la estrategia y en íntima relación con ella, se debe adoptar un esquema general para el control y la regulación del proceso de acuerdo con las características del sistema. Este combina software, hardware e instrumentación y viene representado en la figura 3.3. Consta de los siguientes elementos:

- *El autómata programable o PLC:* Constituye la piedra angular del sistema de automatización. Está integrado con el proceso en un bucle cerrado. Debe programarse para que tenga capacidad de decisión en función de los datos recibidos desde el cuadro de control o los sensores.
- *Sensores:* Captan y miden los cambios en las variables a controlar y las transmite al PLC.
- *Actuadores :* Materializan las decisiones del PLC actuando sobre el proceso.
- *El cuadro de mando, señalización y control:* Constituye la interfaz de diálogo del operador- proceso y una puerta para transferir los programas al PLC. Está abierto a posibles expansiones como pantallas táctiles de control Scada.
- *Un PC* equipado con software de programación de PLCs (CX-Programmer) para la modificación y elaboración de programas.

Fig. 3.3 : Esquema de sistema de automatización (2)

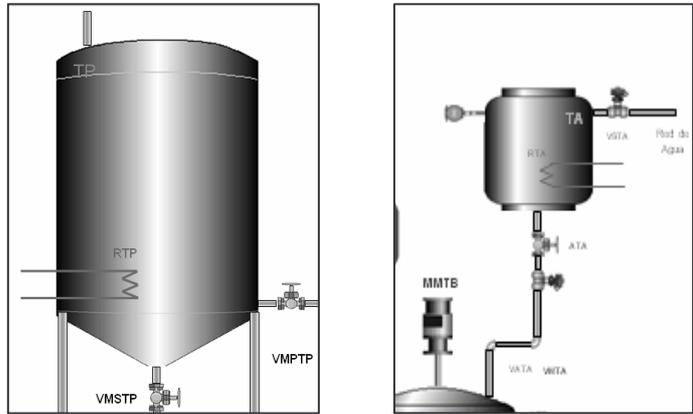


En los siguientes apartados se describirán los tipos de control seleccionados para las diferentes variables del sistema, así como la secuenciación de las maniobras necesarias para la producción de biodiesel, su programación y la descripción del hardware-instrumentación utilizados.

### 3.2.1. CONTROL Y REGULACIÓN DE TEMPERATURA EN LOS TANQUES PRETRATAMIENTO Y AGUA DE LAVADO (CONTROL TODO-NADA)

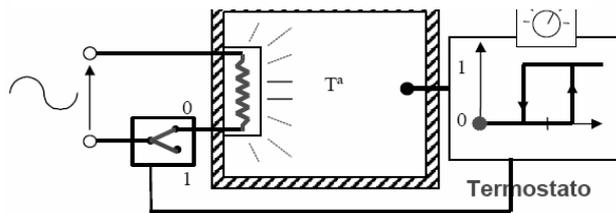
Para el calentamiento y la regulación de temperatura del aceite usado en el tanque TP y del agua en el tanque TA, a través de las resistencias calefactoras RTP y RTA respectivamente, se ha previsto un control “On-Off” (Todo-Nada) compartido y llevado a cabo por un controlador

Figura 3.4 y 3.5 : Tanque TP y tanque TA



independiente de temperatura. Esto es posible gracias al PLC, que conmuta los contactos de las sondas PT 100 y las resistencias de cada tanque hacia el controlador, dependiendo de si se lleva a cabo el proceso de pretratamiento o el proceso de lavado (Plano nº10).

Figura 3.6: Esquema controlador On-Off

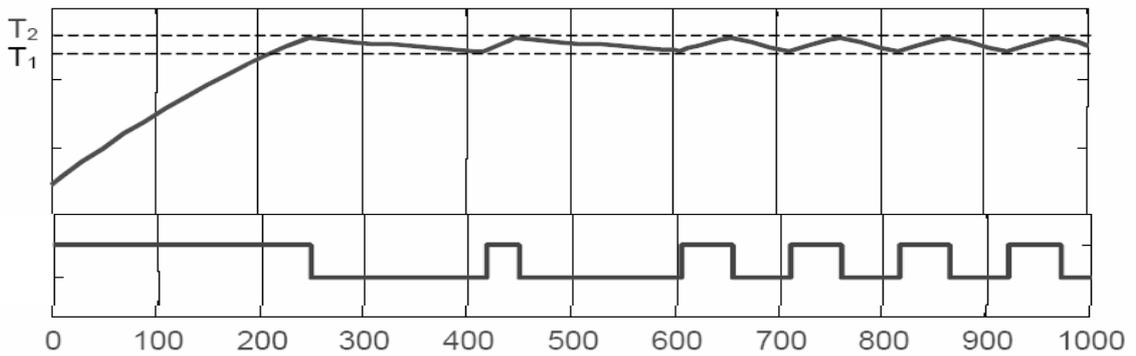


Particularizando en uno de los tanques, este sencillo tipo de control abre el circuito de alimentación de la resistencia calefactora cuando la temperatura sobrepasa el “setpoint” establecido (60°C), con lo que la aportación de calor es el 0% o “Nada”, y cuando es inferior lo cierra, siendo el calor aportado el 100% o “Todo”.

Esto puede llegar a ocasionar que el relé de apertura abra y cierre con una frecuencia elevada. Para evitar esto se plantea una franja de temperatura o ciclo de histéresis que alarga el ciclo ON-OFF ( Figura 3.7 ).

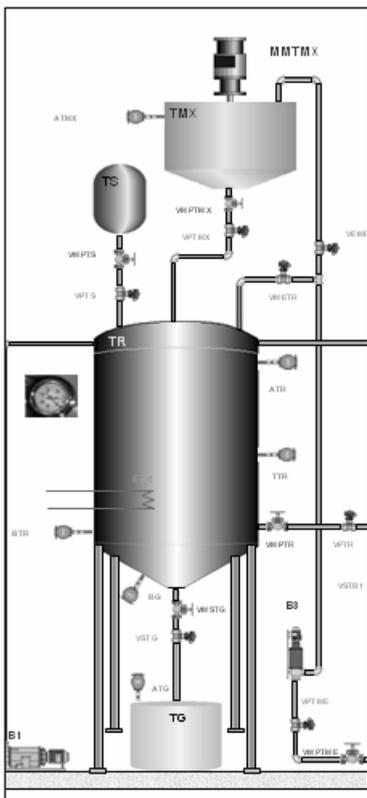
Este control, a pesar de que suele generar un sobreimpulso (Overshoot) debido al exceso de energía aportada, y una oscilación (Hunting) <sup>19)</sup> después de haber alcanzado el set-point, es suficiente para el pretratamiento del aceite usado y el calentamiento del agua de lavado, ya que ambas operaciones no precisan un control muy preciso de la temperatura.

**Figura 3.7: Control On-Off con histéresis**



### 3.2.2. CONTROL Y REGULACIÓN DE TEMPERATURA EN EL TANQUE DE REACCIÓN

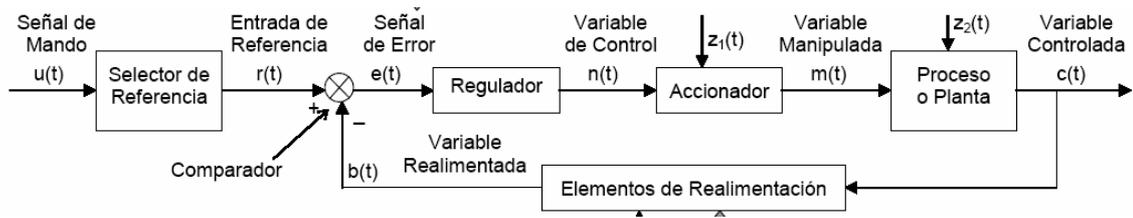
**Figura 3.8:  
Tanque TR**



Hay procesos donde se necesita un control más preciso de la temperatura, pues sus comportamientos dependen fuertemente de ella. Un claro ejemplo de ello son las reacciones, donde la temperatura influye directamente en su desarrollo, ya sea termodinámicamente o cinéticamente. Consecuentemente, diferentes temperaturas resultarán en diferentes conversiones de producto. Es deseable por tanto mantener la temperatura a un nivel determinado y preciso para optimizar el proceso.

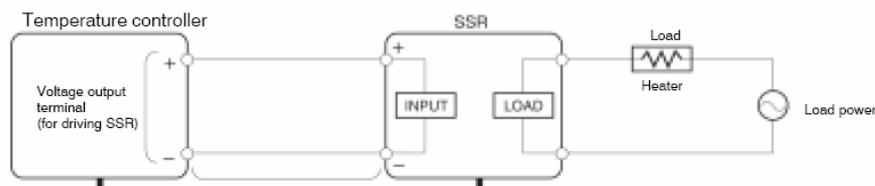
En estos casos, conviene recurrir a un control PID, que combina las prestaciones de los controles proporcionales, derivativos e integrales proporcionando unas buenas prestaciones para este tipo de procesos ; Su funcionamiento se basa en el típico esquema de los sistemas de control y regulación (Figura 3.9) : a partir de la señal de error  $e(t)$  diferencia entre lo deseado  $r(t)$  y la variable de salida convenientemente realimentada, calcula la variable de control, que actúa sobre el accionador de la variable a manipular en el proceso.

Figura 3.9 : Esquema de regulación de una variable <sup>[7]</sup>



En el caso del reactor, se opta por un controlador PID externo al PLC. Este gobernará las dos resistencias eléctricas calefactoras (RTR) a través de un actuador, de manera que, las resistencias donen la potencia proporcional a la respuesta de tensión del PID. Para conseguirlo se opta por el método de control del número de ciclos en una operación mediante un relé de estado sólido “SSR”.

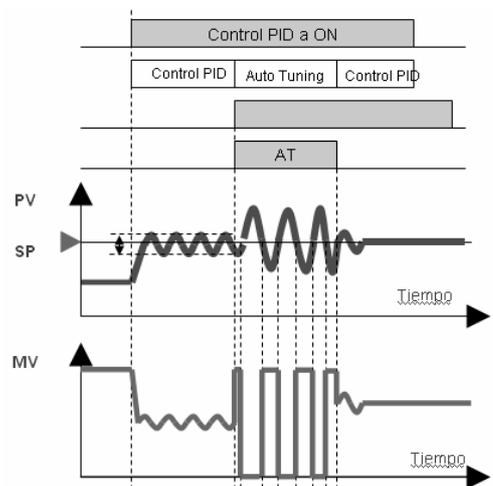
Figura 3.10: Esquema de situación del relé SSR <sup>[22]</sup>



Así se alcanzan los tres objetivos buscados en un control de estas características : alcanzar la consigna de temperatura en el tiempo más breve posible sin sobrepasarse mucho, corregir el error lo más rápidamente posible ante una perturbación y conservar la precisión de la temperatura final alcanzada (OFFSET pequeño).

Es deseable, además, que el controlador disponga de las opciones AUTOTUNING AT (Autosintonzado), ya sea por el método del ciclo límite de Ziegler-Nichols o por Step Response, y SELF-TUNING ST, para que decida por sí mismo “cuando” reajustar los parámetros del PID, ya sea cuando se cambia el SetPoint (SRT: Step Response Tuning) , cuando se detecta una perturbación (DT:

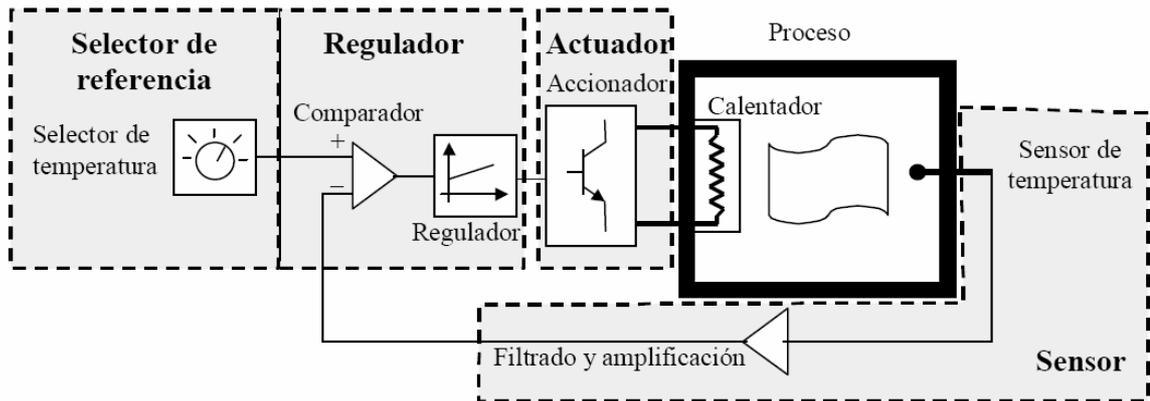
Fig. 3.11 :Autotuning AT



Disturbance Tuning), o cuando se detectan oscilaciones (HT: Hunting Tuning)<sup>[7],[9]</sup>.

En resumen, el sistema de regulación de la temperatura utilizado para el reactor puede representarse en el esquema mostrado en la figura a continuación:

Figura 3.12 : Esquema de sistema de regulación de T en el tanque TR



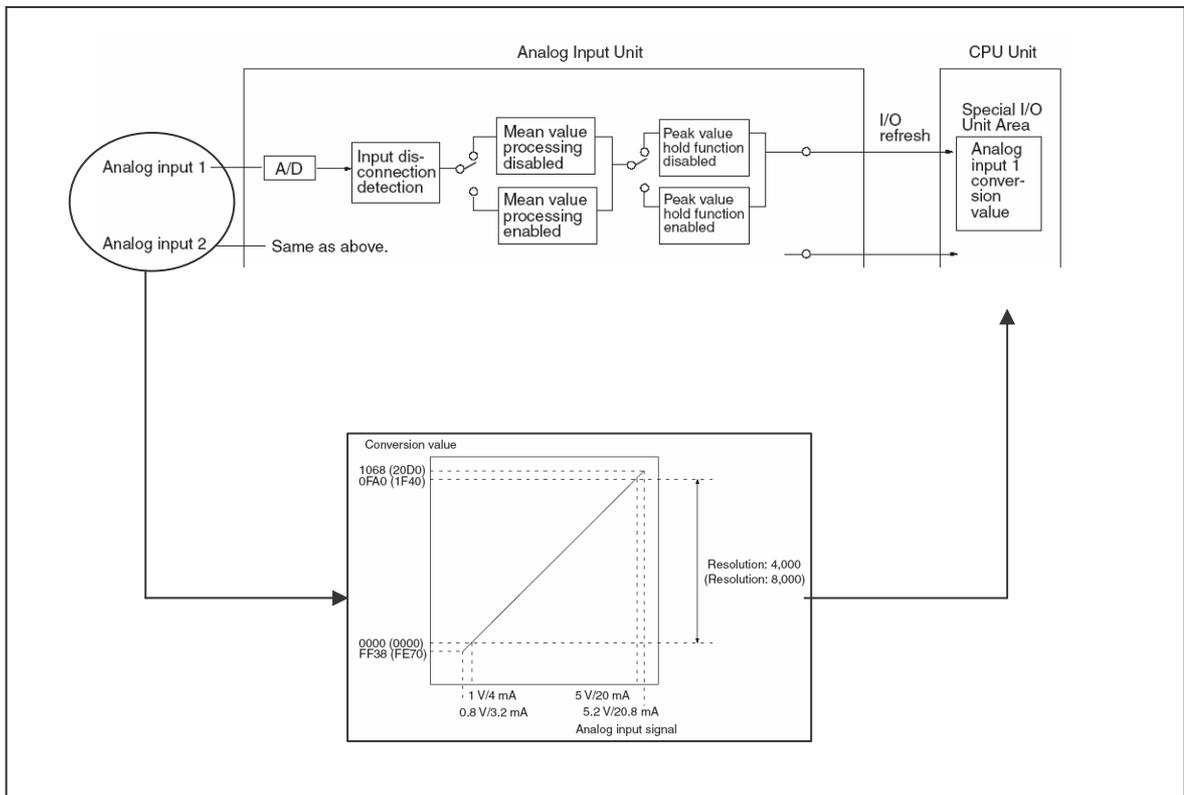
### 3.2.3. CONTROL DE NIVEL

Las maniobras de trasvase y descargas de líquidos llevadas a cabo entre los diferentes depósitos de la planta piloto se apoyan, sobre todo, en el control del nivel. Este irá condicionado por una serie de factores destacándose el carácter puntual de los niveles y el fluido objeto de medida. El segundo aspecto es la razón fundamental de que haya dos tipos de control de nivel en la planta:

- *Control “Todo-Nada”*: Realizado por sensores de nivel que disponen de un contacto que se cierra al detectar líquido, enviando una señal lógica de “1” o 24 v e informando al PLC que se ha alcanzado el nivel deseado. Se aplica a todos los tanques de la planta, excepto al tanque de pretratamiento TP.
- *Control capacitivo*: Aplicado al tanque TP debido a que la suciedad del aceite imposibilita el uso de sensores de nivel Todo- Nada. Se opta por tanto por un sensor de nivel capacitivo, que da a su salida una señal analógica, ya sea de tensión 0-5 V o de intensidad 4-20 mA.

Mientras la implementación del control Todo-Nada es sencilla respecto al PLC, el control capacitivo requiere incorporar una unidad de entradas analógicas al PLC (figura 3.13), que convierta a digital dicha señal a través de un CA/D y la almacene en la memoria especial de I/O del autómatas para así, posteriormente y mediante programación, detectar los niveles deseados. Esto conlleva la configuración de una serie de parámetros para una lectura correcta ( canal, tiempo muestreo, nº bits de conversión...) y el ajuste de la medida en escalado, corrección del OFF-SET y Ganancia... (Anexo A0).

**Figura 3.13 : Conversión analógica-digital** <sup>[22]</sup>



### 3.2.4. CONTROL DE TIEMPOS DE PROCESO. TEMPORIZACIÓN

Para gobernar el proceso de producción en el tiempo existe la necesidad de temporizar muchos eventos, maniobras y etapas. Estos tiempos pueden ir desde unos pocos seg, o minutos, a varias horas ( 1,2, 8 ó 24 h en el caso de esta planta).

Los retrasos o temporizaciones de hasta 999 seg pueden ser generados por el PLC. Existe incluso la posibilidad de tratar tiempos mayores anidando varios temporizadores de software o contando varias veces el tiempo de 999 seg mediante programación del autómeta. Se utiliza esta técnica de temporización en maniobras de trasvase y descarga de líquidos, mezclado, comprobación de condiciones, y en el accionamiento de pulsadores en el cuadro de control.

Para temporizaciones de horas, donde además el operador necesita visualizar el tiempo transcurrido desde el comienzo de la maniobra o el valor del tiempo programado, y en caso de parada, reiniciar el proceso por el tiempo restante, conviene recurrir a un temporizador externos en coordinación con las maniobras del PLC. El temporizador se configurará a 1 hora y el autómeta, mediante programación, recurrirá al mismo un número de veces determinado. Esto permitirá el control de los tiempos de 1,2,8 y 24 horas.

El temporizador se pondrá en marcha en las etapas de proceso deseadas, se autoreseteará al terminar el tiempo ajustado y presentará la información digitalmente. Se aplica en las maniobras y eventos de reacción y decantación.

### **3.2.5. CONTAJE Y VISUALIZACION DE LA MARCHA DEL PROCESO**

El proceso de producción es largo. Cada subproceso (pretratamiento, reacción y lavado) contiene muchas acciones y eventos lo que se traduce en largas secuencias de maniobras. Se hace necesario contar con algún medio para seguir el proceso en el tiempo, de forma que se pueda saber en cada momento que pasos se cumplieron y aquellos que quedan por realizarse. Así en caso de interrupción de la automatización, el operador tendrá un criterio para saber en que estado se encuentra la marcha y tener un criterio de cómo reentrar en la producción.

Se realizarán dos tipos de contajes dependiendo de a lo que se hace seguimiento:

- *Contaje del tiempo de reacción y decantación*: Representa el tiempo transcurrido en unidades de 1 hora desde que se inician los procesos de reacción o decantación. Es realizado por el PLC y mostrado en un visualizador.

- *Contaje de conjuntos de maniobras:* Llevado a cabo conjuntamente entre un contador externo y el PLC. Los subprocesos quedan divididos, a su vez, en conjuntos de etapas o maniobras sucesivas ordenadas y nombradas con números que pueden encontrarse la Figura 2.46 del Anexo A0. Cada vez que un conjunto de maniobras determinado finaliza, el PLC emite un impulso al contador que lo registra y lo traduce en forma de una nueva unidad que se suma al total. El propio contador es el responsable de la visualización de este contaje.

### **3.2.6. CONTROL DIGITAL DE PROCESOS SECUENCIALES EN EL TIEMPO**

El proceso de producción discontinuo de biodiesel en esta planta piloto se constituye fundamentalmente por una sucesión de maniobras ordenadas y sujetas a condiciones determinadas. Las maniobras se irán llevando a cabo a medida que se van cumpliendo las condiciones establecidas como puedan ser tiempos cumplidos, temperaturas o niveles alcanzados entre otras. Se trata, por tanto, de una programación de carácter más secuencial que de múltiples alternativas. Sin embargo, igualmente necesita ser controlada y gestionada.

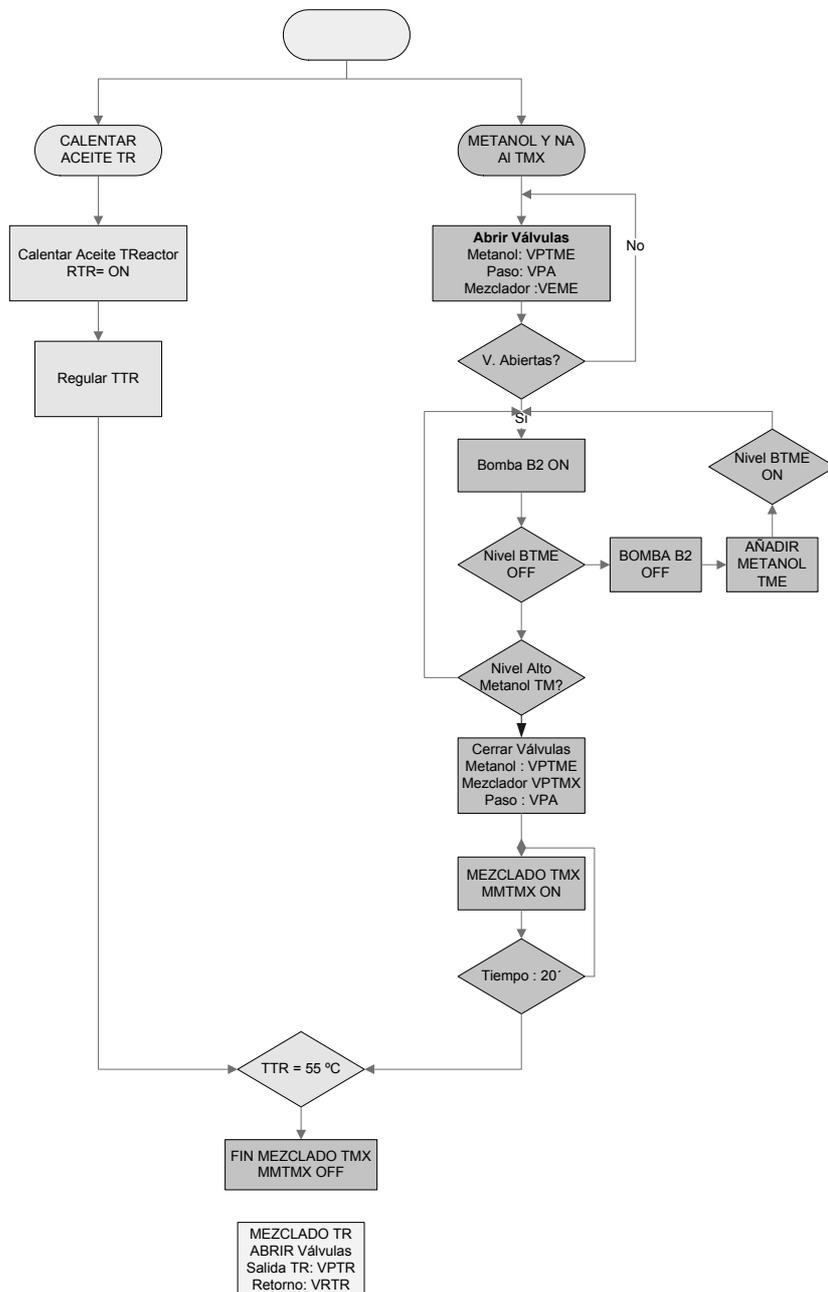
La programación se realiza en un lenguaje especializado para autómatas llamado “Grafcet”. Este organiza la secuencia de maniobras mediante etapas (actividades) secuenciales y sus acciones correspondientes, separadas por las sucesivas condiciones impuestas. Una vez organizada la información, el programa se codifica a “lenguaje de contactos” utilizando algunas aplicaciones informáticas, como el “CX-Programmer” de Omron. Este permite también simular los diagramas de contactos propuestos. Después, solo queda transferirlo a la memoria del autómata para que éste haga uso de él y controle el proceso.

#### **3.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE MANIOBRAS**

En todo proceso de automatización hay que definir perfectamente los procesos principales, los subprocesos correspondientes de cada uno, y secuencia de las maniobras

para obtener el fin deseado. Toda esta información recogida y analizada hay que ordenarla y expresarla convenientemente (normalmente de forma gráfica) para poder codificarla al lenguaje del autómeta. En la Figura 3.14 se expone una maniobra descrita en forma de diagrama de flujo, óptima para la programación de expertos informáticos mediante lenguaje de alto nivel. En este proyecto, en cambio, se ha preferido optar por otra de las formas más sencillas, claras, potentes de representación que son los diagramas GRAFCET, creados ex profeso para la programación de PLCs. La descripción de las maniobras se expone suficientemente detallada en el apartado 2.1.1. del Anexo A0.

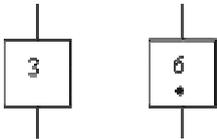
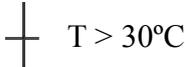
Figura 3.14: Expresión de maniobra en diagrama de flujo

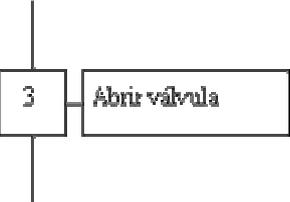


### 3.2.6.2. PROGRAMACIÓN <sup>[8]</sup>

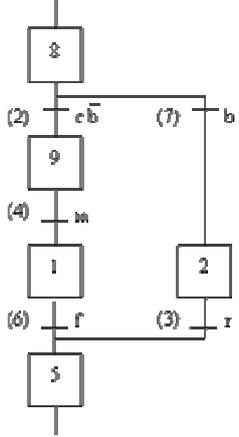
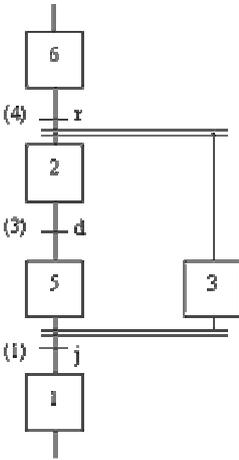
Para la realización de automatización de plantas con autómatas programables se emplean diversos lenguajes; desde el más primitivo nemónico, pasando por el lenguaje de contactos heredero de los esquemas de relés y hasta el lenguaje de alto nivel que incorpora el autómata. Una vez que se estudiadas las maniobras, la información recogida se puede ordenar secuencialmente por medio de diagramas de flujo o por medio de esquemas de estados y actividades ( GRAFCET), para facilitar su codificación.

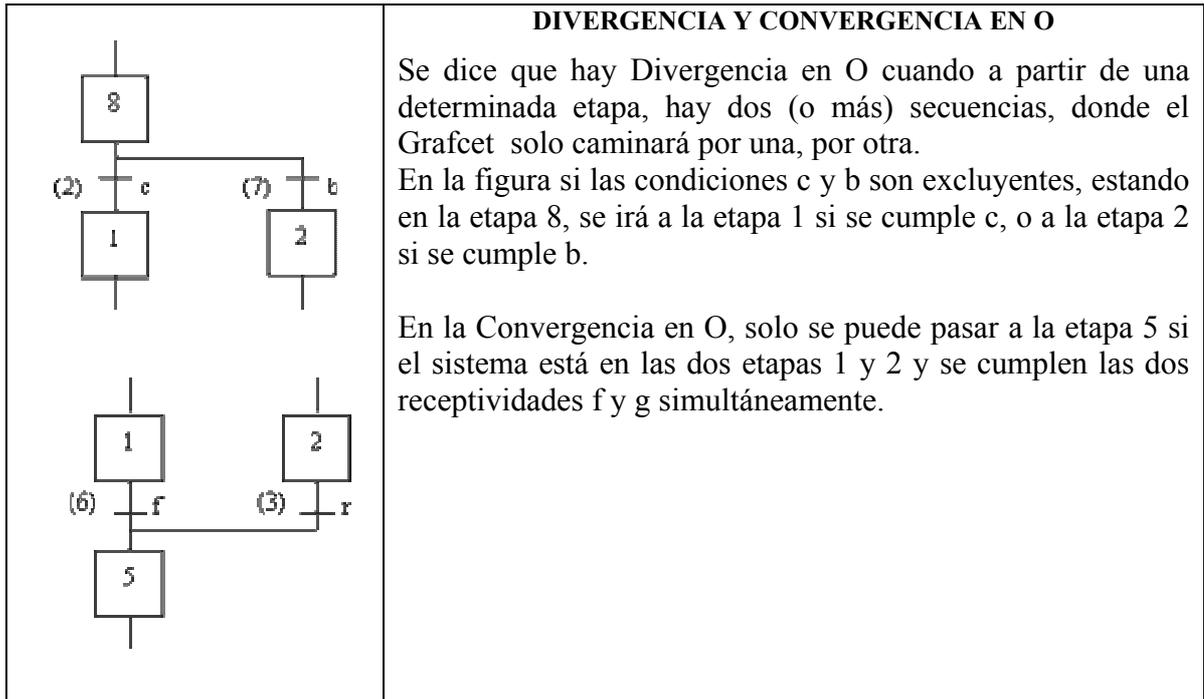
El GRAFCET es un gráfico compuesto por etapas, transiciones, receptividades y acciones. Surgió en Francia para facilitar la programación de automatismos industriales basados en PLCs. Después de estudiar las maniobras necesarias del proceso a automatizar, el diseñador fija las etapas necesarias o estados estables, las condiciones que deben cumplirse para que evolucione el sistema secuencialmente, y las actividades a realizar en cada estado. De entre los elementos que hace uso el Grafcet pueden destacarse:

<p style="text-align: center;"><b>ETAPA</b></p> 	<p>Corresponde a un estado estable. Se representa mediante un cuadrado identificado por un número (Ej: etapa 3). No puede haber dos etapas con el mismo número y no es necesario que sean números consecutivos ni que respeten ningún orden. La entrada a una etapa es siempre por la parte superior y la salida por la parte inferior. Una etapa puede estar activa o inactiva. Se suele representar un punto en su interior. (Ej: Etapa6)</p>
<p style="text-align: center;"><b>ETAPA INICIAL</b></p> 	<p>Un cuadrado con línea doble simboliza una etapa inicial del GRAFCET; en este caso la etapa 7. Las etapas iniciales son las que se activan al inicializar el GRAFCET.</p>
<p style="text-align: center;"><b>TRANSICIONES</b></p> 	<p>Representan la posibilidad de evolución de una etapa a la siguiente; esta evolución se produce al franquear la transición. Se representan con un trazo perpendicular a la línea que une dos etapas consecutivas. Una transición está validada cuando todas las etapas inmediatamente anteriores están activadas.</p>
<p style="text-align: center;"><b>RECEPTIVIDAD</b></p> 	<p>Es la condición que se requiere para poder franquear una transición válida. Una receptividad puede ser cierta o falsa y se puede describir en forma literal (fin retroceso, temperatura alcanzada, etc.) o en forma simbólica (SA1, BQ3, etc.). Ej: Temp &gt; 30°C Cierta si la temperatura es superior a 30°C</p>

<p style="text-align: center;"><b>ACCIONES</b></p> 	<p>Como una etapa implica un comportamiento estable, habitualmente las etapas tendrán acciones asociadas. Las acciones representan lo que hay que hacer mientras la etapa está activa.</p> <p>Las acciones se representan como rectángulos unidos por un trazo con la etapa a la que están asociadas.</p> <p>Las acciones pueden estar condicionadas. Cuando una acción está condicionada (termostato) sólo se ejecuta mientras la etapa (3) está activa y, además, se verifica la condición.(Termostato)</p>
<p style="text-align: center;"><b>CAMINOS Y RENVIOS</b></p> 	<p>Los caminos que unen una etapa con otra se dibujan preferentemente en sentido vertical; aunque para resolver algunas representaciones hay que dibujar una parte de los mismos en sentido horizontal o en diagonal. Mientras no se especifique lo contrario, la evolución de un camino siempre es en sentido descendente, es decir de arriba a abajo. Para simplificar se puede poner el número de la etapa ala que se envía.</p>

### ESTRUCTURAS BÁSICAS

	<p style="text-align: center;"><b>SECUENCIA Y SELECCIÓN</b></p> <p>Un graficet representa a un sistema secuencial y avanza de etapa en etapa cuando se cumplen las transiciones intermedias. En la figura a partir de la etapa 8, hay dos- la etapa 9 y la 2- o más secuencias entre las que se escogerá en función de las transiciones. Si por ejemplo estamos en la etapa 8 y la receptividad b es cierta iremos por la secuencia de la derecha, si b es falsa y si c es cierta iremos por la de la izquierda. Las dos secuencias confluyen en la etapa 5. No es necesario que las distintas secuencias tengan el mismo número de etapas.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>DIVERGENCIA Y CONVERGENCIA EN Y</b></p> <p>Se dice que hay Divergencia en Y cuando a partir de una determinada etapa, hay dos o más secuencias por las que caminará el Graficet. El inicio de secuencias paralelas se indica con una línea horizontal doble después de la transición correspondiente. De forma similar, el final de las secuencias paralelas (Convergencia en Y) se indica con otra línea horizontal doble antes de la transición correspondiente; esta transición sólo es válida cuando todas las etapas inmediatamente anteriores están activas. En la figura, al franquear la transición (4), se activarán simultáneamente las etapas 2 y 3 y las dos secuencias trabajarán simultáneamente. La transición (1) sólo será válida cuando estén activas las etapas 3 y 5.</p>



La programación, expresada en GRAFCET, se incluye en el apartado 2.4 del Anexo de cálculo y justificativo A0.

### A) GUIA GEMMA

En un proceso productivo automatizado, aunque todo el mundo lo desearía, el sistema no está funcionando siempre en modo automático y sin problemas sino que, a menudo, aparecen contingencias que hacen parar el proceso, como puedan ser averías de las válvulas, sobrecargas o cortocircuitos en las bombas, material defectuoso o atascos de las tuberías o uniones, mantenimiento, limpieza de tanques, etc., o simplemente, se deba parar la producción el Viernes y retomarla el Lunes.

En los automatismos modernos, estas contingencias son previsibles y el propio automatismo está preparado para detectar defectos y averías, y para colaborar con el operador o el técnico de mantenimiento en la puesta a punto, la reparación y otras tareas no propias del proceso productivo normal.

Para fijar una forma universal de denominar y definir los diferentes estados que puede tener un sistema, la ADEPA (Agence Nationale pour le DÉveloppement de la

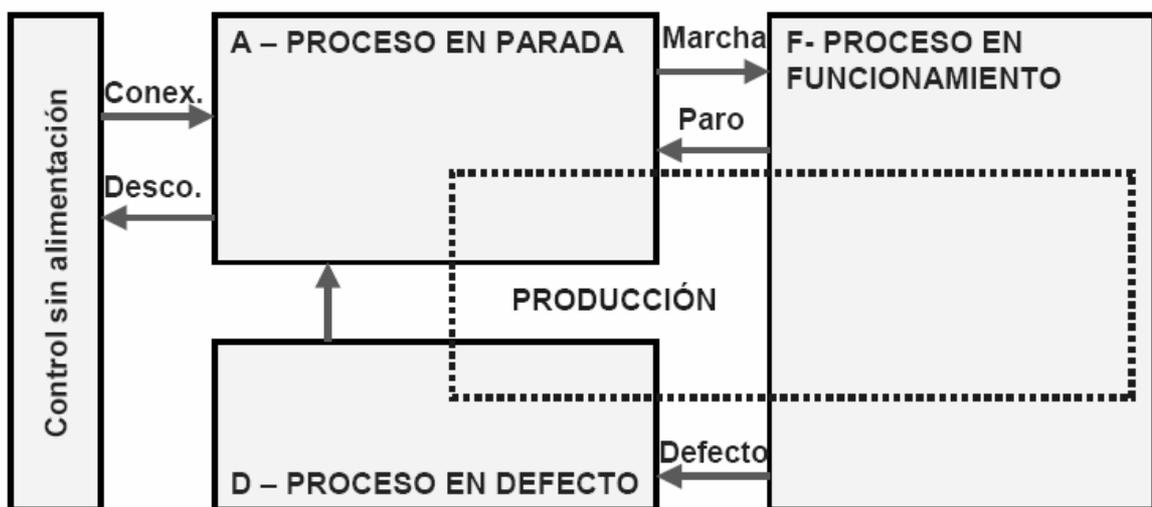
Productique Appliquée à l'industrie, Agencia nacional francesa para el desarrollo de la productiva aplicada a la industria) ha preparado la guía GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts, Guía de estudio de los modos de marchas y paradas).

La guía GEMMA es una guía gráfica que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes estados de marcha de sistema, así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro. La guía GEMMA y el GRAFCET se complementan mutuamente permitiendo una descripción progresiva del automatismo de producción.

El automatismo de este proyecto consta de dos partes fundamentales: el sistema de producción de biodiesel y el control de este sistema por autómatas programables. Cuando el control está alimentado, el sistema puede estar en tres situaciones o estados de marcha:

- En funcionamiento
- Parado (o en proceso de parada)
- En defecto.

Figura 3.15 : Esquema básico de la guía GEMMA



En un sistema genérico existe la posibilidad de estar en régimen producción en cada una de estas tres últimas situaciones; en funcionamiento, sin ninguna duda, pero también cuando la máquina esté en proceso de parada, a la espera de volver al proceso de

funcionamiento, o cuando la máquina esté en ciertas condiciones de defecto por algún fallo o emergencia (a pesar de que tal vez la producción no será aprovechable). La guía GEMMA representa cada una de las cuatro situaciones (sin alimentar, funcionamiento, parada y defecto) mediante rectángulos, y la producción mediante un quinto rectángulo que se interseca con los tres rectángulos principales, tal como se muestra en la figura 3.15.

A su vez, cada estado de marcha está integrado por un conjunto de situaciones y estados de operación tal como se muestra en la figura 3.16. Estos se resumen a continuación :

### Grupo F: Estados de funcionamiento

Este grupo contiene todos los modos de funcionamiento necesarios para la obtención de la producción; es decir los de *funcionamiento normal* (F1 a F3) y *los de prueba y verificación* (F4 a F6).

- **F1 Producción normal.** Es el estado en el que el sistema de biodiesel produce normalmente, Al funcionamiento dentro de este estado es el GRAFCET de producción. Es el más importante.
- **F2 Marcha de preparación.** Corresponde a la preparación del sistema para el funcionamiento (precalentamiento, preparación de componentes, selección de modos de operación, etc.). Son pues las acciones necesarias para que el sistema entre en producción.
- **F3 Marcha de cierre.** Acciones a realizar antes de la parada. Ej: fase de vaciado y/o limpieza que haya que realizar antes de parar.
- **F4 Marchas de verificación sin orden.** En este caso el sistema, normalmente bajo control del operario, puede realizar cualquier movimiento (o unos determinados movimientos preestablecidos). Se usa para tareas de mantenimiento y verificación.
- **F5 Marchas de verificación en orden.** El sistema realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se usa para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado existe la posibilidad de que la máquina produzca. También denominado modo semiautomático.
- **F6 Marchas de prueba o test.** Permiten realizar las operaciones de ajuste y de mantenimiento preventivo. Junto con el F4 constituyen el modo manual.

### Grupo A: Estados de parada

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está parado (A1 y A4), los que llevan a la parada del sistema (A2 y A3) y los que permiten pasar el sistema de un estado de defecto a un estado de parada (A5 a A7). Corresponden a todas las paradas por causas externas al proceso.

- **A1 Parada en el estado inicial.** Es el estado normal de reposo de la máquina. Se representa con un rectángulo doble. El sistema normalmente se representa en este estado (planos, esquema eléctrico, esquema neumático, etc.) Se corresponde, habitualmente, con la etapa inicial de un GRAFCET.
- **A2 Parada solicitada a final de ciclo.** Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta acabar el ciclo actual y pasar a estar parada en el estado inicial.
- **A3 Parada solicitada en un estado determinado.** Es el estado transitorio en el que la máquina, que estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta llegar a un punto del ciclo diferente del estado inicial.
- **A4 Parada obtenida.** Es un estado de reposo del proceso diferente del estado inicial.
- **A5 Preparación para la puesta en marcha después del defecto.** Se realizan las operaciones necesarias para la puesta en funcionamiento de un proceso después de un defecto. Corresponde a la fase de vaciado, limpieza o puesta en orden que en muchos casos se ha de hacer después de un defecto.
- **A6 Puesta del sistema en el estado inicial.** Operaciones necesarias para llevar al sistema hasta la situación inicial (normalmente situación de reposo); una vez realizado, la máquina pasa a estar parada en el estado inicial.
- **A7 Puesta del sistema en un estado determinado.** El sistema es llevado hasta una situación concreta diferente de la inicial; una vez realizado, la máquina pasa a estar parada.

### Grupo D: Estados de defecto

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está en defecto tanto si está produciendo (D3), está parado (D1) o está en fase de diagnóstico o tratamiento del defecto (D2). Corresponden a todas las paradas por causas internas al proceso.

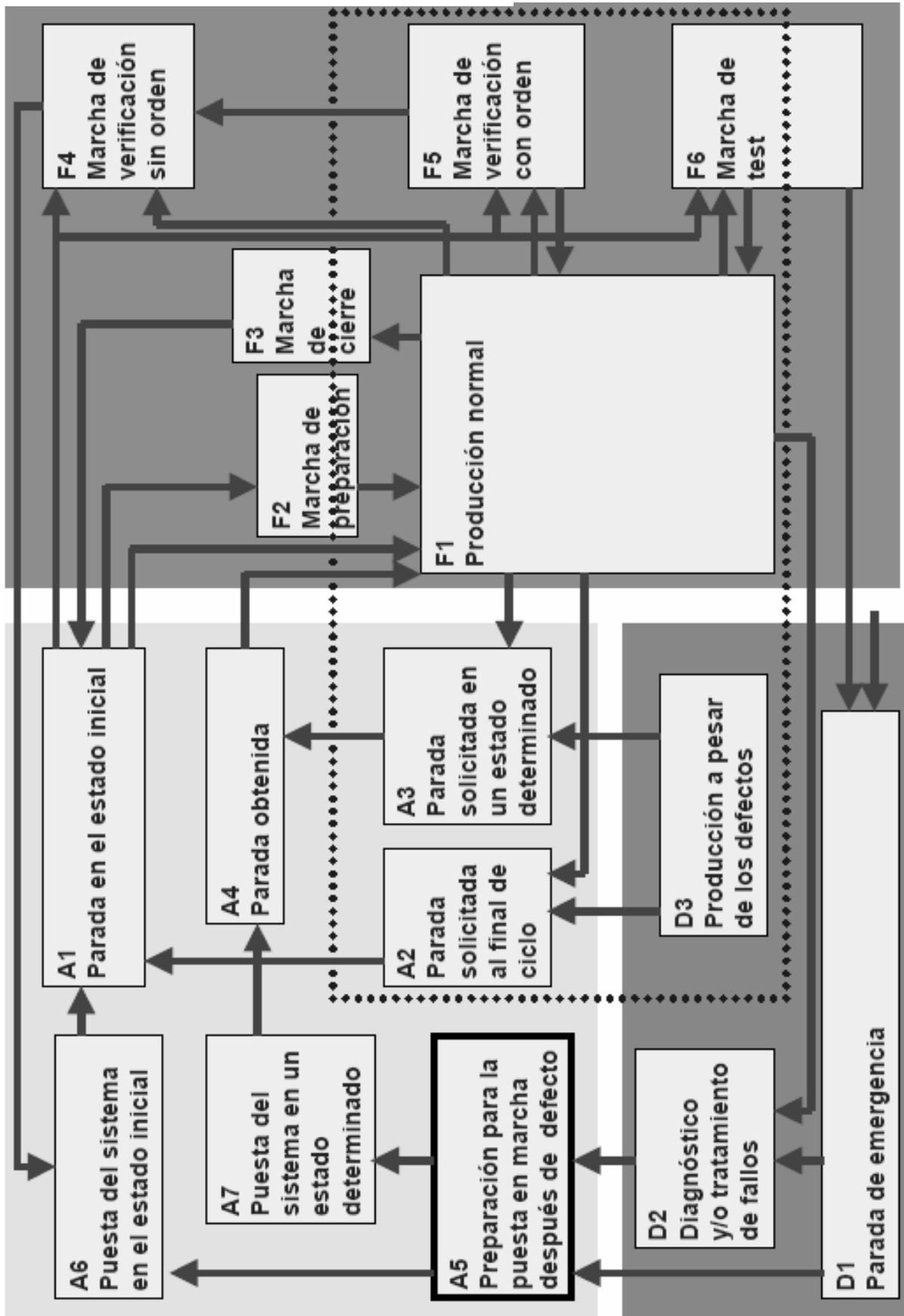
- **D1 Parada de emergencia.** Contiene la parada de emergencia y también todas aquellas acciones necesarias para llevar el sistema a una situación de parada segura.
- **D2 Diagnóstico y/o tratamiento de los defectos.** Permite, con o sin ayuda del operador, determinar las causas del defecto y eliminarlas.
- **D3 Producción a pesar de los defectos.** Corresponde a aquellos casos en los que se debe continuar produciendo a pesar de que el sistema no trabaja correctamente. Incluye casos como por ejemplo, seguir para agotar un reactivo no almacenable o aquellos otros en los que no se sigue el ciclo normal dado que el operador sustituye a la máquina en una determinada tarea a causa de una avería.

Sin embargo, la guía GEMMA genérica presentada es sólo un esquema recomendado para la organización de estados del sistema. Cada sistema y sus procesos son distintos, y la guía GEMMA puede modificarse y adecuarse particularizándose a cada uno de ellos. Esto puede realizarse eliminando estados, incluyendo nuevos, o modificando las direcciones de los caminos de entrada y salida y que los interrelacionan. La guía GEMMA de la planta piloto está incluida en el apartado 2.4.1 del Anexo A0.

### B) ESTRUCTURA GLOBAL

La guía Gemma puede verse también como un nivel de organización superior. Permite la ordenación de los diferentes Grafsets, confeccionados a partir de las secuencias de maniobras de los procesos a realizar en cada uno de los estados de marcha, y ayuda a relacionarlos. En realidad, asiste al programador para que éste pueda tener una idea global de cómo expresar el complejo funcionamiento de un sistema automático.

Figura 3.16: Guía GEMMA genérica



Esto quiere decir que existe una jerarquía de expresión del sistema cuyo elementos básicos son los Grafjets de maniobras, los cuales se agrupan en los estados de “sin alimentación”, funcionamiento, parada y defecto presentes en la guía gemma. A su vez, estos estados se relacionan entre sí constituyendo un Grafjet global. La guía Gemma es, por tanto, la representación organizada y esquemática de este Grafjet global.

### **C) LENGUAJE DE CONTACTOS**

Una vez descrito, secuenciado, expresado y organizado el comportamiento del sistema, mediante el uso del binomio Grafjet-Gemma, la información expresada en Grafjet ha de codificarse a lenguaje de contactos mediante un PC. Por medio de este lenguaje y con su programa correspondiente (CX-Programmer) se transferirán todas las instrucciones al autómeta, que las adoptará y hará uso de ellas para controlar el sistema. La codificación a lenguaje de contactos está justificada y detallada en los Anexos A0 y A.VII.

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA**

Tal como se dijo anteriormente, la automatización requiere software, hardware e instrumentación para implementarse. Mientras el software es el alma del sistema, el hardware y la instrumentación son el soporte físico que permite interactuar con él. Se hace necesaria por tanto la integración en la planta de diversos equipos y elementos mediante las actuaciones resumidas a continuación:

- *Instalación de un autómeta programable o PLC*, que recibirá las señales de todos los instrumentos de medida y equipos, y gestionará las salidas de las acciones a realizar consecuentemente. Para ello necesita ser programado de forma óptima y eficaz, y eso es solo posible con un conocimiento profundo del sistema y el proceso. El autómeta deberá ir conectado a todos los elementos que hacen posible el control y la regulación de la planta.
- *Instalación de sensores de nivel digitales o analógicos en cada tanque*, que permitan su interacción con el PLC. Estos permitirán complementar y sustituir en

algunos casos a los tubos exteriores transparentes utilizados para medir el nivel de los tanques en la versión manual de la planta.

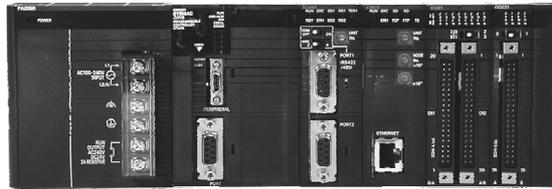
- *Instalación de dos controladores de temperatura*, uno Todo-Nada para los tanques de pretratamiento y agua, y otro Proporcional- Integral- Derivativo para el reactor. Estos controladores, acompañados de termoresistencias, permitirán establecer lazos de control de temperatura en cada uno de los casos y a su vez irán conectados al autómatas programable.
- *Instalación de un temporizador externo*, que permita establecer los tiempos de decantación y que nos informe en todo momento el emplazamiento temporal de la tarea que el PLC está gestionando en ese momento.
- *Instalación de electroválvulas*, dependiendo de su localización, que irán controladas en todo momento por el PLC. Con su cierre y apertura definirán las líneas por las cuales van a circular los fluidos.
- *Instalación de un sensor de pH en el tanque de lavado*, que permita al autómatas controlar la cantidad de ácido ortofosfórico a añadir para que la mezcla alcance un pH neutro.
- *Instalación de un cuadro de control y operación dentro de un armario o cajón estanco*, que integrará todo el interfaz operador-autómatas-planta. Irá equipado con un esquema de la planta donde podrán visualizarse los estados de cada uno de los elementos y equipos y el estado del proceso, selectores manuales para seleccionar la maniobra adecuada, pulsadores de cada elemento de la planta para su control semiautomático o manual, pulsador de emergencia, bocina y llave general.
- *Sustitución de la instalación eléctrica existente en la planta por una nueva acorde al sistema de automatización*, e integración del cableado en la planta haciendo uso de su propia estructura y protección del mismo, mediante tubos que los cubran, en aquellas zonas potencialmente peligrosas.

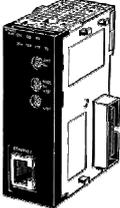
A continuación, se describen los equipos seleccionados para cada una de estas instalaciones. Los criterios para su selección pueden encontrarse en el apartado 2.8 del Anexo A0.

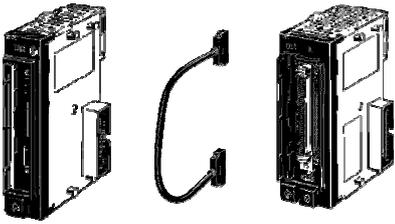
### 3.3.1. EL AUTOMATA PROGRAMABLE O PLC

Se opta por un autómata “Omron Modelo CJ1M” equipado con unidades adicionales de entrada y salida, organizadas en dos hileras y conectadas entre sí por una unidad de control, y una unidad analógica/digital. Las características de todos estos elementos se resumen a continuación:

Figura 3.17: Autómata CJ1M y unidades



UNIDAD	CARACTERISTICA
 <p><b>CJ1M-PA205R</b></p>	<p><b>FUENTE ALIMENTACIÓN DE AUTOMATA CJ1M</b></p> <p>Proporciona 5 VDC y 24VDC (potencia de salida de 25 Watios máximo). 100 a 240 VAC.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima corriente a 5 VDC : 5A</li> <li>• Máxima corriente a 24 VDC : 0,8 A</li> </ul>
 <p><b>CJ1M CPU 13</b></p>	<p><b>UNIDAD CENTRAL PLC</b></p> <p>De reducidas dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400 instrucciones Alta velocidad (40 ns/instrucción lógica) de intercambio de datos y velocidad de proceso de instrucciones especiales de uso frecuente.</li> <li>• Ejecución de programa y servicio de periféricos en paralelo.</li> <li>• Mejora en el tiempo de refresco de las Unidades de Bus.</li> <li>• CJ1 120 Kpasos</li> <li>• CJ1 lleva Tarjeta de Memoria</li> <li>• Ejecución de programa y servicio de periféricos en paralelo.</li> </ul>

	<p><b>UNIDAD DE ENTRADA</b></p> <p>Recibe las medidas de los sensores y otras variables de entrada necesarias para los criterios de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispone de 16 entradas numeradas de 0-15.</li> <li>• Tensión de entrada 24 v cc= “1” lógico.</li> <li>• Bornes de tornillos para cables.</li> </ul>
 <p><b>CJ1M-OC211</b></p>	<p><b>UNIDAD DE SALIDAS A RELÉS</b></p> <p>A partir de ella salen las señales de actuación al resto de elementos del sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloque de 16 salidas a relé de 24 v</li> </ul>
<p><b>CJ1W- AD081</b></p> 	<p><b>UNIDAD ENTRADA ANALÓGICA</b></p> <p>Se trata de un convertidor analógico/digital.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Resolución de 1/4000 ó 1/8000 y Alta Velocidad de Conversión: 1ms ó 250µs/punto</li> <li>• Alta funcionalidad, buena solución técnica.</li> <li>• Mínima Programación, reducción tiempos puesta en marcha</li> </ul>
	<p><b>UNIDAD DE CONTROL</b></p> <p>Interconecta las unidades de entradas y salidas adicionales con el autómatas</p>
 <p><b>NS8-TV01-V1</b></p>	<p><b>TERMINAL SCADA PROGRAMABLE (AMPLIACIÓN FUTURA OPCIONAL)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla TFT 8” de color 640*480 puntos de 256 colores (32768 colores para imágenes BMP/JPEG; NS5: 4096 colores)</li> <li>• Dimensiones 162.2x121.7 mm (8.0”)</li> <li>• Número de botones: 768 (32x24)</li> <li>• 20x20 puntos por cada botón</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de datos en pantalla 6 Mb</li> <li>• Comunicación con PLC: NTLINK (1:1, 1:N, y M:N) ◇ conexión con PLC</li> <li>• Monitorización ladder             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buscar bit/instrucción</li> <li>▪ Monitorización E/S</li> </ul> </li> <li>• Monitorización memoria</li> <li>• Posibilidad de conectar a Ethernet</li> </ul>
--	---

Todos estos elementos se interconectan e integran en un solo dispositivo (Figura 3.17) de una o dos hileras tal como se muestra en la Figura 2.32 del apartado 2.3 del Anexo A0.

### 3.3.2. CONTROLADORES Y TEMPORIZADORES

#### A ) CONTROLADOR E5CN-U de OMRON

Nombrado como controlador CTTR en la programación, responde a todas las necesidades previstas del control de temperatura del reactor. Las características principales de este controlador PID de OMRON se exponen en el cuadro de características en este mismo apartado. Posee un “display” y un panel de entrada (mostrados en la figura X), a través del cual el operador puede ver el valor del SET-POINT y en del PRESENT-VALUE, y manipular las teclas de configuración, ajuste y modo de funcionamiento.

**Figura 3.18: Controlador E5CN-U**



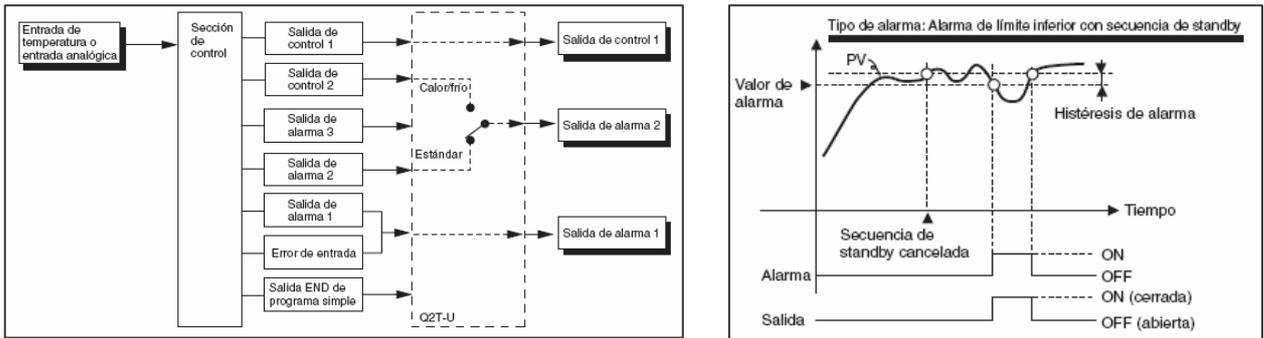
Respecto a su funcionamiento, el sensor Pt-100 da la señal analógica de entrada al controlador, y mediante su algoritmo de control ajustado en parámetros P,I,D respecto al proceso, produce una salida de control de la variable manipulada. Dispone de la posibilidad de controlar dos bucles (calor-frío) en el caso de que fuese necesario y dos salidas de alarmas, configurables en sus valores de límite superior e inferior y de ciclo de histéresis, que avisan al operador de posibles problemas (Figura 3.19). Estas salidas de

alarma están determinadas por una combinación de las condiciones de salida de alarma “tipo de alarma,” “valor de alarma,” e “histéresis de alarma” (Figura 3.20). Dispone de protocolo de corrección de errores. Para más detalle ver anexo A.I y plano nº11.

### CARACTERISTICAS DEL CONTROLADOR E5CN-U

<b>ALIMENTACION</b>	24 Vc.a., 50/60 Hz o 24 Vc.c.
<b>CONSUMO</b>	5 VA/3 W máx. (E5CN-R2T: 2,7 VA a 24 Vc.a.)
<b>SENSORES</b>	Termopar: K, J, T, E, L, U, N, R, S o B Termorresistencia de platino: Pt100 o JPt100
<b>SALIDAS DE CONTROL</b>	A relé SPST-NA, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva), vida útil eléctrica: 100.000 operaciones; mínima carga aplicable: 5 V, 10 mA A tensión: 12 Vc.c. 15% (PNP), corriente de carga máx.: 21 mA, con circuito de protección contra cortocircuitos. Tiene salidas de alarma.
<b>MUESTREO</b>	Muestreo a 250 ms.
<b>TIPOS DE CONTROL</b>	Control ON/OFF o 2-PID (con auto-tuning)
<b>CONFIGURACION</b>	Configuración digital mediante el teclado del panel frontal
<b>SALIDAS</b>	Salida manual, control de calor/frío, salida transfer (en algunos modelos), alarma de rotura de lazo, multi SP, limitador de MV, filtro digital de entrada, ajuste automático, desplazamiento de entrada de temperatura, marcha/paro, funciones de protección, etc.
<b>NIVELES DE SELECCIÓN</b>	Operación, ajuste, de funciones avanzadas, de comunicaciones, calibración
<b>DISPLAY</b>	Visualización del valor actual en tres colores según sea el valor actual respecto al valor configurado
<b>NIVEL DE OPERACIÓN</b>	Se visualiza cuando se conecta la alimentación. Desde este nivel se puede pasar a los niveles de protección, configuración inicial y ajuste. • Normalmente, seleccione este nivel durante la operación. Mientras la operación está en progreso, pueden monitorizarse elementos como PV y MV (variable manipulada), y pueden modificarse y monitorizarse los puntos de consigna, los valores de alarma y los límites superior e inferior de alarma
<b>EN EL NIVEL DE AJUSTE</b>	Sirve para introducir valores seleccionados y valores de compensación para el control. Además del AT (auto-tuning), conmutación habilitar/deshabilitar escritura de comunicaciones, configuraciones de histéresis, configuraciones multi-SP, y parámetros de desplazamiento de entrada, incluye HBA, alarma HS, y las constantes PID. Desde el nivel de ajuste es posible pasar al parámetro superior del nivel de configuración inicial, del nivel de protección o del nivel de operación. Con la función PID convencional se puede seleccionar el ajuste para la respuesta óptima a perturbaciones o para la respuesta óptima a los cambios del punto de consigna.

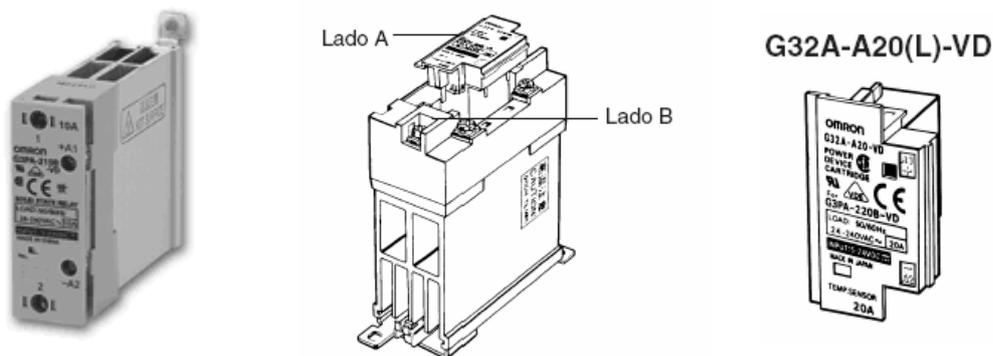
Figuras 3.19 y 3.20: Esquema de alarmas del controlador y ejemplo de tipo de alarma



## B) RELE DE ESTADO SÓLIDO (SSR) G3PA 220B VD

Actuador de salida del controlador PID sobre la resistencia calefactora . Es de reducido tamaño con un diseño óptimo del disipador de calor. Posibilidad de montaje con tornillos o en carril DIN. Lo más interesante es que dispone de cartuchos del dispositivo de potencia sustituibles. Para resistencia calefactora alimentada en monofase alterna de 220 V, capaz de soportar hasta 20 Amp, voltaje de entrada desde 24 V cc, con aletas de refrigeración, cruce por cero, indicador led y cubierta de protección y montaje en carril DIN.

Figuras 3.21, 3.22 y 3.23 : Relé G3PA , detalle de relé y dispositivo de potencia



El cartucho del dispositivo de potencia G32A-D20 (unidad triac) se puede sustituir por uno nuevo sin necesidad de desconectar los cables de la unidad G3PA.. Cuando el color del indicador de temperatura pasa de rosa a rojo, es posible que los circuitos del triac hayan funcionado incorrectamente debido a una corriente excesiva, en cuyo caso se debe desmontar el cartucho dañado y proceder a su sustitución. (Integración ver plano n° 11)

### C) CONTROLADOR ON-OFF OMRON E5GN RP AC/DC24

Nombrado como controlador CTTA/CTTP en la programación. Utilizado para controlar la temperatura de los tanques de pretratamiento TP y agua de lavado TA, es compacto e inteligente. El controlador ahorra espacio en el panel, ya que apenas mide 100 milímetros de profundidad. Acepta termopares, RTD de platino, sensores de temperatura sin contacto y entradas analógicas de la temperatura. Es autoajustable y ajustable manualmente. Presenta el SetPoint y el Valor Presente PV.

Figura 3.24 : Controlador E5GN



Dispone de Control de Calefacción. alimentación a 24 V cc (1-2), contacto de salida de control a relé (3-4) y salida de alarma (5-6) (Ver plano nº 10). Es resistente al agua, Nema 4X, IP66. Todo lo citado y algunas características adicionales se resumen a continuación:

Size	Power supply voltage	Alarm points	Output	Model	
				Thermocouple input	Platinum RTD input
1/32 DIN	100 to	---	Relay	E5GN-RTC AC100-240	E5GN-RP AC100-240
<b>Supply voltage</b>		100 to 240 VAC, 50/60 Hz		24 VAC, 50/60 Hz/24 VDC	
<b>Operating voltage range</b>		85% to 110% of rated supply voltage			
<b>Power consumption</b>		7 VA		4 VA/2.5 W	
<b>Sensor input</b>		Thermocouple: K, J, T, E, L, U, N, R, S, B Platinum resistance thermometer: Pt100, JPt100 Non-contact temperature sensor: 10 to 70°C, 60 to 120°C, 115 to 165°C, 160 to 260°C Voltage input: 0 to 50 mV			
<b>Control output</b>	<b>Relay output</b>	SPST-NO, 250 VAC, 2 A (resistive load), electrical life: 100,000 operations			
	<b>Voltage output</b>	12 VDC +15%/-20% (PNP), max. load current: 21 mA, with short-circuit protection circuit			
<b>Alarm output</b>		SPST-NO, 250 VAC, 1 A (resistive load), electrical life: 100,000 operations			
<b>Control method</b>		PID or ON/OFF control			
<b>Setting method</b>		Digital setting using front panel keys			
<b>Indication method</b>		7-segment digital display and single-lighting indicator Character height: PV: 7.0 mm; SV: 3.5 mm			

### D ) TEMPORIZADOR /CONTADOR OMRON H8GN

De la casa Omron. Realiza tanto labores de temporización de tiempos grandes, como de contaje de subprocesos realizados . Muestra digitalmente el Set Point, el valor presente, y las señales de reset , de fin de cuenta y de salida activada. Se alimenta a 24 v cc

(entrada 1-2) y tiene la entrada CP1 (3) para el inicio del conteo o temporización, la CP2 (Gate 4) de habilitación, RESET (5-6) para la puesta a cero. La señal de finalización de conteo o temporización SALIDA (10-11-12) (Ver plano nº 13). Para más detalle sobre sus características ver Anexo A.I.

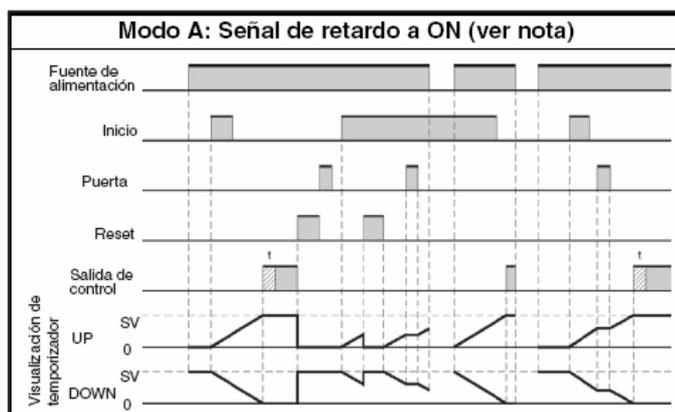
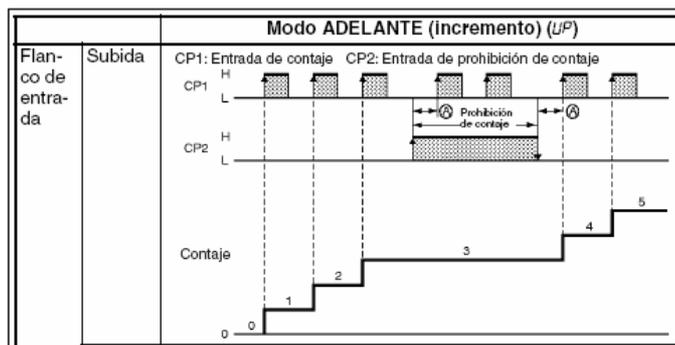
**Figura 3.25:**  
**Temporizador/Contador H8GN**



Goza de dos modos de funcionamiento dependiendo de lo que se quiera medir :

- *Modo Contador:* Cuenta los pulsos de entrada por CP1 en modo ascendente y cuando hay señal en CP2 detiene el conteo. Cuando llega al valor fijado da una señal de salida . Se resetea al final de cuenta y con la señal RESET.
- *Modo temporizador:* Al conectar el temporizador y dar la orden de inicio empieza el conteo, pudiéndose detenerse momentáneamente con la señal Gate. Al eliminar dicha señal se continua donde se quedó. Se puede resetear con la señal Reset

**Figura 3.26 y 3.27 : Funcionamiento del modo contador y el modo temporizador**



### E) MEDIDOR DE SEÑAL MULTIFUNCIONAL OMRON K3GN

Utilizado como visualizador del tiempo transcurrido en unidades de hora en los procesos de reacción y decantación temporizados por el temporizador Omron H8GN. El PLC recibe los ciclos de temporización del temporizador y los transmite al visualizador, que los representa.

Figura 3.28: Medidor K3GN



Posee un diseño compacto con carcasa DIN 1/32. Es fácil de configurar gracias a su panel de entrada frontal y pantalla de visualización LCD de alto contraste de 5 dígitos. Alimentado con 24 v cc. Configurable para recibir señales en forma de impulsos o eventos. Diferentes salidas seleccionables, ya sean a relé, a transistor o combinación de ambas. Alta protección contra el agua y el polvo: Panel frontal compatible con la norma NEMA4X/IP66.

Para más detalle ver Anexo A.I.

### 3.3.3. ELECTROVÁLVULAS

De carácter automático, son esenciales en las instalaciones de automatización de procesos. Permiten y bloquean el paso de los líquidos que circulan a través del sistema, manteniendo los fluidos confinados en los tanques y depósitos, o definiendo los caminos de trasvase y descarga de los mismos. Según el caso, se instalan sustituyendo o complementando a las válvulas manuales existentes en el sistema antes de su automatización.

En esta instalación se hace uso de válvulas 2/2 de mando directo y asistido, con alimentación de 24 v cc. Todas son normalmente cerradas. Sus materiales de construcción dependen del fluido que circula por ellas. Todas ellas deben ir equipadas con cabezas magnéticas clasificadas para ambientes potencialmente explosivos. A continuación se describen las válvulas seleccionadas:

**A) ELECTROVALVULA ASCOJOUOMATIC 2/2 SERIE 210 , 3/8 a 1/2**

De mando asistido y membrana unida permite la circulación de fluidos viscosos con una viscosidad máxima de 65 cSt. Dependiendo de sus materiales de construcción es compatible con una amplia gama de fluidos. Se opta por la versión construida íntegramente en acero inoxidable (304 o 316), y equipada con guarniciones, membranas y clapets fabricados en Teflón o Vitón para resistir la corrosión. Con estas características, es ideal para su instalación en conducciones donde se bombean o descargan fluidos como el aceite, metanol, glicerina y biodiesel. (Válvulas: VPTP, VSTG, VPTR, VPA, VRPTR, VSTB1, VSTB2, VPTB ,VRTB ,VMPTE ,VMETR,VEME y VETA ) A continuación se resumen algunas de sus características ( para más detalle ver anexo A.II):

**Figura 3.29:**  
**Electroválvula serie 210**



<b>Presión diferencial admisible</b>	De 0 a 9 bar
<b>Temperatura de servicio</b>	De -20°C a 85°C
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V cc
<b>Tiempo de respuesta</b>	De 15 a 120 ms

**B) ELECTROVALVULA ASCOJOUOMATIC 2/2 SERIE 030 , 3/8 a 3/4**

De mando directo, para fluidos a baja presión. El diseño está optimizado para obtener un caudal máximo y no requiere presión mínima de funcionamiento, lo que la hace ideal para descargar líquidos por gravedad. Fabricada en acero inoxidable A-303 resistente a la corrosión con guarniciones y clapets ( en vitón o teflón) . Se opta por este modelo para su instalación en las conducciones de descarga de los tanques TP, TB y TA (Válvulas VSTSP, VSTAS, VPTMX y VATA).

**Figura 3.29:**  
**Electroválvula serie 030**



A continuación se resumen algunas de sus características ( para más detalle ver anexo A.II):

<b>Presión diferencial admisible</b>	De 0 a 1 bar
<b>Temperatura de servicio</b>	De -20°C a 90°C
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V cc
<b>Tiempo de respuesta</b>	De 5 a 40 ms

### C) ELECTROVALVULA ASCOJOUOMATIC 2/2 SERIE 272 , ¼

De mando directo, diseñada para múltiples aplicaciones. Su versión en acero inoxidable A316 L con guarniciones y clapets de Teflón la hacen apropiada para el paso de ácidos.(Válvulas VPTS y VPTO) A continuación, se destacan algunas de sus características ( para más detalle ver anexo A.II):

**Figura 3.30:**  
**Electroválvula serie 272**

<b>Presión diferencial admisible</b>	De 0 a 15 bar
<b>Temperatura de servicio</b>	De -25°C a 80°C
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V cc
<b>Tiempo de respuesta</b>	De 8 a 20 ms



### D) CABEZA ANTIDFLAGRANTE ASCOJOUOMATIC, SERIE WSEM

Cabeza magnética de seguridad aumentada/encapsulado, para ser utilizada en ambientes explosivos según la directiva ATEX 94/9/CE (II 2 G/D EEx em II T6 a T3 IP67).La caja exterior está fabricada en acero inoxidable. Puede orientarse en 360 ° para ajustar la posición de entrada del cable. Utilizada en todas y cada una de las electroválvulas instaladas en la planta piloto.

**Figura 3.30: Cabeza WSEM**



### 3.3.4. SENSORES

Miden las variables y controlar y regular generando una señal que es enviada al PLC que actúa en consecuencia.

#### A ) DE NIVEL DIGITAL ON –OFF

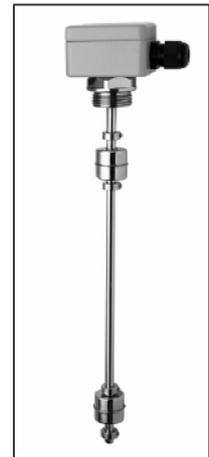
##### A.1) Nivel magnético “Kobold -Mesura MIL.100”

Controla, de forma puntual, el nivel en depósitos que contengan líquidos. Su funcionamiento se basa en flotadores, los cuales contienen imanes permanentes, que se deslizan a través de un tubo guía siguiendo las variaciones del nivel de líquido. En el interior del tubo se encuentra un contacto tipo reed que se acciona por medio del imán del flotador.

Con un equipo pueden controlarse hasta tres niveles diferentes, pudiéndose escoger contactos NC, NA o conmutados. No le afectan ni vapores ni espumas.

Todas las partes en contacto con el líquido son de acero inoxidable A-316. Puede aplicarse en zonas con peligros de explosión mediante relés separadores ATEX, de seguridad intrínseca. Aplicado en los tanques TR, TMX, TB y TA.(más información ver anexo A.II)

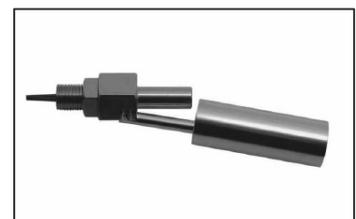
Figura 3.30: MIL.100



##### A.2) Nivel magnético “Kobold-Mesura . mod RFS-11A”:

Controlador de nivel fabricado totalmente en acero inoxidable 304, de tamaño reducido y económico. De montaje lateral, se basa en un flotador cilíndrico que se desplaza verticalmente siguiendo el nivel del líquido. En su interior se encuentra un imán permanente que hace actuar un contacto reed situado en la parte fija.(Para más información ver anexo A.II)

Figura 3.31: RFS-11A



### **B) DE NIVEL CAPACITIVO “E+H LIQUICAP M”**

De montaje sencillo, se basa en la medida de la capacidad eléctrica que se produce entre una sonda de medida y la pared del depósito. A medida que el líquido va cubriendo la sonda, cambia esta capacidad. Un circuito electrónico mide estas variaciones y las convierte en una señal 4 a 20 mA.

Está fabricado en acero inoxidable y puede soportar temperaturas de hasta 60 °C. Dispone de una amplia gama de versiones ATEX para su instalación en lugares con peligro de explosión. Aplicado en el tanque TP. Para más detalle ver Anexo A.II.

**Figura 3.32:**



### **C) DE TEMPERATURA SONDA PT 100 “KOBOLD-MESURA”**

Sonda de temperatura PT100 de aplicación general. Con convertidor de 4 a 20 mA opcional. Sensor fabricado en acero inoxidable A-316. Amplia gama de cabezales disponibles. Versión ATEX opcional. Aplicado en los tanques TP, TR y TA. Para más detalle ver Anexo A.II.

**Figura 3.33:**



### **D) DE PH SUMERGIBLE “SENSOREX”**

Electrodo de pH sumergible de fácil instalación y bajo mantenimiento, destinado a medir el pH en el tanque TB. Puede ser instalado rápidamente gracias a sus extremos roscados. Preparado para su uso con un tubo extensible para su aplicación en tanques. Fabricado en CPVC soporta temperaturas de hasta 100°C y presiones de hasta 7 bar. Para más detalle ver Anexo A.II.

**Figura 3.34:**



## F) SENSOR DE METANOL UNITOX MOD DM-200-CH3OH

El sensor Detcon Modelo DM-200-CH3OH está diseñado para detectar y monitorear metanol en el aire, en un rango de 0-100 ppm. El sensor está constituido por dos elementos principales: un Módulo Inteligente que aloja el sensor electroquímico y un transmisor universal en una envoltura de fibra de vidrio moldeada. Su diseño universal permite completa intercambiabilidad con cualquier Módulo Sensor Inteligente resultando reducidos los costos de mantenimiento.

Aplicado para controlar la concentración de metanol en torno a la planta piloto. Distintos niveles de concentración pueden tener efectos nocivos para el operador y causar explosiones. Para más detalle ver Anexo A.II.

Figura 3.35:  
Sensor Detcon



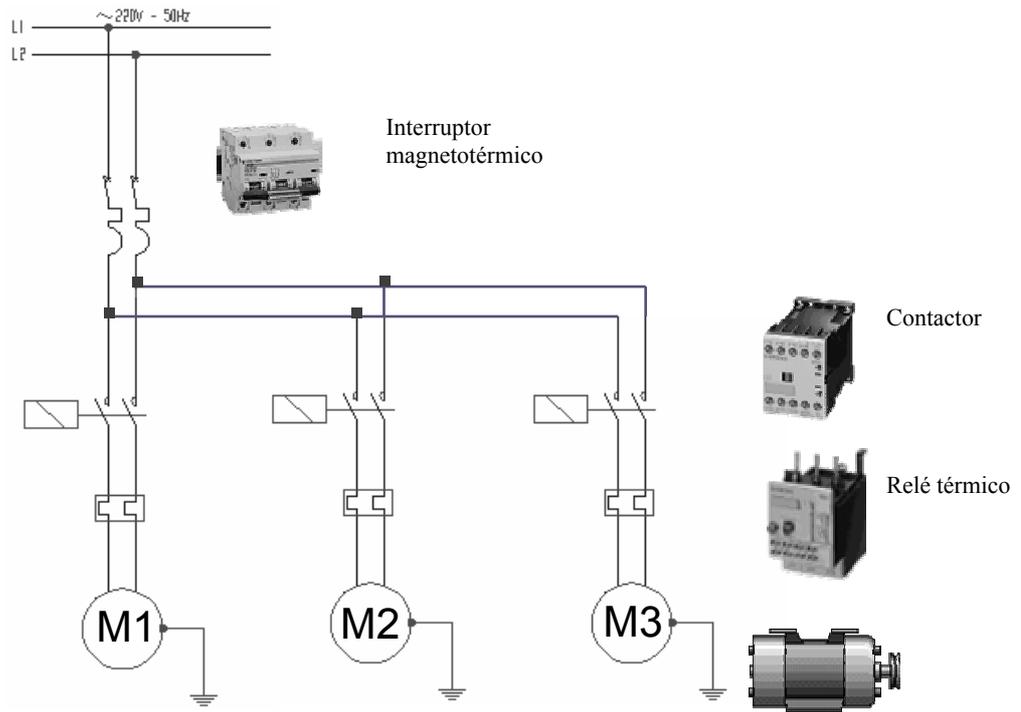
### 3.3.5. INSTALACIÓN ELECTRICA

#### A) INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN GENERAL

El esquema general de alimentación y protección eléctrica se basa en el esquema básico clásico (Figura 3.36) y busca los siguientes objetivos :

- Protección de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas con interruptores magnetotérmicos.
- Protección del personal contra contactos indirectos, mediante interruptor diferencial.
- Dotar a los elementos a gobernar de elementos de marcha y parada mediante contactores con relés térmicos individualizados y ajustados al margen de la In de cada elemento, no siendo posible el autoarranque imprevisto después de una parada.

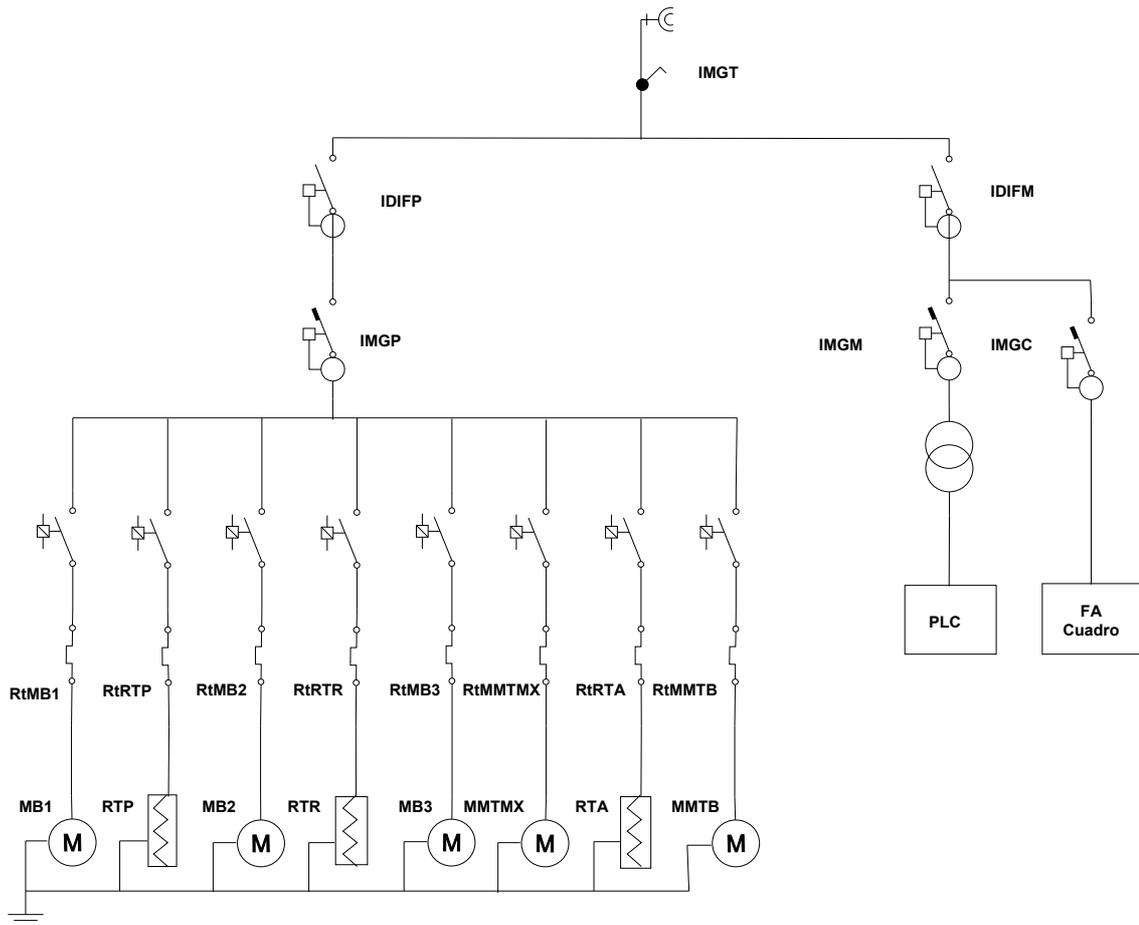
Figura 3.36: Esquema de alimentación y protección básico



Todos los interruptores citados anteriormente tienen un contacto auxiliar que lleva información al autómata de su estado de conexión. ( Ver plano nº19)

El esquema general de alimentación y protección eléctrica de la planta, representado en el diagrama unifilar (Figura 3.37), es un poco más elaborado que el esquema clásico pues está particularizado. Está dividido en dos grupos: Uno de producción para motores y resistencias calefactoras, y otro de mando para el autómata programable y la fuente de alimentación de cc. (encargada de alimentar los elementos sensores y actuadores en cc). Un trafo de aislamiento 230/230 V protege con su inercia electromagnética al PLC de cortocircuitos violentos. Todos los interruptores del esquema están equipados con un contacto auxiliar que informa al autómata de sus estados de conexión. La instalación recibe corriente alterna de 220 V a través de un enchufe industrial y un interruptor en carga de cierre en protección antideflagrante.

Figura 3.37: Diagrama unificar de la planta automatizada



Los elementos que incorpora el diagrama unifilar son:

- *Interrupción magnetotérmica total IMGT, 230V, II, 32 A, 10 KA*
- *Interrupción Diferencial general de Producción IDIFP 230 V, F+N, 300 mA de sensibilidad.*
- *Interrupción magnetotérmica general de Producción IMGP 230 V, II, 25 A, 10 KA*
- *Interrupción Diferencial general de mando IDIFM 230 V, F+N, 30 mA de sensibilidad.*
- *Interrupción magnetotérmica general del PLC IMG M, 230 V, II, 20 A, 10 KA, que protege al PLC.*

- *Interruptor magnetotérmico general del cuadro IMGC 230 V, II, 15A, 10 KA*, que protege la fuente de alimentación de corriente continua y elementos que esta última alimenta : instrumentos de señalización, entradas (sensores) y salidas de control (actuadores) al PLC.
- *Contactores, relés y contactos auxiliares del grupo de producción (resistencias, bombas y resistencias). Resumidos a continuación y ordenados por áreas:*

#### AREA DE PRETRATAMIENTO

ELEMENTO	PROTECCION Y MANDO
<b>Bomba MB1</b>	CMB1:Contactor tripolar 230 V, cc, RTMB1: Relé térmico Ia= 1,8- 2,7 A
<b>Resistencia calefactora RTP</b>	CRTP:Contactor tripolar 230 V, cc, RTRTP: Relé térmico Ia= 13- 18 A

#### AREA DE REACCIÓN Y METANOL

ELEMENTO	PROTECCIÓN Y MANDO
<b>Bomba MB2</b>	CMB2:Contactor tripolar 230 V, cc, RTMB2: Relé térmico Ia= 2,7- 4 A Bloque contacto auxiliar NA Diodo Supresor de picos
<b>Bomba MB3</b>	CMB3:Contactor tripolar 230 V, cc, RTMB3: Relé térmico Ia= 1,8 – 2,7 A Bloque contacto auxiliar NA Diodo supresor de picos
<b>Mezclador MMTMX</b>	CMMTMX:Contactor tripolar 230 V, cc, RTMMTMX: Relé térmico Ia= 0,8- 1,2 A Bloque contacto auxiliar NA Diodo supresor de picos
<b>Resistencia calefactora RTR</b>	CRTP:Contactor tripolar 230 V, cc, RTRTP: Relé térmico Ia= 13- 18 A Bloque contacto auxiliar

#### AREA DE LAVADO

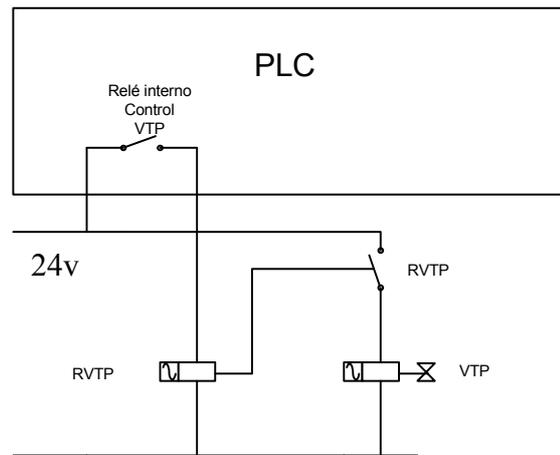
ELEMENTO	PROTECCIÓN Y MANDO
<b>Mezclador MMTB</b>	CMMTB: Contactor tripolar 230 V, cc, RTMMTB: Relé térmico Ia= 1,2 – 1,8 A Bloque contacto auxiliar NA Diodo supresor de picos
<b>Resistencia calefactora RTA</b>	CRTP:Contactor tripolar 230 V, cc, RTRTP: Relé térmico Ia= 13- 18 A Bloque contacto auxiliar

## B) INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN CORRIENTE CONTINUA

Además de la instalación general alimentada en corriente alterna a 220 V, el sistema posee un conjunto de circuitos a corriente continua que alimentan a aquellos elementos que utilizan la utilizan como fuente de energía para funcionar, ya sean actuadores, sensores, el autómatas programable, los relés internos de control y auxiliares, etc...

Existen dos fuentes de alimentación en corriente continua. La primera, está integrada junto al autómatas y proporciona un 5 v cc para que éste realice sus funciones internas. La segunda, que genera unos 24 v cc (Figura 3.39), alimenta a todos los sensores y actuadores, relés de salida del autómatas, relés intermedios (Figura 3.40), y contactos auxiliares.

Figura 3.38: Esquema relé intermedio

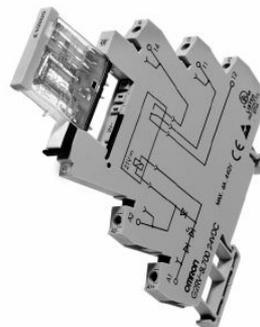


Se opta por una fuente de alimentación de 24 v cc, modelo S8TS-06024-E1. En cuanto a los relés intermedios (en la figura 3.38 relé RVPT), se opta por relés pequeños y económicos modelo G2RV-SL700-24 VDC. Estos son fácilmente desmontables e instalables en caso de avería.

Figura 3.39: Alimentación de 24 v cc



Figura 3.40: Relé intermedio G2RV



La descripción de la instalación en corriente continua está completamente justificada y detallada en el anexo A0 y en los planos.

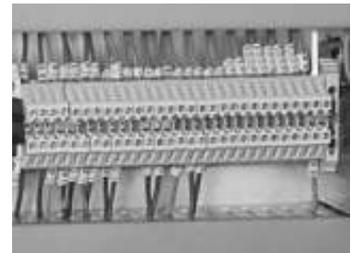
Tanto los elementos de alimentación y protección, y control y mando descritos, se hallan separados en zonas dentro un armario o cajón metálico estanco, con una filosofía de construcción y distribución parecida al de la Figura 3.42.

### **C) CONEXIONES Y CABLEADO**

El cableado permite interconectar y alimentar todos los elementos en cada uno de los circuitos, ya sea de corriente alterna o continua. Este se distribuye en dos zonas diferenciadas:

- El cuadro eléctrico dentro del cajón metálico estanco (ver Figura 3.42 y plano nº15). Cualquier cable de salida o entrada al cuadro eléctrico se realiza a través de una regleta de conexión numerada.

**Figura 3.41:**  
**Regleta de conexión**



- El resto de la planta, por la cual el cableado es instalado desde el cuadro eléctrico, de manera que, se alcancen a todos los sensores y actuadores. Para ello se utilizan cables flexibles de cobre multipar con aislamiento de PVC y protección antiparasitaria. Estos cables se reparten en diferentes líneas, protegidas por tubos rígidos de PVC. A su vez, las líneas se subdividen en ramales hasta cada elemento final, a través de cajas de derivación antideflagrantes de seguridad intrínseca ATEX y tubos flexibles coarrugados (Ver apartado 2.10 del Anexo A0 y planos nº23 y nº24).

Todas las conexiones realizadas en este cableado en ambas zonas siguen los esquemas eléctricos, así como los esquemas de conexión de cada uno de los elementos. Todo se encuentra extensamente detallado en los planos.

### 3.3.6. CUADRO GENERAL DE MANDO, CONTROL Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA.

Está constituido por el cuadro eléctrico y de control contenido en un cajón metálico estanco cuya puerta incluye el panel de mando.

#### A) ARMARIO O CAJÓN METÁLICO ESTANCO

El cajón metálico estanco agrupa, almacena y protege los principales elementos de control y eléctricos, excepto los sensores y los actuadores. Estos son el autómatas, los controladores, el visualizador, el contador-temporizador, las fuentes de alimentación, el transformador, los interruptores de protección magnetotérmico, los relés intermedios, contactores y el relé de estado sólido SSR. Todos ellos se interconectan a otros elementos mediante cableado, organizado y conducido mediante canaletas, donde los correspondientes a la tensión de 24 V cc., van separados de los 220 V ca.

**Figura 3.42:**  
Cuadro almacenado en armario



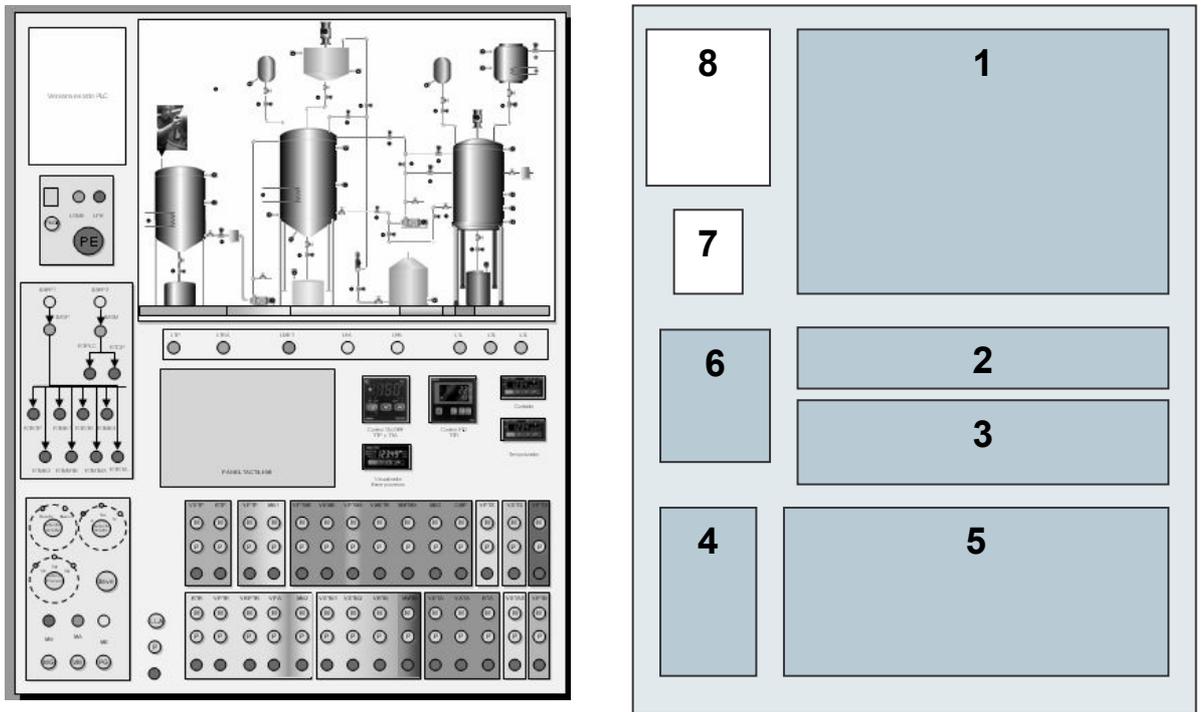
La distribución de los elementos en el cajón debe ser óptima, de manera que la disposición del cableado sea sencilla, y en consecuencia las reparaciones sean fáciles de realizar. Sin embargo, también está influenciada por el diseño del panel de mando o interface, con sus elementos dispuestos en la puerta del cajón metálico estanco.

Este armario está colocado en la posición indicada en el plano nº 22, lejos de la zona del metanol, en una posición, por un lado accesible y cómoda al operador y por otro estratégica, para tender fácilmente las acometidas a los elementos de la planta.

El armario al ser estanco evita la intrusión de cualquier vapor de metanol. A pesar de su estanqueidad, la temperatura que se alcanza en su interior nunca sobrepasa los límites de correcto funcionamiento de los elementos que se encuentran en él. (Apartado 2.11, Anexo A0).

## B) PANEL DE MANDO E INTERFACE (HMI)

Figura 3.42: Apariencia de panel de mando y distribución.



Esta interface (plano nº15), constituye el cuadro de mando y dispone de las siguientes zonas en función de las necesidades de automatización previstas:

- 1) Icono del proceso (Interface HMI) con las luces de los altos y bajos niveles, estados de apertura/cierre de las válvulas automáticas, motores y resistencias calefactores, mediante luces de 24 v cc de colores adecuados. Es el alma del control del proceso pues el operador se hace una idea global de los elementos puestos en acción. Será la base del control Scada futuro.
- 2) Luces de conjuntos de submaniobras dentro de los subprocesos de pretratamiento, reacción y lavado.
- 3) Elementos digitales externos al autómatas como indicadores, temporizadores, controladores de temperatura compartidos por los subprocesos de producción.

- 4) Selectores de maniobra para elegir el tipo de marcha , el tipo de subproceso y el tipo de materia prima. Dispone de luces indicadoras del estado seleccionado, además de luces de estado general de maniobras ( Marcha, Maniobra Nula, Final de Maniobra). Incluye también los pulsadores de marcha general, paro general y validación de maniobras para la automatización.
- 5) Pulsadores individuales de marcha y parada manual e individual de motores, resistencias, válvulas, con paro general para todos.
- 6) Indicadores de estado de relés térmicos de motores y resistencias, interruptor es diferenciales y magnetotérmicos generales.
- 7) Pulsador de emergencia, bocina y luces de señalización.
- 8) Ventana de visualización del estado de funcionamiento del PLC, para ver la luz de RUN, STOP, ERROR, COM., sin necesidad de abrir el cuadro y conectores comunicación con PLC y elementos control.
- 9) Llave de permiso del proceso de automatización.

### **3.4. SEGURIDAD**

La versión manual de la planta ya debe incluir una serie de medidas de seguridad como:

- *Localización de la planta en un lugar adecuado* : Sin exposición al sol, ventilación natural y forzada adecuada (ventiladores portátiles), temperatura recomendada de 10°C a 25°C.
- *Equipamiento para la extinción de incendios*: Extintores de polvo químico seco y CO<sub>2</sub>.
- *Cuadro eléctrico sencillo y seguro* (estanco) para la operación manual de bombas y resistencias.

- *Diseño y aislamiento seguro del tanque de metanol*, siguiendo la normativa de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- *Prevención de la formación de cargas estáticas* en el sistema mediante la conexión a tierra de los elementos en los que sea necesario; bomba de metanol, motores mezcladores/agitadores antideflagrantes, tanques de almacenamiento...
- *Utilización de equipos eléctricos clasificados para trabajar en atmósferas potencialmente explosivas*.
- *Manipulación correcta y responsable de la planta*, así como equipamiento de seguridad correspondiente al cargar los reactivos o manipular elementos eléctricos de la planta.

Independientemente de estas medidas, la implantación del sistema de automatización requiere la revisión de éstas, y la implantación de medidas adicionales, acordes a las características y los peligros potenciales que podrían ocasionar el funcionamiento de los nuevos equipos a instalar.

La seguridad adoptada en el sistema de automatización, y justificada en el apartado 2.12 del anexo A0, se basa en tres pilares fundamentales:

- *La prevención contra descargas eléctricas, sobrecargas y cortocircuitos*, llevada a cabo por los interruptores diferencial, magnético y térmicos.
- *El carácter antideflagrante de la instalación y sus conexiones a tierra*. Ambas medidas reducen al mínimo la presencia de chispas; Toda la instrumentación en la parte operacional de la planta está clasificada para las atmósferas explosivas de acuerdo con las características del gas objeto, el metanol. Respecto a la parte de control, se halla aislada del exterior gracias a un cajón metálico estanco antideflagrante.

- *El control de la concentración de metanol en el aire.* El sensor de metanol y el PLC gestionan la señalización de la emergencia y el paro de la planta en el caso de que se alcancen concentraciones peligrosas de metanol en el medio lo que podría desembocar en atmósferas explosivas y/o tóxicas.

## **II. ANEXO A0, DE CÁLCULO Y JUSTIFICATIVO**

## INDICE ANEXO DE CALCULO Y JUSTIFICATIVO

	<b>Pag.</b>
<b>1. Diseño básico de la Planta Piloto versión manual.....</b>	<b>1</b>
1.1. Balances de materia.....	1
1.1.1. Producción con aceites nuevos.....	1
1.1.2. Producción con aceites usados.....	10
1.2. Balances de energía.....	19
1.2.1. Producción con aceites nuevos.....	19
1.2.2. Producción con aceites usados.....	23
1.3. Dimensionamiento de tanques.....	31
1.4. Cálculo de los parámetros característicos de los elementos de impulsión de fluidos.....	39
1.5. Selección de equipos.....	50
1.5.1. Tanques .....	50
1.5.2. Conducciones .....	55
1.5.3. Elementos de impulsión de fluidos.....	56
1.5.4. Resistencias calefactoras.....	59
1.5.5. Mezcladores / agitadores.....	63
<b>2. Diseño del control y automatización de la planta piloto.....</b>	<b>66</b>
2.1. Estudio general del proceso: Maniobras y control de variables.....	67
2.1.1. Maniobras de producción de biodiesel.....	67
2.1.2. Formas de control y regulación de variables del sistema.....	81
2.2. Definición de partes operacional y de control.....	87
2.3. Selección del autómata .....	93
2.4. Programación.....	98
2.4.1. Gráficos Gemma y Grafcet generales del proceso.....	99

2.4.2. Producción normal en mando automático.....	108
2.4.3. Paradas de emergencia.....	126
2.4.4. Diagnóstico y/o tratamiento de fallos.....	131
2.4.5. Paradas solicitadas en un estado determinado.....	132
2.4.6. Mando manual y semiautomático.....	133
2.4.7. Tratamiento de defectos.....	138
2.5. Consideraciones generales previas al paso Grafcet-Lenguaje de Contactos (Ladder) .....	139
2.6. Paso de Grafcet a Lenguaje Ladder.....	150
2.7. Depuración de errores y mejora del programa.....	151
2.8. Selección de equipos para la automatización.....	152
2.9. Cálculos eléctricos básicos.....	155
2.10. Cableado e instalación de protección.....	159
2.11. Cálculo de la temperatura interior del cuadro de mando y control.....	161
2.12. Medidas de seguridad en el sistema de automatización.....	162

## 1. DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA PILOTO VERSIÓN MANUAL

### 1.1. BALANCES DE MATERIA

#### 1.1.1. PRODUCCION CON ACEITES NUEVOS

##### A) REACTIVOS Y PRODUCTOS: CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES

Antes de comenzar con los balances de materia se presentan las características y composiciones de las materias primas, reactivos, productos y subproductos que van a estar presentes durante el desarrollo del proceso.

##### A.1 ) ACEITE

El aceite constituye la materia prima principal de este proceso. Se trata de aceite de girasol de una acidez de un 0,2% en peso. Se harán las siguientes consideraciones :

- El aceite está compuesto solamente por sus componentes mayoritarios, es decir, triglicéridos (T.G) y ácidos grasos libres(A.G.L).
- Las moléculas de T.G son de un mismo ácido graso.
- Los pesos moleculares medios para el conjunto de T.G y para el conjunto de A.G.L dependerán de las composiciones porcentuales de los distintos ácidos grasos que constituyen el aceite.

Tabla 1.1: Composición del aceite en AGL

Acido graso	Composición	P molecular(g/mol)	P molecular T.G(g/mol)
Palmítico	0,06	256,42	808,26
Esteárico	0,042	284,5	892,5
Oleico	0,187	282,44	886,32
Linoleico	0,697	280,43	880,29
Otros	0,005	326	1017

Utilizando la información contenida en la tabla 1.1 los pesos moleculares medios son por tanto :

- *Acidos grasos libres :*

$$\begin{aligned} \text{Pm A.G.L} &= 0,06.256,42 + 0,042. 284,5 + 0,187. 282,44 + 0,697. 280,43 + 0,005.326 = \\ &= \mathbf{277,240 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

- *Triglicéridos :*

$$\begin{aligned} \text{Pm T.G} &= 0,06.808,26 + 0,042. 892,5 + 0,187. 886,32 + 0,697. 880,29 + 0,005.1017 = \\ &= \mathbf{870,370 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

El peso molecular del aceite será una contribución ponderada de los pesos moleculares medios de los TG y los AGL presentes en el aceite. Para un contenido de un 2% en peso en AGL :

$$\begin{aligned} \text{Pm Aceite} &= 0,02. \text{PmAGL} + 0,98. \text{Pm TG} = 0,02. 277,240 + 0,98 . 870,370 = \\ &= \mathbf{858,507 \text{ g/ mol}} \end{aligned}$$

En cuanto a su densidad se considerará a una temperatura de unos 25°C, no variando significativamente en nuestros intervalos de temperatura de operación :

$$d (25^\circ\text{C}) = 0,925 \text{ kg / l}$$

## **A.2) ESTERES METILICOS (BIODIESEL)**

Es el producto buscado. El peso molecular medio del biodiesel está calculado considerando que los ésteres que lo integran el biodiesel están en la misma proporción que los ácidos grasos lo estaban en el aceite de girasol.

**Tabla 1.2: Composición del aceite en AGL**

<b>Ester</b>	<b>Composición</b>	<b>P molecular(g/mol)</b>
Palmitato	0,06	296,44
Estearoato	0,042	294,43
Oleato	0,187	270,42
Linoleato	0,697	298
Otros	0,005	340

Así el peso molecular medio del biodiesel es :

$$\begin{aligned} Pm_{BioD} &= 0,06. 296,44 + 0,042. 294,43 + 0,187. 270,42 + 0,697. 298 + 0,05.340 = \\ &= \mathbf{291,093 \text{ g/ mol}} \end{aligned}$$

La densidad del biodiesel tomada para los cálculos es aquella a 25°C :

$$d (25^\circ\text{C}) = 0,875 \text{ kg /l}$$

### **A.3 ) METANOL :**

Reactivo fundamental añadido en exceso para las reacciones de esterificación y la transesterificación. Se utilizará purísimo por lo que la pureza se considera del 100%. Su peso molecular y densidad a 25°C son :

$$Pm_{\text{metanol}} = 32 \text{ g/mol}$$

$$d (25^\circ\text{C}) = 0,79 \text{ kg /l}$$

### **A.4) HIDROXIDO SODICO :**

Utilizado para preparar el metóxido sódico. Su pureza es el 98 % .Por otra parte si el hidróxido estuviera muy carbonatado se añade un 25% en masa más del indicado en el

balance. Su peso molecular es de 40 g / mol. A pesar de ser un catalizador parte se consume en las reacciones secundarias.

#### **A.5) GLICERINA :**

Producto mayoritario, junto al éster metílico, de las reacciones de esterificación y transesterificación . Sus características son :

$$Pm \text{ Glicerina} = 92,1 \text{ g/mol}$$

$$d (25^{\circ}\text{C}) = 1,261 \text{ kg / l}$$

#### **A.6) JABON :**

Subproducto originado por la presencia de agua. Su peso molecular se calcula de la misma manera que el del biodiesel pero las moléculas consideradas son jabones.

$$Pm \text{ Jabón} = 312,86 \text{ g / mol}$$

#### **A.7) ACIDO ORTOFÓSFORICO**

Utilizado para neutralizar el pH de los éster metílicos en el primer lavado. Se utiliza diluido a un 10% [26].

### **B) BALANCES DE MATERIA : CÁLCULOS**

Como se ha comentado anteriormente el proceso parte de aceite de girasol nuevo con una acidez libre del 0,2%. Los balances de materia serán calculados con una base de cálculo de partida de 1 l de aceite y después se recalcularán los datos para nuestro sistema. Trabajaremos

con unidades molares pero en los cuadros resumen también irán reflejadas sus masas correspondientes.

Siguiendo las consideraciones respecto al aceite, éste está constituido solamente por sus componentes principales que son los triglicéridos y los ácidos grasos libres. Conociendo la densidad del aceite a temperatura ambiente y su composición podemos determinar las masas de triglicéridos y AGL en un litro de aceite. Después con los pesos moleculares correspondientes se calcula el número de moles de los componentes considerados:

$$\text{Masa de aceite} = 1 \text{ l Ac} \cdot (925 \text{ g / l Ac}) = 925 \text{ g}$$

$$\text{Masa en triglicéridos} = 0,98 \cdot 925 = 923,15 \text{ g} \rightarrow n \text{ TG} = 1,0606 \text{ mol}$$

$$\text{Masa en AGL} = 1,85 \text{ g} \rightarrow n \text{ AGL} = 6,673 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

## **B.1 ) BALANCE AL REACTOR TR :**

### **B.1.1) REACCIÓN :**

Durante el proceso de transesterificación los triglicéridos reaccionan con el metóxido sódico para dar biodiesel y glicerina como subproducto. La base de cálculo es 1 L de aceite nuevo. Se realizan las siguientes premisas y consideraciones adicionales a las ya hechas:

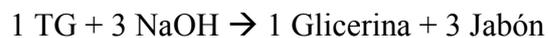
- La cantidad de metanol aportada al reactor será la estequiométrica más 100% en exceso.
- El volumen de reacción permanece constante.
- La conversión alcanzada en la reacción será del 98% debido a las características del aceite no usado y a las condiciones de operación con las que se trabaja<sup>[14], [26], [27]</sup> La fracción de triglicéridos no convertida, estará constituida por glicéridos (mono-, di-, tri-) aunque la consideraremos como triglicéridos.

- Tendrán lugar otras reacciones secundarias : la neutralización de ácidos grasos libres iniciales y la saponificación de los triglicéridos no convertidos en la reacción de transesterificación.
- Se considerará que la neutralización se da de manera completa pero no así la saponificación de triglicéridos no convertidos, ya que depende de la cantidad de agua presente en el sistema y esta es reducida. Por tanto, se considerará una conversión del 30% para esta reacción.
- La cantidad de catalizador NaOH utilizado será de 3,5 g / L aceite, lo que vienen a ser 3,43 g puro /L aceite o 0,0856 mol /L aceite al hacer el balance.
- Reacciones :

Transesterificación : 98% conversión



Saponificación : 30% conversión



Neutralización : Completa



La ecuación general para el balance de materia es :

$$(\mathbf{A}) = (\mathbf{E}) - (\mathbf{S}) + (\mathbf{G}) - (\mathbf{C})$$

Al ser un reactor discontinuo consideraremos la (E) como estado inicial y la (S) como estado final.

1) Triglicéridos :  $(S) = (E) - (C) = 1,0606 - (0,98 \cdot 1,0606 + 0,3 \cdot 0,02 \cdot 1,0606) = 0,0148 \text{ mol}$

2) Ácidos grasos libres :  $(S) = (E) - (C) = 0 \text{ mol}$

3) Metanol :  $(S) = (E) - (C) = (6,236) - (3 \cdot 0,98 \cdot 1,0606) = 3,118 \text{ mol}$

4) Esteres metílicos :  $(S) = (G) = 3 \cdot 0,98 \cdot 1,0606 = 3,118 \text{ mol}$

5) Glicerina :  $(S) = (G) = (0,98 \cdot 1,0606) + (0,3 \cdot 0,02 \cdot 1,0606) = 1,046 \text{ mol}$

6) Hidróxido sódico :  $(S) = (E) - (C) = 0,0856 - (6,673 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,02 \cdot 1,0606) =$   
 $= 0,0598 \text{ mol}$

7) Agua :  $(S) = (G) = 6,673 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

8) Jabón :  $(S) = (G) = (3 \cdot 0,3 \cdot 0,02 \cdot 1,0606) + 6,673 \cdot 10^{-3} = 0,0257 \text{ mol}$

Resumiendo, tomando como base de cálculo 1 litro de aceite nuevo de girasol las especies resultantes se presentan en la tabla 1.3:

**Tabla 1.3 : Balance de materia por cada litro de aceite procesado**

	ENTRADA		SALIDA	
	mol	g	mol	g
<b>Triglicéridos</b>	1,0606	923,15	0,0148	12,881
<b>Ácidos grasos</b>	$6,673 \cdot 10^{-3}$	1,85	-----	-----
<b>Hidróxido sódico</b>	0,0856	3,5 (98%)	0,0598	2,472
<b>Metanol</b>	6,236	199,552	3,118	99,776
<b>Esteres metílicos</b>	-----	-----	3,118	907,628
<b>Glicerina</b>	-----	-----	1,046	96,33
<b>Jabón</b>	-----	-----	0,0257	8,04
<b>Agua</b>	-----	-----	$6,673 \cdot 10^{-3}$	0,12

El reactor tendrá un volumen de 100 litros y el volumen de reacción 85 litros. Para procesar un litro de aceite nuevo hacen falta 199,552 g de metanol lo que vienen a ser 0,256 litros de metanol. Por tanto:

$$V_{\text{operación}} = 85 = V_{\text{aceite}} + V_{\text{metanol}} = V_{\text{aceite}} + 0.256 \cdot V_{\text{aceite}}$$

Despejando :

$$V_{\text{aceite}} = 67,675 \text{ litros}$$

$$V_{\text{metanol}} = 17,325 \text{ litros}$$

Por tanto, por cada lote de aceite tratado harán falta cargar un volumen de aceite de 67,675 litros. Escalando los balances de materia para cada lote procesado:

**Tabla 1.4 : Balance de materia al reactor (transesterificación)**

	ENTRADA		SALIDA	
	mol / lote	Kg / lote	mol / lote	Kg / lote
<b>Triglicéridos</b>	71,776	62,474	1,001	0,871
<b>Ácidos grasos</b>	0,452	0,125	-----	-----
<b>Hidróxido sódico</b>	5,792	0,236 (98%)	4,047	0,167
<b>Metanol</b>	422,02	13,505	211,011	6,752
<b>Esteres metílicos</b>	-----	-----	211,011	61,423
<b>Glicerina</b>	-----	-----	70,788	6,519
<b>Jabón</b>	-----	-----	1,739	0,544
<b>Agua</b>	-----	-----	0,452	8,121

### B.1.2) DECANTACIÓN :

Después de la reacción viene un periodo de decantación donde la mezcla reaccionante queda dividida en dos fases: ligera y pesada. La ligera está compuesta mayoritariamente por esterres metílicos y la pesada por glicerina. El resto de compuestos presentes se reparten en ambas fases. Este reparto es difícil de cuantificar. Se estudia el reparto de los tres

componentes mayoritarios: ésteres, glicerina y metanol. El reparto del resto de los componentes es desconocido.

Según la bibliografía <sup>[19]</sup>, para una mezcla éster metílico- glicerina con una relación 90:10 en peso el metanol se reparte en ambos en una relación 60:40 en peso. La cantidad de metanol a la salida es 6,752 Kg/lote. Por tanto:

$$\text{Metanol presente en fase éster} : 6,752 \text{ Kg} \cdot 0,60 = 4,051 \text{ Kg}$$

$$\text{Metanol presente en fase glicerina: } 6,752 \text{ Kg} \cdot 0,40 = 2,7 \text{ Kg}$$

Para calcular las masas de ambas fases es necesario conocer la proporción del resto de componentes en las mismas. Esto no es determinable a menos que se haga un análisis de ambas fases para determinarla. En cambio, se realizaron algunas experiencias de producción de biodiesel en el “Laboratorio de Biorrecursos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz” para determinar los volúmenes de fase ligera y pesada obtenidos. Los resultados de estas experiencias arrojaron que la proporción de los volúmenes fase ligera y fase pesada guardaban una relación de 90:10 en volumen, lo que concuerda con la bibliografía <sup>[19]</sup>.

$$V_{\text{fase ligera}} = 0,9 \cdot V_{\text{operación}} = 0,9 \cdot 85 = 76,5 \text{ litros}$$

$$V_{\text{fase pesada}} = 85 - 76,5 = 8,5 \text{ litros}$$

La concentración de metanol en la fase ligera es por tanto :

$$[\text{MeOH}]_{\text{fase ligera}} = 4,051 / 76,5 = 0,0529 \text{ Kg / L}$$

## **B.2) BALANCE AL POSTRATAMIENTO:**

### **B.2.2) LAVADO :**

La fase ligera se trasvasa al tanque de lavado para su tratamiento con agua. Este consta de tres lavados sucesivos, descargando el agua sucia al final de cada lavado. En el primer

lavado se ajusta el pH con ácido ortofosfórico. En cada uno de ellos se añade 1/3 del volumen de fase ligera a tratar.

$$V_{\text{agua}} = 1/3 \cdot V_{\text{fase ligera}} = 25,55 \text{ litros por cada lavado}$$

$$\text{Después de tres lavados : } V_{\text{agua utilizada}} = 76,5 \text{ litros}$$

El agua se lleva la mayor parte de los jabones, catalizador y metanol que estaban presentes en la fase ligera y los iones fosfato del ácido ortofosfórico, quedando esencialmente éster metílico y algo de metanol. El volumen final es prácticamente el mismo. Aunque no pueden estimarse las composiciones del resto de compuestos remanentes en el éster (biodiesel), éstas no son relevantes ya que numerosos análisis <sup>[26]</sup> se realizaron para este método de producción, y el biodiesel cumplió al menos un 70% de los estándares de biodiesel, lo que hace este combustible apto para su uso en maquinaria agrícola previo secado.

### **B.2.2) SECADO :**

Una vez lavado el biodiesel éste se trasvasa fuera del sistema y se deja secar un tiempo para que se evapore el metanol que quedó en el mismo. La masa final de biodiesel obtenida viene a ser prácticamente la resultante de la reacción :

$$m_{\text{biodiesel obtenido}} = 61,423 \text{ Kg / lote}$$

## **1.1.2. PRODUCCIÓN CON ACEITES USADOS**

### **A) REACTIVOS Y PRODUCTOS: CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES**

Se seguirá un esquema similar al seguido en los balances del programa 1. En este caso los reactivos y productos que entran en juego en la reacción son los mismos a la producción a partir de aceites nuevos excepto que ahora el aceite es usado y se añade ácido sulfúrico concentrado en uno de los pasos del proceso.

### **A.1 ) ACEITE USADO**

Se trata de aceite de girasol usado con una acidez de un 10% en peso. Se harán las siguientes consideraciones:

- El aceite usado sin pretratar en el momento de su recepción en el tanque de pretratamiento , contiene un 1% de sólidos, un 7% de agua y un 0,5% de ceras.
- Los compuestos de degradación del aceite usado son asimilados a los triglicéridos y se asume que serán esterificados y transesterificados.
- El resto de características, como el peso molecular, densidad y composiciones, y consideraciones adoptadas para este aceite serán idénticas a las adoptadas para el aceite nuevo en la producción de aceites nuevos (Apartado 1.1.1)

### **A.2) ACIDO SULFURICO**

El ácido sulfúrico utilizado posee un 95% de pureza y actúa como catalizador en la fase de esterificación ácida. Su densidad a temperatura ambiente es 1,834 Kg/L y su peso molecular 98,1 g/mol.

### **B) BALANCES DE MATERIA**

El volumen de aceite a tratar en el proceso viene dado por la relación entre los volúmenes de aceite y metanol utilizados en la reacción, así como por el volumen del reactor (ver BM del programa 1). En el programa 1 la cantidad de metanol es la cantidad estequiométrica más un 100% en exceso, o sea, 0,256 L metanol/L aceite. En el programa 2 que sigue el método de Alec Kakacs la cantidad a utilizar es de 0,2 L metanol/ L aceite. Sabiendo esto se calcula el volumen de aceite pretratado (aceite p) necesario para la reacción :

$$V_{\text{operación}} = 85 = V_{\text{aceite p}} + V_{\text{metanol}} = V_{\text{aceite p}} + 0.2 \cdot V_{\text{aceite}}$$

Despejando :

$$V_{\text{aceite p}} = 70,83 \text{ litros}$$

$$V_{\text{metanol}} = 14,167 \text{ litros}$$

### **B.1 ) BALANCE AL TANQUE DE PRETRATAMIENTO:**

Teniendo en cuenta el volumen de aceite necesario en el reactor y las consideraciones tomadas para el aceite usado se calcula el peso de aceite sin pretratar que es necesario añadir al tanque de pretratamiento.

Primero se calcula la masa de aceite pretratado necesario y después de aceite usado :

$$V_{\text{aceite p}} = 70,83 \text{ litros} \rightarrow m_{\text{aceite p}} = 0,925 \cdot 70,83 = 65,518 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{aceite usado}} &= m_{\text{aceite p}} + m_{\text{sólidos}} + m_{\text{agua}} + m_{\text{ceras}} = \\ &= m_{\text{aceite p}} + 0,01 \cdot m_{\text{aceite p}} + 0,07 \cdot m_{\text{aceite p}} + 0,005 \cdot m_{\text{aceite p}} = \\ &= (1,085) \cdot 65,518 = \mathbf{73,1 \text{ Kg / lote}} \end{aligned}$$

En el pretratamiento, por tanto, entre el primer filtrado, la sedimentación y el segundo filtrado se retiran :

$$m_{\text{mermas}} = m_{\text{sólidos}} + m_{\text{agua}} + m_{\text{ceras}} = 7,582 \text{ Kg}$$

### **B.2) BALANCE AL REACTOR :**

#### **B.2.1) REACCION**

El proceso de reacción parte de aceite pretratado proveniente del tanque de pretratamiento, con una acidez libre del 10%. Los balances de materia serán calculados con

una *base de cálculo* de partida de *1 L de aceite* y después se recalcularán los datos para nuestro sistema. Trabajaremos con unidades molares pero en los cuadros resumen también irán reflejadas sus masas correspondientes.

Siguiendo las consideraciones respecto al aceite, éste está constituido solamente por sus componentes principales que son los triglicéridos y los ácidos grasos libres. Conociendo la densidad del aceite a temperatura ambiente y su composición podemos determinar las masas de triglicéridos y AGL en un litro de aceite. Después con los pesos moleculares correspondientes se calcula el número de moles de los componentes considerados:

$$\text{Masa de aceite} = 1 \text{ L Ac} \cdot (925 \text{ g} / 1 \text{ Ac}) = 925 \text{ g}$$

$$\text{Masa en triglicéridos} = 0,9 \cdot 925 = 832,5 \text{ g} \rightarrow n \text{ TG} = 0,956 \text{ mol}$$

$$\text{Masa en AGL} = 92,5 \text{ g} \rightarrow n \text{ AGL} = 3,336 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

### ➤ 1ª FASE : ESTERIFICACIÓN ÁCIDA:

Esta fase tiene un objetivo claro: esterificar parte de los ácidos grasos libres del aceite para evitar la formación de agua y saponificación en la posterior fase de transesterificación.

Se partirá a partir de las premisas iniciales:

- Se añadirá *0,08 L metanol / L aceite* y *1 ml/ L aceite*<sup>[26]</sup> de ácido sulfúrico concentrado. Con las densidades, la pureza y el peso molecular se calculan el número de moles para los balances. Para 1 L de aceite:

$$n_{\text{metanol}} = (V \cdot \rho_{\text{metanol}}) / Pm_{\text{metanol}} = (0,08 \cdot 790) / 32 = 1,975 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{sulfurico}} &= (V \cdot \rho_{\text{metanol}} \cdot \text{pureza}) / Pm_{\text{metanol}} = (10^{-3} \cdot 790 \cdot 0,95) / 98,1 = \\ &= 0,0177 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Se considerará que la esterificación ácida reducirá la acidez del aceite de un 10% a un 2% en peso. Algo que concuerda con la bibliografía<sup>[15]</sup>. Eso se traduce en que la reacción de esterificación tendrá una conversión del 80%<sup>[13]</sup>.
- Paralelamente tiene lugar la reacción de transesterificación ácida de triglicéridos. Esta es muy lenta por lo que consideraremos que sólo se transesterifican una cuarta parte de los triglicéridos. Esta consideración puede realizarse porque, en cualquier caso, casi todos los triglicéridos serán transesterificados en la siguiente fase por lo que el balance global no se verá afectado significativamente.
- Reacciones :

*Esterificación ácida* : 80 % conversión. Catalizada por ácido sulfúrico.



*Transesterificación ácida* : 25 % conversión. Catalizada por ácido sulfúrico.



La ecuación general para el balance de materia es :

$$(A) = (E) - (S) + (G) - (C)$$

1) *Triglicéridos* :  $(S) = (E) - (C) = 0,956 - (0,25 \cdot 0,956) = 0,717 \text{ mol}$

2) *Acidos grasos libres* :  $(S) = (E) - (C) = 0,334 - (0,80 \cdot 0,334) = 0,067 \text{ mol}$

3) *Metanol* :  $(S) = (E) - (C) = 1,975 - (3 \cdot 0,25 \cdot 0,956 + 0,80 \cdot 0,334) = 0,991 \text{ mol}$

4) *Esteres metílicos* :  $(S) = (G) = (3 \cdot 0,25 \cdot 0,956 + 0,80 \cdot 0,334) = 0,984 \text{ mol}$

5) *Glicerina* :  $(S) = (G) = 0,25 \cdot 0,956 = 0,239 \text{ mol}$

7) Agua : (S) = (G) =  $0,80 \cdot 0,334 = 0,267$  mol

8) Acido sulfúrico : (E) = (S) = 0,0177 mol

Resumiendo (para 1 litro de aceite usado pretratado) :

**Tabla 1.5 : Balance de materia por cada litro de aceite procesado (esterificación ácida)**

	ENTRADA 1		SALIDA 1	
	mol	g	mol	g
<b>Triglicéridos</b>	0,956	832,073	0,717	624,055
<b>Ácidos grasos</b>	0,334	92,598	0,067	18,575
<b>Metanol</b>	1,975	63,2	0,991	31,712
<b>Esteres metílicos</b>	-----	-----	0,984	286,435
<b>Glicerina</b>	-----	-----	0,239	22,012
<b>Agua</b>	-----	-----	0,267	4,806
<b>Sulfúrico</b>	0,0177		0,0177	1,736

➤ **2ª FASE : TRANSESTERIFICACIÓN BÁSICA :**

Esta segunda fase se divide en dos pasos: neutralización inicial del catalizador ácido de la primera fase y transesterificación básica de la mezcla. En cualquier caso se considerarán todas en el mismo balance.

Se realizan las siguientes premisas y consideraciones adicionales a las ya hechas:

- Se añadirá  $0,12$  L metanol / L aceite <sup>[26]</sup> en esta fase. Con las densidades, la pureza y el peso molecular se calculan el número de moles para los balances. Para 1 L de aceite:

$$n_{\text{metanol}} = (V \cdot \rho_{\text{metanol}}) / Pm_{\text{metanol}} = (0,12 \cdot 790) / 32 = 2,963 \text{ mol}$$

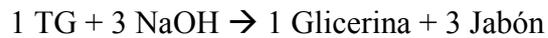
- Reacciones :

*Transesterificación : 98% conversión*

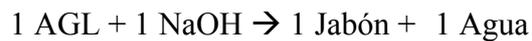


*Saponificación de triglicéridos no convertidos en la transesterificación:*

30% conversión



*Neutralización AGL : Completa*



*Neutralización catalizador ácido : Completa*



- Según la bibliografía <sup>[26], [27]</sup>, la cantidad de catalizador NaOH utilizado debe ser 3,1 g/L de aceite. Sin embargo, siguiendo las consideraciones realizadas acerca de las conversiones de las reacciones secundarias, y teniendo en cuenta que se deben neutralizar los restos de ácido sulfúrico de la fase anterior se ha creído necesario un pequeño exceso, utilizándose 5 g / L de aceite, lo que vienen a ser 4,9 g puro /L aceite o 0,123 mol /L aceite al hacer el balance.
- El volumen de reacción permanecerá constante.

La ecuación general para el balance de materia es:

$$(A) = (E) - (S) + (G) - (C)$$

$$1) \text{ Triglicéridos : } (S) = (E) - (C) = 0,717 - (0,98 \cdot 0,717 + 0,3 \cdot 0,02 \cdot 0,717) = 0,01 \text{ mol}$$

2) *Acidos grasos libres* :  $(S) = (E) - (C) = 0,067 - 0,067 = 0 \text{ mol}$

3) *Metanol* :  $(S) = (E) - (C) = (0,991+2,963) - (3 \cdot 0,98 \cdot 0,717) = 1,846 \text{ mol}$

4) *Esteres metílicos* :  $(S) = (E) + (G) = 0,984 + 3 \cdot 0,98 \cdot 0,717 = 3,092 \text{ mol}$

5) *Glicerina* :  $(S) = (E) + (G) = 0,239 + (0,98 \cdot 0,717) + (0,3 \cdot 0,02 \cdot 0,717) = 0,946 \text{ mol}$

6) *Hidróxido sódico* :  $(S) = (E) - (C) = 0,123 - (0,0177 + 0,067 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,02 \cdot 0,717) =$   
 $= 0,0254 \text{ mol}$

7) *Agua* :  $(S) = (E) + (G) = 0,267 + (0,067 + 0,0177) = 0,352 \text{ mol}$

8) *Jabón* :  $(S) = (G) = 0,067 + (3 \cdot 0,3 \cdot 0,02 \cdot 0,717) = 0,08 \text{ mol}$

9) *Acido sulfúrico* :  $(S) = (E) - (C) = 0 \text{ mol}$

10) *Sulfato sódico* :  $(S) = (G) = 0,0177 \text{ mol}$

Resumiendo, tomando como base de cálculo 1 litro de aceites usados pretratados las especies resultantes se presentan en la siguiente tabla :

**Tabla 1.6 : Balance de materia por cada litro de aceite procesado (transesterificación ácida)**

	ENTRADA 2		SALIDA 2	
	mol	g	mol	g
<b>Triglicéridos</b>	0,717	624,055	0,01	8,704
<b>Ácidos grasos</b>	0,067	18,575	-----	-----
<b>Hidróxido sódico</b>	0,123	5 (98%)	0,0254	1,016
<b>Metanol</b>	3,954	126,528	1,846	59,072
<b>Esteres metílicos</b>	0,984	286,435	3,092	900,060
<b>Glicerina</b>	0,239	22,012	0,946	87,127
<b>Jabón</b>	-----	-----	0,08	25,029
<b>Agua</b>	0,267	4,806	0,352	6,336
<b>Sulfúrico</b>	0,0177	1,736	-----	-----
<b>Sulfato sódico</b>	-----	-----	0,0177	2,513

A continuación se muestra el balance global, escalado para cada lote de aceite procesado ( $V_{\text{aceite p}} = 70,83 \text{ L/lote}$ ), con todos los reactivos de entrada y los productos de salida y teniendo en cuenta ambas reacciones:

**Tabla 1.7 : Balance de materia por cada lote de aceite procesado en el reactor**

	ENTRADA GLOBAL		SALIDA GLOBAL	
	mol / lote	Kg/lote	mol/lote	Kg/lote
<b>Triglicéridos</b>	67,713	58,935	0,708	0,616
<b>Ácidos grasos</b>	23,657	6,558	-----	-----
<b>Hidróxido sódico</b>	8,712	0,354 (98%)	1,799	0,072
<b>Metanol</b>	349,759	11,192	131	4,184
<b>Esteres metílicos</b>	-----	-----	219,006	63,751
<b>Glicerina</b>	-----	-----	67,005	6,171
<b>Jabón</b>	-----	-----	5,666	1,772
<b>Agua</b>	-----	-----	24,932	0,448
<b>Sulfúrico</b>	0,0177	1,736	-----	-----
<b>Sulfato sódico</b>	-----	-----	1,254	177,996

### B.2.2) DECANTACIÓN :

Siguiendo la misma dinámica que en los balances para la producción con aceites nuevos, se determinan los volúmenes de las fases ligera y pesada y la cantidad de metanol presente en cada una de ellas:

$$\text{Metanol presente en fase éster} : 4,184 \text{ Kg} \cdot 0,60 = 2,51 \text{ Kg}$$

$$\text{Metanol presente en fase glicerina: } 4,184 \text{ Kg} \cdot 0,40 = 1,674 \text{ Kg}$$

$$V_{\text{fase ligera}} = 0,9 \cdot V_{\text{operación}} = 0,9 \cdot 85 = 76,5 \text{ litros}$$

$$V_{\text{fase pesada}} = 85 - 76,5 = 8,5 \text{ litros}$$

La concentración de metanol en la fase ligera es por tanto :

$$[\text{MeOH}]_{\text{fase ligera}} = 2,51 / 76,5 = 0,0328 \text{ Kg / L}$$

### **B.3 ) BALANCE AL POSTRATAMIENTO :**

#### **B.3.1) LAVADO :**

Ver “Lavado” en apartado 1.1.1.

#### **B.3.2) SECADO :**

Una vez lavado el biodiesel éste se trasvasa fuera del sistema y se deja secar un tiempo para que se evapore el metanol que quedó en el mismo. La masa final de biodiesel obtenida viene a ser prácticamente la resultante de la reacción :

$$m_{\text{biodiesel obtenido}} = 63,751 \text{ Kg / lote}$$

## **1.2. BALANCES DE ENERGIA**

### **1.2.1. PRODUCCIÓN CON ACEITES NUEVOS**

#### **A) CALENTAMIENTO DEL VOLUMEN DE ACEITE CARGADO**

En primer lugar se calcula el calor necesario para aumentar la temperatura del aceite (triglicéridos y ácidos grasos libres) desde una temperatura ambiente de unos 15°C, hasta la temperatura de reacción, es decir, unos 55°C. Para ello se utiliza la expresión del calor sensible <sup>[5]</sup>:

$$\Delta H_{\text{aceite}} = \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i}$$

A continuación se sustituyen los valores calculados en los balances de materia y las capacidades caloríficas que pueden encontrarse en el Anexo A.V. Cabe reseñar que la capacidad calorífica considerada para los triglicéridos es la de la trioleína, para los ácidos grasos libres la del ácido oleico y para los metil ésteres la del oleato de metilo. Por tanto :

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{aceite}} &= 40 \cdot [71,776 \cdot (1717,25) + 0,425 \cdot (533,26)] = 4939934,78 \text{ J / lote} = \\ &= 4939,934 \text{ KJ / lote}\end{aligned}$$

El sistema a su vez tiene pérdidas, que pueden calcularse con el software “ISE Wattage Calculator”(Ver Anexo A.V). Las pérdidas, teniendo en cuenta el aislamiento que lleva el reactor, el tiempo de calentamiento y las demás consideraciones, son :

$$\text{Pérdidas} = 227,7 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

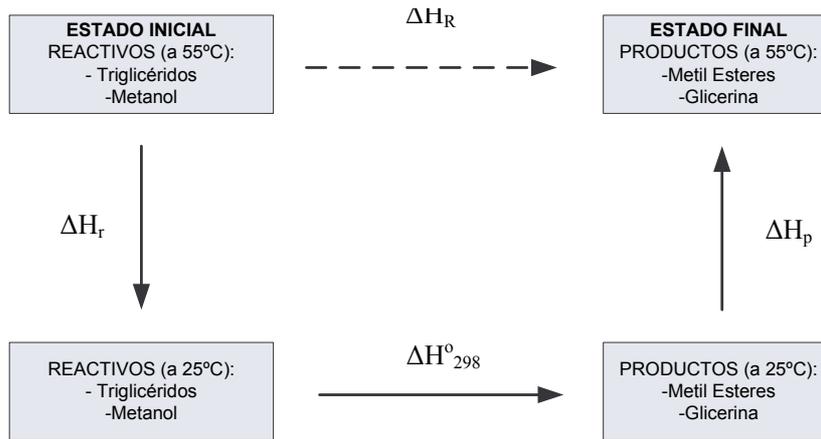
$$Q_{\text{calentamiento}} = 4939,934 + 227,7 = \mathbf{5167,634 \text{ KJ / lote}}$$

## **B) REACCIÓN :**

En la producción de biodiesel a partir de aceites nuevos solo se da la reacción de transesterificación más las reacciones secundarias. Estas últimas no se tomarán en cuenta en este caso, ya que su efecto energético es inapreciable comparado con el de la reacción principal.

La reacción de transesterificación se lleva a cabo a 55°C. Para calcular los requerimientos energéticos totales del fenómeno se ha optado por partir de un estado inicial, donde los reactivos están a una temperatura de unos 55°C, y calcular el calor absorbido o generado por el sistema para que lleguen a un estado final, donde los productos están a una temperatura de 55°C. El camino seguido durante la reacción se presenta en la Figura 1.1 :

Figura 1.1 : Cálculo de la entalpía de transesterificación



Donde  $\Delta H_R$  es el calor total absorbido o generado en la reacción por unidad de mol,  $\Delta H_{298}^{\circ}$  es el calor estándar de reacción, y  $\Delta H_p$  el calor sensible necesario para que los productos pasen de 25°C a 55°C, de manera que [6] :

$$\Delta H_R = \Delta H_r + \Delta H_{298}^{\circ} \cdot (X) + \Delta H_p \quad , \text{ Unidades : KJ/mol}$$

Entonces, el calor absorbido o generado por lote procesado “Q” será :

$$Q = \Delta H'_r + n_{TG} \cdot \Delta H_{298}^{\circ} \cdot (X) + \Delta H'_p \quad , \text{ Unidades : KJ (por lote)}$$

Siendo X la conversión de la reacción de transesterificación, y  $\Delta H'_r$  y  $\Delta H'_p$  los calores sensibles por lote procesado.

• **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_r$  :**

El calor sensible, sustituyendo los valores de los calores específicos que pueden encontrarse en el Anexo A.V, es:

$$\begin{aligned} \Delta H'_r &= \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = -30 \cdot [ 71,776 \cdot (1717,25) + 422,02 \cdot (80,814) ] = - \\ &= 4720873,8 \text{ J/lote} = - 4720,873 \text{ KJ /lote} \end{aligned}$$

• **Cálculo de  $\Delta H^{\circ}_{298}$  (P= 1atm):**

La entalpía estándar de reacción depende de las entalpías de formación de los reactivos y productos que intervienen en la reacción, así como de sus coeficientes estequiométricos:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum_{\text{prod}} \nu_i (\Delta H^{\circ}_f)_i - \sum_{\text{reac}} \nu_i (\Delta H^{\circ}_f)_i$$

Sustituyendo los valores de las entalpías de formación (Anexo A.V):

$$\Delta H^{\circ}_{298} = 3 \cdot (-727,64) + (-669,6) - [3 \cdot (-238,9) + (-2193,7)] = 57,88 \text{ KJ/ mol}$$

• **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_p$ :**

El calor sensible a aportar por lote procesado, sustituyendo los valores de los calores específicos, es:

$$\begin{aligned} \Delta H'_p &= \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = 30 \cdot [1,001 \cdot (1717,25) + 211,011 \cdot (80,814) + \\ &+ 211,011 \cdot (612,2) + 70,788 \cdot (217,27)] = 4899979 \text{ J/lote} = \\ &= 4899,979 \text{ KJ /lote} \end{aligned}$$

Por lo tanto el calor total puesto en juego en la reacción es:

$$Q = -4720,873 + 71,776 \cdot 57,88 \cdot 0,98 + 4899,979 = 4250,413 \text{ KJ/lote}$$

De la misma manera que en el apartado anterior han de incluirse las pérdidas, que para este caso son:

$$\text{Pérdidas} = 453,6 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

$$Q_{\text{reactor}} = 4250,413 + 453,6 = \mathbf{4704,013 \text{ KJ / lote}}$$

### C) AGUA DE LAVADO :

Es recomendable lavar el biodiesel con agua caliente para que la transferencia de materia sea más eficaz. Para ello debe suministrarse agua a 60°C. El calor necesario para pasar agua desde una temperatura ambiente de 15 °C a la temperatura deseada se calcula gracias a la expresión de calor sensible. Por cada 30 litros de agua de lavado el calor necesario es :

$$Q_{\text{agua}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 30 \cdot 1 \cdot 45 = 1350 \text{ Kcal} = 5643 \text{ KJ}$$

Las pérdidas son :

$$\text{Pérdidas} = 68,850 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

$$Q_{\text{agua}} = 5643 + 68,850 = \mathbf{5711,85 \text{ KJ / lote}}$$

Sin embargo, si el agua de la red pudiera ser suministrada ya caliente la cantidad de calor a aportar se reduciría considerablemente.

## 1.2.2. PRODUCCION CON ACEITES USADOS

### A) CALENTAMIENTO DEL ACEITE EN EL TANQUE DE PRETRATAMIENTO

Para el cálculo del calor requerido para calentar el aceite desde 15°C hasta 60°C, se consideran sólo los componentes mayoritarios del aceite usado, que son los triglicéridos, los ácidos grasos libres y el agua. Sus valores calculados pueden encontrarse en los balances de materia y las capacidades caloríficas en el anexo A.V. Cabe reseñar que la capacidad calorífica considerada para los triglicéridos es la de la trioleína, para los ácidos grasos libres la del ácido oleico y para los metil ésteres la del oleato de metilo. Así en calor sensible a aportar por lote procesado es :

$$\Delta H_{\text{aceite}} = \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = 45 \cdot [ 67,713 \cdot (1717,25) + 23,632 \cdot (533,26) + 255,55 \cdot (75,362) ] = 6659,936 \text{ KJ/ lote}$$

Las pérdidas, calculables gracias al software “ISE Wattage Calculator”, en el pretratamiento son :

$$\text{Pérdidas} = 469,8 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

$$Q_{\text{pretratamiento}} = 6659,936 + 469,8 = \mathbf{7129,736 \text{ KJ/ lote}}$$

## **B) REACCIÓN FASE ÁCIDA :**

La fase ácida es la primera fase de la producción de biodiesel a partir de aceites usados. En esta fase se consideran dos reacciones principales : la reacción de esterificación ácida de los ácidos grasos libres y la transesterificación ácida de los triglicéridos.

Se considerará que ambas reacciones se llevan a cabo a 35°C. Para calcular los requerimientos energéticos totales del fenómeno se ha optado por partir de un estado inicial, donde los reactivos están a una temperatura de unos 35°C, y calcular el calor absorbido o generado por el sistema para que lleguen a un estado final, donde los productos están a una temperatura de 35°C.

El camino seguido durante la reacción se presenta en la 1.2, donde  $\Delta H_R$  es el calor total absorbido o generado en la fase ácida por unidad de mol,  $[\Delta H^0_{298}]_{\text{esterificación}}$  y  $[\Delta H^0_{298}]_{\text{transesterificación}}$  son los calores estándar de las reacciones que tienen lugar , y  $\Delta H_p$  el calor sensible necesario para que los productos pasen de 25°C a 35°C, de manera que :

$$\Delta H_R = \Delta H_r + [\Delta H^0_{298}]_{\text{esterificación}} \cdot (X_1) + [\Delta H^0_{298}]_{\text{transesterificación}} \cdot (X_2) + \Delta H_p$$

Unidades : KJ/mol

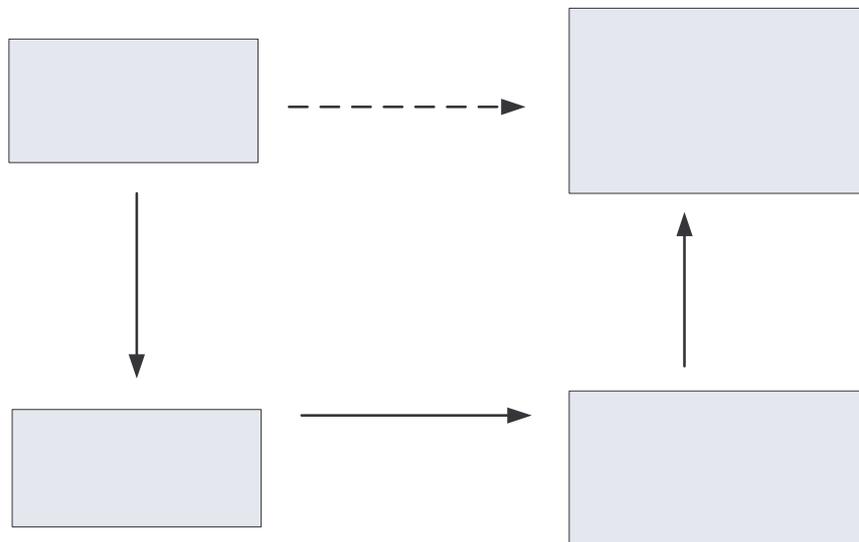
Entonces, el calor absorbido o generado por lote procesado en esta primera fase “Q” será :

$$Q = \Delta H'_r + n_{AGL} \cdot [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{esterificación}} \cdot (X_1) + n_{TG} \cdot [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{transesterificación}} \cdot (X_2) + \Delta H'_p$$

Unidades : KJ (por lote)

Siendo  $X_1$  la conversión de la reacción de esterificación,  $X_2$  la conversión de la reacción de transesterificación y  $\Delta H'_r$  y  $\Delta H'_p$  los calores sensibles por lote procesado en esta etapa ácida.

Figura 1.2 : Cálculo de la entalpía de esterificación ácida



- **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_r$ :**

El calor sensible, sustituyendo los valores de los calores específicos que pueden encontrarse en los anexos (A.V), es:

$$\Delta H'_r = \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = -10 \cdot [ 23,657 \cdot (533,26) + 349,759 \cdot (80,814) + 67,713 \cdot (1717,25) ] =$$

ESTADO INICIAL  
 REACTIVOS (a 35°C):  
 - Triglicéridos  
 - Acidos grasos libres  
 - Metanol

$$= - 1571609 \text{ J/lote} = - 1571,609 \text{ KJ/lote}$$

$\Delta H_R$

- **Cálculo de  $\Delta H^{\circ}_{298}$  Esterificación (P= 1atm):**

La entalpía estándar de reacción depende de las entalpías de formación de los reactivos y productos que intervienen en la reacción, así como de sus coeficientes estequiométricos:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum_{\text{prod}} \nu_i (\Delta H^{\circ}_f)_i - \sum_{\text{reac}} \nu_i (\Delta H^{\circ}_f)_i$$

Sustituyendo los valores de las entalpías de formación (Anexo A.V):

$$\Delta H^{\circ}_{298 \text{ esterificacion}} = (-727,64) + (-669,6) - [(-815,21) + (-238,7)] = -343,33 \text{ KJ/ mol}$$

- **Cálculo de  $\Delta H^{\circ}_{298}$  Transesterificación (P= 1atm):**

Se procede de la misma manera :

$$\Delta H^{\circ}_{298 \text{ transesterificacion}} = 3 \cdot (-727,64) + (-669,6) - [3 \cdot (-238,9) + (-2193,7)] = 57,88 \text{ KJ/ mol}$$

- **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_p$ :**

El calor sensible a aportar por lote procesado, sustituyendo los valores de los calores específicos que pueden encontrarse en los anexos (A.V), es:

$$\begin{aligned} \Delta H'_p &= \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = 10 \cdot [ 50,785 \cdot (1717,25) + 4,7456 \cdot (533,26) + \\ &+ 70,192 \cdot (80,814) + 69,696 \cdot (612,2) + 16,928 \cdot (217,27) + 15,724 \cdot (75,362) ] \\ &= 1417762,443 \text{ J/lote} = 1417,762 \text{ KJ /lote} \end{aligned}$$

Por lo tanto el calor total puesto en juego en la reacción es:

$$\begin{aligned} Q &= - 1571,609 + 23,657 \cdot 0,80 \cdot (-343,33) + 67,713 \cdot 0,25 \cdot (57,88) + 1417,762 = \\ &= - 5671,759 \text{ KJ / lote} \end{aligned}$$

A continuación, se muestran las pérdidas que se producen en una hora de proceso:

$$\text{Pérdidas} = 1063,440 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total generado y que contribuye a un aumento de temperatura de los contenidos del reactor es:

$$Q_{\text{reactor fase ácida}} = - 5671,759 + 1063,440 = \mathbf{-4608, 319 \text{ KJ / lote}}$$

### C) CALENTAMIENTO DE LA MEZCLA PARA LA FASE BÁSICA :

El calor a aportar para el calentamiento de esta mezcla resultante de la fase ácida ,desde 15°C hasta los 55°C necesarios para la fase básica, es :

$$\begin{aligned} Q &= \Delta T \cdot \Sigma n_i \cdot C_{p_i} = 40 \cdot [ 50,785 \cdot (1717,25) + 4,746 \cdot (533,26) + \\ &+ 280,061 \cdot (80,814) + 69,696 \cdot (612,2) + 16,928 \cdot (217,27) + \\ &+ 18,911 \cdot (75,24) + 8,712 \cdot (65,837) ] = 6428652,066 \text{ J/lote} = \\ &= 6428,652 \text{ KJ/lote} \end{aligned}$$

Las pérdidas para esta acción son :

$$\text{Pérdidas} = 227,7 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

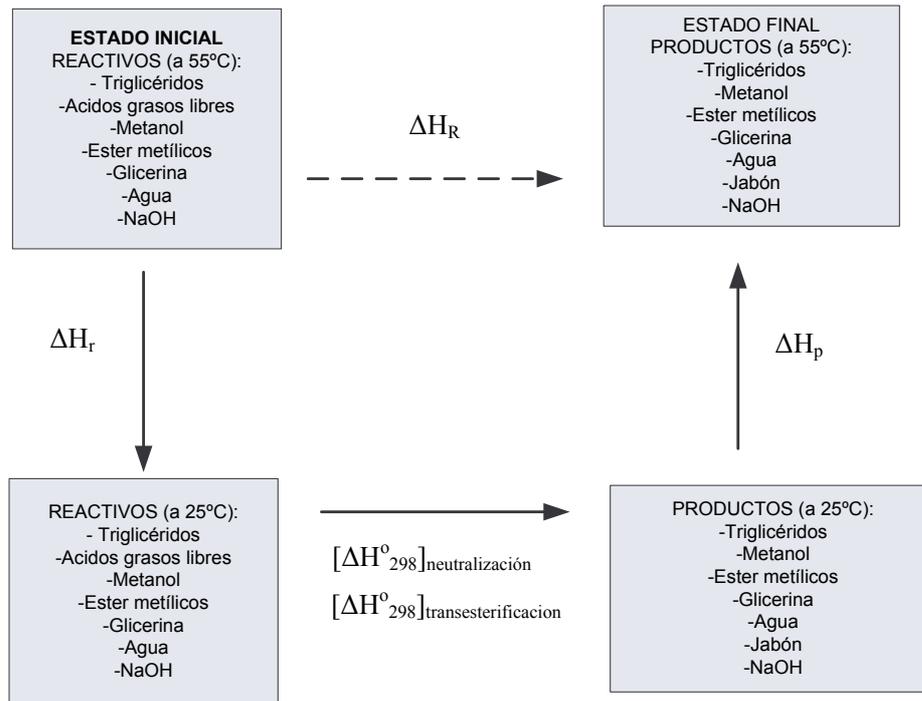
$$Q_{\text{calentamiento}} = 6428,652 + 227,7 = \mathbf{6656,352 \text{ KJ/lote}}$$

### D) REACCION FASE BASICA :

En la fase básica se añade metanol e hidróxido sódico que se suman a los compuestos resultantes de la primera reacción. El calor a aportar en esta fase se calcula de la misma

manera que en el apartado anterior. Las reacciones consideradas serán la transesterificación básica y la neutralización de los ácidos grasos libres restantes en la mezcla. No se incluye la reacción de saponificación de los triglicéridos no convertidos al no contribuir de manera apreciable al balance energético. Las reacciones se dan a 55°C.

Figura 1.3 : Cálculo de la entalpía de la transesterificación básica



En la figura 1.3,  $\Delta H_R$  es el calor total absorbido o generado en la fase ácida por unidad de mol,  $[\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{neutralización}}$  y  $[\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{transesterificación}}$  son los calores estándar de las reacciones que tienen lugar, y  $\Delta H_p$  el calor sensible necesario para que los productos pasen de 25°C a 55°C, de manera que :

$$\Delta H_R = \Delta H_r + [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{neutralización}} \cdot (X_1) + [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{transesterificación}} \cdot (X_2) + \Delta H_p$$

Unidades : KJ/mol

Entonces, el calor absorbido o generado por lote procesado en esta segunda fase “Q” será :

$$Q = \Delta H'_r + n_{AGL} \cdot [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{neutralización}} \cdot (X_1) + n_{TG} \cdot [\Delta H^{\circ}_{298}]_{\text{transesterificación}} \cdot (X_2) + \Delta H'_p$$

Unidades : KJ (por lote)

Siendo  $X_1$  la conversión de la reacción de neutralización,  $X_2$  la conversión de la reacción de transesterificación y  $\Delta H'_r$  y  $\Delta H'_p$  los calores sensibles por lote procesado en esta etapa ácida.

• **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_r$ :**

El calor sensible, sustituyendo los valores de los calores específicos que pueden encontrarse en los anexos(A.V), es:

$$\begin{aligned} \Delta H'_r &= \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = -30 \cdot [ 50,785 \cdot (1717,25) + 4,746 \cdot (533,26) + \\ &+ 280,061 \cdot (80,814) + 69,696 \cdot (612,2) + 16,928 \cdot (217,27) + \\ &+ 18,911 \cdot (75,24) + 8,712 \cdot (65,837) ] = -4821489,05 \text{ J/lote} = \\ &= - 4821,489 \text{ KJ/lote} \end{aligned}$$

• **Cálculo de  $\Delta H^0_{298}$  Neutralización (P= 1atm):**

La entalpía estándar de reacción depende de las entalpías de formación de los reactivos y productos que intervienen en la reacción, así como de sus coeficientes estequiométricos:

$$\Delta H^0_{298} = \sum_{\text{prod}} \nu_i (\Delta H^0_f)_i - \sum_{\text{reac}} \nu_i (\Delta H^0_f)_i$$

Sustituyendo los valores de las entalpías de formación (Anexo A.V) :

$$\Delta H^0_{298 \text{ neutralización}} = (-815,21) + (-285,83) - [(-815,21) + (-424,72)] = -138,89 \text{ KJ/ mol}$$

• **Cálculo de  $\Delta H^0_{298}$  Transesterificación (P= 1atm):**

Se procede de la misma manera :

$$\Delta H^0_{298 \text{ transesterificación}} = 3 \cdot (-727,64) + (-669,6) - [3 \cdot (-238,9) + (-2193,7)] = 57,88 \text{ KJ/ mol}$$

- **Cálculo del calor sensible  $\Delta H'_p$ :**

El calor sensible a aportar por lote procesado, sustituyendo los valores de los calores específicos que pueden encontrarse en los anexos (A.V), es:

$$\begin{aligned}\Delta H'_p &= \Delta T \cdot \sum n_i \cdot C_{p_i} = 30 \cdot [ 0,708 \cdot (1717,25) + 5,666 \cdot (533,26) + \\ &+ 131 \cdot (80,814) + 219 \cdot (612,2) + 67 \cdot (217,27) + 24,932 \cdot (75,362) + \\ &+ 1,799 \cdot (65,837) ] = 4963413,378 \text{ J/lote} = 4963,413 \text{ KJ /lote}\end{aligned}$$

Por lo tanto el calor total puesto en juego en la reacción es:

$$\begin{aligned}Q &= - 4821,489 + 4,746 (-138,89) + 50,875 \cdot 0,98 \cdot (57,88) + 4963,413 = \\ &= 3686,792 \text{ KJ / lote}\end{aligned}$$

A continuación se muestran las pérdidas que se producen en una hora de proceso:

$$\text{Pérdidas} = 453,6 \text{ KJ / lote}$$

Por tanto, el calor total a aportar es:

$$Q_{\text{reactor}} = 3686,792 + 453,6 = \mathbf{4140,392 \text{ KJ / lote}}$$

### **E) LAVADO :**

Idéntico al de producción con aceites nuevos. El calor a aportar es el mismo.

### 1.3. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES

#### A) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE PRETRATAMIENTO TP

En primer lugar, se estima el volumen necesario que debe tener el tanque de pretratamiento de aceites usados. Para ello se consideran los volúmenes de las fases mayoritarias una vez concluido el pretratamiento. Estas son el aceite pretratado, que queda como fase ligera, y el agua que queda como pesada. El resto de componentes, como los sólidos de gran tamaño quedan retenidos en el filtro de recepción instalado. Por otra parte los sólidos más pequeños y las ceras remanentes no contribuyen de manera significativa a este volumen.

De los balances de materia se conocen :

$$V_{\text{aceite p}} = 70,83 \text{ litros}$$

$$m_{\text{agua}} = 0,07 \cdot m_{\text{aceite p}} = 0,07 \cdot 65,518 = 4,586 \text{ Kg}$$

Lo que son :

$$V_{\text{agua}} = 4,586 \text{ L}$$

El volumen total es :

$$V_{\text{total}} = 70,83 + 4,586 = 75,416 \text{ L}$$

El tanque se sobredimensionará hasta unos 85 litros, dejando así algo de espacio libre en la parte alta del tanque. Además, tendrá las siguientes características:

- Será tronco-cónico con un ángulo de cono de  $20^\circ$  respecto a la horizontal.
- Tendrá una relación aproximada “altura/diámetro” (H/D) = 1,5.

Se parte de un cilindro y para calcular su diámetro se despeja D de la relación (H/D) sustituyéndolo después en el volumen. Esto es:

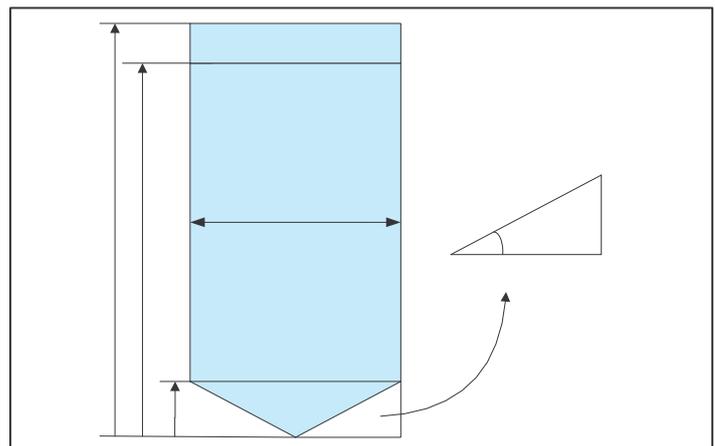
$$V = (\pi \cdot D^2 \cdot H) / 4, \text{ siendo } H = 1,5 \cdot D \rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4V}{1,5 \cdot \pi}}$$

$$D = [(4 \cdot 85 \cdot 10^{-3}) / (1,5 \cdot \pi)]^{1/3} = 0,416 \text{ m}$$

$$H = 0,625 \text{ m}$$

Tal y como puede verse en la figura 1.4, la altura H no será la altura final del tanque, ya que, como partimos de un cilindro no se descontó el volumen restante alrededor de la parte cónica inferior. Este volumen, por tanto, se añadirá a la parte superior de la parte cilíndrica resultando la altura final  $H_f$ , y es igual a:

Figura 1.4:



$$V_{\text{añadido}} = V_{\text{cilindro altura h}} - V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cono}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 12$$

$$V_{\text{cilindro altura h}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 4$$

Siendo :

$$h = (D/2) \cdot \text{tg } 20^\circ = (0,416/2) \cdot 0,364 = 0,076 \text{ m}$$

Sustituyendo todos los datos el volumen a añadir es :

$$V_{\text{añadido}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 4 - (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 12 = [(\pi \cdot 0,416^2 \cdot 0,076) / 4] - [(\pi \cdot 0,416^2 \cdot 0,076) / 12] = 6,887 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Por otra parte ese volumen añadido es igual a :

$$V_{\text{añadido}} = [\pi \cdot D^2 \cdot (H_f - H) / 4]$$

Sustituyendo y despejando  $H_f$  :

$$H_f = [(4 \cdot V_{\text{añadido}}) / \pi \cdot D^2] + H = [(4 \cdot 6,887 \cdot 10^{-3}) / \pi \cdot 0,416^2] + 0,625 =$$
$$= 0,675 \text{ m}$$

Sin embargo, a esta altura final se le sumarán 0,1 m más para la instalación del filtro con pendiente, para retirar sólidos de mayor tamaño, en la parte superior. Con todo esto las dimensiones finales del tanque son :

$$H_f' = H_f + 0,1 = 0,775 \text{ m} = 77,5 \text{ cm}$$
$$D = 0,416 \text{ m} = 41,6 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la altura de interfase entre fase pesada y fase ligera**

El aceite se evacuará del tanque de pretratamiento por una conducción situada por encima de la interfase que forma con el agua. Para estimar esta altura se calcula hasta que altura llega el agua o fase pesada y se introduce un margen de seguridad para evitar el potencial paso del agua al reactor. Para ello se procede de la siguiente manera ; se resta al volumen de agua el volumen de la parte cónica del tanque, quedando el volumen contenido de agua en la parte cilíndrica del tanque. Se despejará la altura que supone ese volumen de la parte cilíndrica y se sumará la altura de la parte cónica :

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = V_{\text{agua}} - V_{\text{cono}} = 4,586 - 3,443 = 1,143 \text{ L}$$

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = 1,143 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{\text{cilíndrica}}) / 4$$

Despejando  $h_{\text{cilíndrica}}$  :

$$h_{\text{cilíndrica}} = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,84 \text{ cm}$$

Por tanto, la altura que alcanzará el agua es :

$$H_{\text{agua}} = h_{\text{cono}} + h_{\text{cilindrica}} = 0,076 + 8,4 \cdot 10^{-3} = 0,0844 \text{ m} = 8,4 \text{ cm}$$

Incluyéndole un margen de 1,5 cm para asegurarse que el agua no escapa junto al aceite:

$$H_{\text{conducción}} = 9,9 \text{ cm} = \mathbf{10 \text{ cm}}$$

## B) DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR TR

Para el dimensionamiento del reactor se procede de la misma manera que con el dimensionamiento del tanque de pretratamiento. El volumen del reactor será de 100 litros, será tronco-cónico, su relación altura/diámetro será  $H/D = 2$  y el ángulo que forma la parte cónica con la horizontal será  $20^\circ$ .

Se parte de un cilindro y para calcular su diámetro se despeja  $D$  de la relación  $(H/D)$  sustituyéndolo después en el volumen. Esto es:

$$V = 100 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot H) / 4, \text{ siendo } H = 2 \cdot D \quad \rightarrow \quad D = \sqrt[3]{\frac{4V}{2 \cdot \pi}}$$

$$D = [(100 \cdot 10^{-3}) / (2 \cdot \pi)]^{1/3} = 0,4 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

De la misma manera que en el caso del tanque de pretratamiento se calcula la  $H_f$ :

$$h = (D/2) \cdot \text{tg } 20^\circ = (0,4/2) \cdot 0,364 =$$

$$= \mathbf{0,0728 \text{ m}}$$

$$V_{\text{añadido}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 4 - (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 12 = [(\pi \cdot 0,4^2 \cdot 0,0728) / 4] - [(\pi \cdot 0,4^2 \cdot$$

$$\cdot 0,0728) / 12] = \mathbf{6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$H_f = [(4 \cdot V_{\text{añadido}}) / \pi \cdot D^2] + H = [(4 \cdot 6 \cdot 10^{-3}) / \pi \cdot 0,4^2] + 0,8 =$$

$$= 0,8477 \text{ m} = \mathbf{0,85 \text{ m} = 85 \text{ cm aprox.}}$$

Con todo esto las dimensiones finales del reactor son :

$$H_f = 0,85 \text{ m} = 85 \text{ cm}$$

$$D = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la altura de interfase entre fase pesada y fase ligera**

La fase ligera rica en esteres (biodiesel bruto) se evacuará del reactor por una conducción situada por encima de la interfase que forma con la fase pesada rica en glicerina. Para estimar esta altura, se calcula hasta que altura llega la fase pesada y se introduce un margen de seguridad para evitar el potencial paso de glicerina y jabón al reactor. Para ello se procede de la siguiente manera; se resta al volumen de fase pesada el volumen de la parte cónica del tanque, quedando el volumen contenido de fase pesada en la parte cilíndrica del tanque. Se despejará la altura que supone ese volumen de la parte cilíndrica y se sumará la altura de la parte cónica:

$$V_{\text{fase pesada}} = 8,5 \text{ litros}$$

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = V_{\text{pesada}} - V_{\text{cono}} = 8,5 - 3 = 5,5 \text{ L}$$

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = 5,5 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{\text{cilíndrica}}) / 4$$

Despejando  $h_{\text{cilíndrica}}$  :

$$h_{\text{cilíndrica}} = 3,97 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Por tanto, la altura que alcanzará el agua es :

$$H_{\text{agua}} = h_{\text{cono}} + h_{\text{cilíndrica}} = 0,0728 + 3,97 \cdot 10^{-2} = 0,1125 \text{ m} = 11,25 \text{ cm}$$

Incluyéndole un margen de 2 cm para asegurarse que la glicerina no escapa junto a la fase ligera :

$$H_{\text{conducción}} = 13,25 \text{ cm}$$

### C) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE LAVADO TB

Para el dimensionamiento del tanque de lavado se procede de la misma manera que con los dimensionamientos del tanque de pretratamiento y del reactor. En primer lugar se estima el volumen, teniendo en cuenta el volumen de fase ligera a tratar y el volumen de agua que se añadirá para su lavado. Hay que indicar que el volumen de ácido ortofosfórico no se tiene en cuenta ya que es despreciable frente al total. Por tanto, el volumen requerido es:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{fase ligera}} + V_{\text{agua}} = 76,5 + 25,55 = 102,41 \text{ litros}$$

Añadiendo un 20% de volumen adicional para dejar espacio libre entre el nivel del liquido y la parte superior del tanque:

$$V_{\text{final tanque lavado}} = 120 \text{ litros}$$

Una vez conocido el volumen, se pueden calcular sus dimensiones teniendo en cuenta que tendrá una relación “altura/volumen”  $H/D = 2$  y se tratará de un tanque tronco-cónico cuya parte cónica formará un ángulo de  $20^\circ$  con la horizontal.

Se parte de un cilindro y para calcular su diámetro se despeja  $D$  de la relación  $(H/D)$  sustituyéndolo después en el volumen. Esto es:

$$V = 120 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot H) / 4, \text{ siendo } H = 2 \cdot D \quad \rightarrow \quad D = \sqrt[3]{\frac{4V}{2 \cdot \pi}}$$

$$D = [(120 \cdot 10^{-3}) / (2 \cdot \pi)]^{1/3} = 0,42 \text{ m}$$

$$H = 0,84 \text{ m}$$

De la misma manera que en el casos del tanque de pretratamiento y el reactor, se calcula la  $H_f$  :

$$h = (D/2) \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = (0,4/2) \cdot 0,364 =$$

$$= 7,643 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$V_{\text{añadido}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 4 - (\pi \cdot D^2 \cdot h) / 12 = [(\pi \cdot 0,42^2 \cdot 7,643 \cdot 10^{-2}) / 4] - [(\pi \cdot 0,42^2 \cdot$$

$$\cdot 7,643 \cdot 10^{-2}) / 12] = 7,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$H_f = [(4 \cdot V_{\text{añadido}}) / \pi \cdot D^2] + H = [(4 \cdot 7,07 \cdot 10^{-3}) / \pi \cdot 0,42^2] + 0,84 =$$

$$= 0,89 \text{ m} = \mathbf{0,90 \text{ m} = 90 \text{ cm aprox.}}$$

Con todo esto las dimensiones finales del tanque de lavado son :

$$H_f = 0,9 \text{ m} = 90 \text{ cm}$$

$$D = 0,42 \text{ m} = 42 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la altura de interfase entre fase pesada y fase ligera**

La fase ligera o biodiesel se evacuará del tanque de lavado por una conducción situada por encima de la interfase que forma con la fase pesada o agua de lavado. Para estimar esta altura, se calcula hasta que altura llega el agua de lavado y se introduce un margen de seguridad para evitar el potencial paso de agua al exterior a la hora de evacuar el biodiesel . Para ello se procede de la siguiente manera; se resta al volumen de agua de lavado el volumen de la parte cónica del tanque, quedando el volumen de agua contenido en la parte cilíndrica del tanque. Se despejará la altura que supone ese volumen en la parte cilíndrica y se sumará la altura de la parte cónica:

$$V_{\text{agua}} = 25,55 \text{ litros}$$

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = V_{\text{agua}} - V_{\text{cono}} = 25,55 - 3,53 = 22,02 \text{ litros}$$

$$V_{\text{parte cilíndrica}} = 22,02 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{\text{cilíndrica}}) / 4$$

Despejando  $h_{\text{cilíndrica}}$  :

$$h_{\text{cilíndrica}} = 15,79 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Por tanto, la altura que alcanzará el agua es :

$$H_{\text{agua}} = h_{\text{cono}} + h_{\text{cilíndrica}} = 7,643 \cdot 10^{-2} + 15,79 \cdot 10^{-2} = 0,2343 \text{ m} = 23,43 \text{ cm}$$

Incluyéndole un margen de 2 cm para asegurarse que el agua no escapa junto al biodiesel:

$$H_{\text{conducción}} = \mathbf{25,43 \text{ cm}}$$

#### **D) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE MEZCLADOR TMX**

Su volumen es de 30 litros, suficiente tenidos en cuenta que como máximo se utilizan cerca de unos 25 litros de metanol y una cantidad de hidróxido sódico que no supone un volumen adicional considerable. Su geometría es cilíndrica y tiene una relación altura-diámetro de 1,5. Por tanto :

$$V = 30 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot H) / 4, \text{ siendo } H = 1,5 \cdot D \rightarrow \mathbf{D = 0,294 \text{ m} = 30 \text{ cm}}$$

Y la altura :

$$\mathbf{H = 0,45 \text{ m} = 45 \text{ cm}}$$

### **E) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE AGUA DE LAVADO**

Su volumen es de 30 litros y los cálculos de dimensionamiento son idénticos a los del tanque mezclador.

### **F) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE METANOL**

El tanque de metanol tiene geometría cilíndrica y un volumen de 75 litros con una relación diámetro-altura de 1,5.

$$V = 75 \cdot 10^{-3} = (\pi \cdot D^2 \cdot H) / 4, \text{ siendo } H = 1,5 \cdot D \rightarrow$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot (75 \cdot 10^{-3})}{1,5 \cdot \pi}} = 0,399 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Y la altura :

$$H = 0,60 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

## **1.4. CALCULOS DE LOS PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LOS ELEMENTOS DE IMPULSIÓN DE FLUIDOS**

### **A) CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA BOMBA MB2**

En este apartado se calcularán aquellos parámetros necesarios para seleccionar la bomba más adecuada para la aplicación en cuestión. Esta es la recirculación del contenido del reactor a un caudal de aproximadamente 29 L/min, de manera que el volumen del mismo se renueve cada tres minutos, y el trasvase del biodiesel bruto desde el reactor hasta el tanque de lavado.

Los cálculos se referirán a la situación más exigente, es decir, aquella que requiera mayor potencia. Esta es la recirculación, ya que tiene que vencer alturas similares a la

situación de trasvase, pero además tiene que proporcionar un caudal determinado a diferencia del trasvase, donde el caudal no es una variable crítica.

➤ **Cálculo de la altura útil**

La altura útil es la energía neta que la bomba transmite al fluido. El cálculo se realiza aplicando la ecuación de Bernoulli<sup>[4]</sup> entre dos puntos, uno en la parte de aspiración ( punto1) y otro en la parte de descarga de la bomba (punto2) :

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + H = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + hf$$

De la cual puede despejarse H o altura útil :

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + hf$$

Siendo:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} : \text{Diferencia de presiones entre los puntos considerados.}$$

$$(z_2 - z_1) : \text{Diferencia de altura de los puntos considerados.}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} : \text{Diferencia de velocidad entre los dos puntos considerados.}$$

$h_f$  : Pérdidas de carga totales externas a la bomba.

Los puntos escogidos (1 y 2), así como las alturas que el líquido ha de vencer, se muestran en la figura 1.5 :

- La presión en el punto 1 es la correspondiente a la altura de líquido (0,36m) más la presión atmosférica , y la presión en el punto 2 es la presión atmosférica:

$$P_2 = 101325 \text{ Pa}$$

$$P_1 = \rho_{\text{liq}} \cdot g \cdot h = (0,894 \text{ Kg}/10^{-3} \text{ m}^3) \cdot 9,8 \text{ m}/\text{s}^2 \cdot 0,36 \text{ m} + 101325 = 104479 \text{ Pa}$$

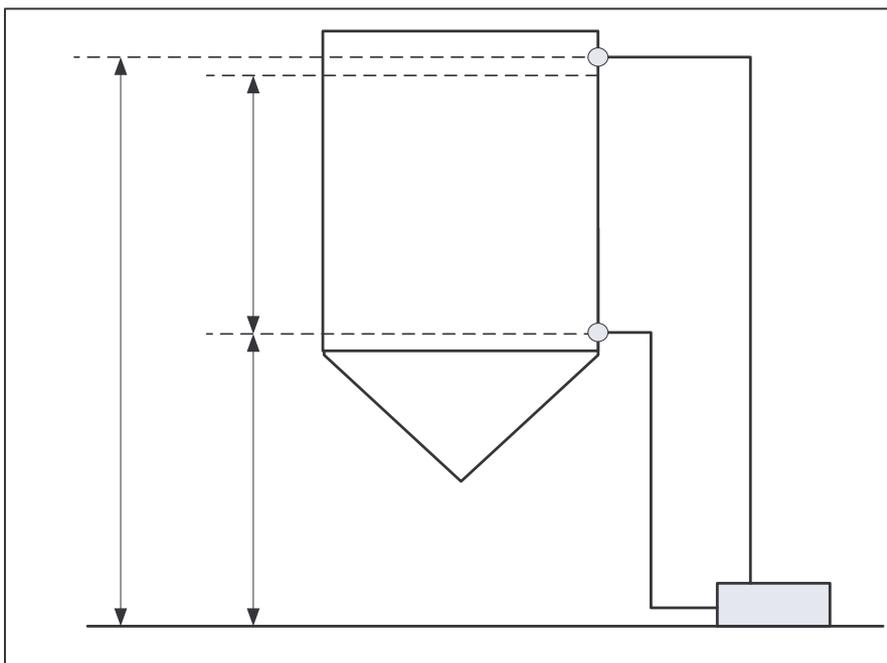
- La densidad del líquido  $\rho_{\text{liq}}$  es una media ponderada de las fases que lo constituyen al principio de la reacción, es decir, cuando las condiciones son más exigentes porque la densidad y la viscosidad son mayores que las del biodiesel o producto final de la reacción.
- Las velocidades en el punto 1 y en el 2 son iguales.
- Las alturas son:

$$Z_2 = 1,39 \text{ m}$$

$$Z_1 = 0,76 \text{ m}$$

- Las pérdidas de carga se deben tanto a las paredes de la conducción por la que el fluido circula, como por los accesorios instalados a lo largo de la misma.
- La longitud de tubería entre el punto 1 y 2 es de 3,664 m.

Figura 1.5:



➤ **Cálculo de las pérdidas de carga :**

- *Pérdidas a lo largo de la conducción:*

Las pérdidas a lo largo de una conducción vienen dada por la expresión<sup>[4]</sup>:

$$h_{\text{conduccion}} = f \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g)$$

El factor de fricción es calculable mediante el número de Reynolds y el diagrama de Moody:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Donde :

- v es la velocidad del fluido:

$$Q = 29L/\text{min} = 4,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v = Q / \pi \cdot R^2 = (4,83 \cdot 10^{-4}) / \pi \cdot (0,095)^2 = 1,703 \text{ m/s}$$

- D el diámetro de la conducción que es  $\frac{3}{4}$  de pulgada o 0.0191m
- $\mu$  es la viscosidad del fluido circulante y es igual a 0,028 Pa·s y está calculada a partir de una media ponderada de las viscosidades de las fases que lo constituyen al principio de la reacción.

Sustituyendo resulta un Reynolds :

$$Re = (894 \cdot 1,703 \cdot 0,0191) / 0,028 = 1038,550$$

Esto quiere decir que el régimen es laminar por lo que el “factor de fricción f” viene dado por :

$$f = 64 / Re = 6,16 \cdot 10^{-2}$$

Con esto y sustituyendo todos los datos restantes que faltan en la expresión de pérdidas resulta :

$$h_{\text{conduccion}} = 6,16 \cdot 10^{-2} \cdot (3,644/0,0191) \cdot (1,703^2/2 \cdot 9,81) = \mathbf{1,8 \text{ m}}$$

- *Pérdidas por accesorios:*

La pérdida por accesorios se calcula mediante la misma expresión que para la pérdida en conducciones. Sin embargo, para poder utilizarla han de buscarse las longitudes equivalentes de tubería que suponen los distintos accesorios presentes entre los puntos 1 y 2 (Tabla 1.8)

**Tabla 1.8 : Longitudes equivalentes de los accesorios**

Accesorio	Long Eq Accs (m)	Nº	Long Eq Total (m)
Codo de 90º	0,6	6	3,6
Reducción 1/4	0,6	1	0,6
Válvula de retención	1,4	1	1,4
Válvula de bola abierta	2,77	2	5,54

Por otra parte, cada una de las tres *electroválvulas* produce una pérdida de carga de 1,57 m de columna de líquido. Así las el término de pérdidas de carga producidas por los accesorios es :

$$h_{\text{accesorios}} = f \cdot (\Sigma L_{\text{eq}}/D) \cdot (v^2/2g) + h_{\text{electroválvulas}} =$$

$$= 6,16 \cdot 10^{-2} \cdot (11,14/0,0191) \cdot (1,703^2/2 \cdot 9,81) + 3 \cdot (1,57) = \mathbf{10,02 \text{ m}}$$

Una vez calculadas las pérdidas de carga, y con todo el resto de datos solo queda sustituir para obtener la **altura útil**:

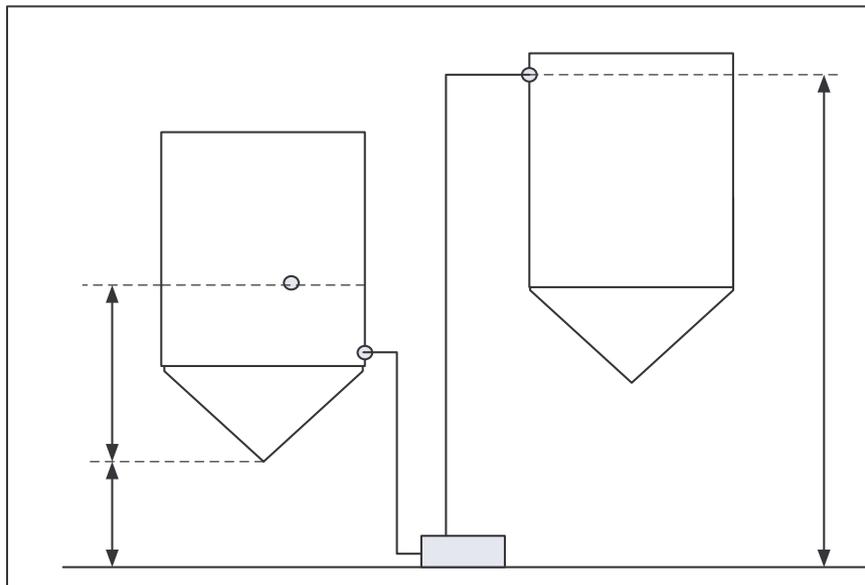
$$H = [(-3154) / (894,818 \cdot 9,819)] + (1,39 - 0,76) + 10,02 + 1,8 = \mathbf{12,091 \text{ m}}$$

## B) CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE LA BOMBA MB1

En este apartado se calcularán aquellos parámetros necesarios para seleccionar la bomba más adecuada para la aplicación en cuestión. Esta es el trasvase del aceite desde el tanque de pretratamiento al reactor a un caudal de aproximadamente 25 L/min lo que permite trasvasar cada lote en 3 minutos. Todos los cálculos son análogos a los de la bomba MB2.

### ➤ Cálculo de la altura útil

Figura 1.6:



Para calcular la altura útil se aplica Bernoulli entre los puntos escogidos (1 y 2, Figura 1.6). Las variables en cada uno de los puntos son:

- La presión en el punto 1 es la presión en la superficie del líquido y la presión en el punto 2 es la presión de descarga.  $P_1 = P_2 = 101325 \text{ Pa} = P_{\text{atm}}$
- La velocidad en el punto 1 “ $v_1$ ” es considerada 0 y en el 2 “ $v_2$ ” es igual a:

$$Q = 25 \text{ L/min} = 4,166 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v_2 = Q / \pi \cdot R^2 = (4,166 \cdot 10^{-4}) / \pi \cdot (0,095)^2 = 1,47 \text{ m/s}$$

- Las alturas son:  $Z_2 = 1,39 \text{ m}$ ,  $Z_1 = 1,15 \text{ m}$
- Las pérdidas de carga se deben tanto a las paredes de la conducción por la que el fluido circula, como por los accesorios instalados a lo largo de la misma.
- La longitud de tubería entre el punto 1 y 2 es de 2,831 m.

➤ **Cálculo de las pérdidas de carga :**

- *Pérdidas a lo largo de la conducción:*

Las pérdidas a lo largo de una conducción vienen dada por la expresión:

$$h_{\text{conduccion}} = f \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g)$$

El factor de fricción es calculable mediante el número de Reynolds y el diagrama de Moody:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = (917 \cdot 1,47 \cdot 0,0191) / 0,034 = 757,253$$

Donde :

- $\rho$  es la densidad del fluido, en este caso el aceite y es igual a  $917 \text{ Kg/m}^3$ .
- $v$  es la velocidad del fluido, en este caso  $v_2$ .
- $D$  el diámetro de la conducción que es  $\frac{3}{4}$  de pulgada o  $0.0191 \text{ m}$ .
- $\mu$  es la viscosidad del fluido circulante, o sea del aceite y es igual a  $0,034 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ .

Un Reynolds de 757,253 indica que el régimen es laminar por lo que el “factor de fricción  $f$ ” viene dado por :

$$f = 64 / Re = 8,45 \cdot 10^{-2}$$

Con esto y sustituyendo todos los datos restantes que faltan en la expresión de pérdidas resulta :

$$h_{\text{conduccion}} = 8,45 \cdot 10^{-2} \cdot (2,831 / 0,0191) \cdot (1,47^2 / 2 \cdot 9,81) = \mathbf{1,379 \text{ m}}$$

• *Pérdidas por accesorios:*

Las longitudes equivalentes de tubería que suponen los distintos accesorios presentes entre los puntos 1 y 2 son :

**Tabla 1.9 : Longitudes equivalentes de los accesorios**

Accesorio	Long Eq Accs (m)	Nº	Long Eq Total (m)
Codo de 90º	0,6	5	3
Reducción 1/4	0,6	1	0,6
Válvula de retención	1,4	1	1,4
Válvula de bola abierta	2,77	2	5,54

Hay que comentar la presencia de un filtro de 40 micrones en la parte de succión de la bomba cuya pérdida de carga es desconocida y que se obviará por ahora minimizando su efecto con el sobredimensionamiento de la bomba. Por otra parte, también hay una *electroválvula* que produce una pérdida de carga de 1,57 m de columna de líquido. Así que el término de pérdidas de carga producidas por los accesorios es :

$$h_{\text{accesorios}} = f \cdot (\Sigma L_{\text{eq}}/D) \cdot (v^2/2g) + h_{\text{electrovalvulas}} =$$

$$= 8,45 \cdot 10^{-2} \cdot (10,54/0,0191) \cdot (1,47^2 / 2 \cdot 9,81) + 1,57 = \mathbf{6,705 \text{ m}}$$

Una vez calculadas las pérdidas de carga, y con todo el resto de datos solo queda sustituir para obtener la **altura útil**:

$$H = (1,39-1,15) + (1,47^2) / (2 \cdot 9,81) + 8,084 = \mathbf{8,43 \text{ m}}$$

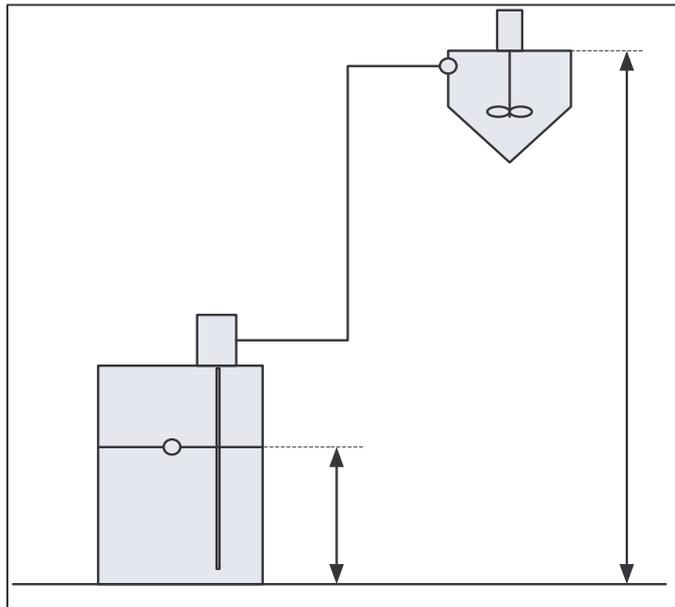
### C) CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE LA BOMBA MB3

En este apartado se calcularán aquellos parámetros necesarios para seleccionar la bomba más adecuada para la aplicación en cuestión. Esta es el trasvase del metanol desde el tanque de almacenamiento al mezclador a un caudal de aproximadamente 25 L/min lo que permite trasvasar el metanol necesario para cada lote en menos de un minuto. Los cálculos son análogos a los de la bomba MB2 y MB1.

#### ➤ Cálculo de la altura útil

Para calcular la altura útil se aplica Bernoulli entre los puntos escogidos (1 y 2, Figura 1.7). Las variables en cada uno de los puntos son:

Figura 1.7:



- La presión en el punto 1 es la presión en la superficie del líquido y la presión en el punto 2 es la presión de descarga.  $P_1 = P_2 = 101325 \text{ Pa} = P_{\text{atm}}$
- La velocidad en el punto 1 “ $v_1$ ” es considerada 0 y en el 2 “ $v_2$ ” es igual a:

$$Q = 25 \text{ L/min} = 4,166 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v_2 = Q / \pi \cdot R^2 = (4,166 \cdot 10^{-4}) / \pi \cdot (0,095)^2 = 1,47 \text{ m/s}$$

- Las alturas son:  $Z_2= 2,25$  m,  $Z_1=0,50$  m
- Las pérdidas de carga se deben tanto a las paredes de la conducción por la que el fluido circula, como por los accesorios instalados a lo largo de la misma.
- La longitud de tubería entre el punto 1 y 2 es de 2,817 m.

➤ **Cálculo de las pérdidas de carga :**

- *Pérdidas a lo largo de la conducción:* :

El factor de fricción es calculable mediante el número de Reynolds y el diagrama de Moody:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = (792 \cdot 1,47 \cdot 0,0191) / 0,0006 = 37061,64$$

Donde :

- $\rho$  es la densidad del fluido, en este caso el aceite y es igual a 792 Kg/m<sup>3</sup>.
- $v$  es la velocidad del fluido, en este caso  $v_2$ .
- $D$  el diámetro de la conducción que es  $\frac{3}{4}$  de pulgada o 0.0191m.
- $\mu$  es la viscosidad del fluido circulante, o sea del aceite y es igual a 0,0006 Pa·s .

Por otra parte, la rugosidad relativa, según los diagramas “rugosidad relativa vs diámetro”, para un acero comercial del diámetro en cuestión es:

$$\epsilon/D = 0,0018$$

Con el  $Re$  y la rugosidad relativa puede obtenerse el factor de fricción gracias al diagrama de Moody:

$$f = 0,0254$$

Con esto y sustituyendo todos los datos restantes que faltan en la expresión de pérdidas resulta :

$$h_{\text{conduccion}} = f \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g) = 0,0254 \cdot (2,817 / 0,0191) \cdot (1,47^2 / 2 \cdot 9,81) = \mathbf{0,412 \text{ m}}$$

- *Pérdidas por accesorios:*

Las longitudes equivalentes de tubería que suponen los distintos accesorios presentes entre los puntos 1 y 2 son :

**Tabla 1.10 : Longitudes equivalentes de los accesorios**

Accesorio	Long Eq Accs (m)	Nº	Long Eq Total (m)
Codo de 90°	0,6	2	1,2
Válvula de retención	1,4	1	1,4
Válvula de bola abierta	2,77	1	2,77

Además hay una *electroválvula* que produce una pérdida de carga de 1,57 m de columna de líquido. Así que el término de pérdidas de carga producidas por los accesorios es :

$$h_{\text{accesorios}} = f \cdot (\Sigma L_{\text{eq}}/D) \cdot (v^2/2g) + h_{\text{electrovalvulas}} =$$

$$= 0,0254 \cdot (5,37/0,0191) \cdot (1,47^2 / 2 \cdot 9,81) + 1,57 = \mathbf{3,93 \text{ m}}$$

Una vez calculadas las pérdidas de carga, y con todo el resto de datos solo queda sustituir para obtener la **altura útil**:

$$H = (2,25 - 0,50) + (1,47^2) / (2 \cdot 9,81) + 0,412 + 3,93 = \mathbf{6,2 \text{ m}}$$

## D) RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se reflejan todos los parámetros característicos calculados en este apartado que sirven de base para la selección de bombas (ver apartado 1.5.3):

**Tabla 1.11 : Longitudes equivalentes de los accesorios**

<b>Elemento</b>	<b>Altura útil H (m.c.liquido)</b>	<b>Caudal Q (L/min)</b>
MB1	8,43	25
MB2	12,091	29
MB3	6,2	25

## 1.5. SELECCION DE EQUIPOS

### 1.5.1. TANQUES

Generalmente seleccionar un tanque de entre los ofertados por la industria para procesos específicos no es tarea fácil, sobre todo porque las tubuladuras y las entradas y salidas del tanque no se adaptan a los requisitos establecidos. Sin embargo, existe la posibilidad de encargarlos a medida una vez se dispone de todos los datos y condiciones del diseño. Las características más relevantes para dar con el tanque ideal a cada aplicación en el diseño de la planta piloto que ocupa a este proyecto son:

- Dimensiones características como la altura, el diámetro y el volumen.
- Volumen y características del fluido que contienen lo que define el material de construcción y el espesor de la envolvente y el fondo del tanque.
- Localización de las tubuladuras donde irá colocada parte de la instrumentación y las salidas laterales para la evacuación de las fases ligeras.
- Número de entradas en la tapa superior para la instalación de instrumentación.

Se procede a continuación a definir los requisitos de cada uno de los tanques de la planta basándose en las características ya mencionadas.

## **A) TANQUE DE PRETRATAMIENTO TP**

El tanque de pretratamiento, de geometría troncocónica para optimizar la decantación, tiene unas dimensiones de 41,6 cm de diámetro y 77,5 cm de altura, con un volumen de 85 litros y una relación altura-diámetro de 1,5 . El tanque está sobredimensionado unos 10 litros para permitir la instalación de instrumentación y de un filtro. El volumen de operación es, por tanto, 75 litros.

El líquido a contener es aceite de girasol usado que contiene agua debido a la fritura. Este contenido en agua y las condiciones de operación, alcanzadas en el proceso de pretratamiento, de  $P=1$  atm y  $T = 60^{\circ}\text{C}$  , requieren un material resistente a la oxidación y a las temperaturas moderadas. El acero inoxidable A-304 cumple ambos requisitos.

El diseño mecánico, que no se contempla en este proyecto pues no es uno de sus objetivos, depende de las dimensiones características del tanque, del peso del aceite que contiene y de las características del material de fabricación del tanque. Todo ello define el espesor de la envolvente y el fondo cónico. En cualquier caso, en tanques de estas dimensiones las exigencias mecánicas no son muy exigentes y el espesor suele ser algo mayor que el espesor de un bidón de acero, es decir unos 1,5 mm.

Respecto a la salida de la fase ligera, está debe situarse a 10 cm del fondo del tanque. Por otra parte, las tubuladuras para la instalación de las dos resistencias calefactoras tienen que ir colocadas a intervalos regulares en el espacio delimitado por la superficie del líquido (62 cm), y el fondo del tanque. Estas son 27,93 cm y 45,26 cm. Además, el tanque debe disponer de una tubuladura adicional a media altura, es decir, a unos 36 cm para la instalación de una sensor de temperatura o sonda PT100. Todas las alturas tienen como referencia el fondo del tanque, donde se sitúa la salida de la fase pesada. Los diámetros de las tubuladuras irán dictados por la instrumentación y las resistencias.

El tanque debe ir cubierto con una tapa plana para evitar el contacto con el aceite. Esta sirve también de soporte a la instrumentación adicional que se desee instalar. Por ello, debe disponer de orificios roscados preparados a tal efecto con diámetros de acuerdo a la instrumentación que se desee instalar. La localización de estos orificios debe permitir la

instalación de la instrumentación de manera que esta no contacte con la resistencia calefactora.

## B) REACTOR TANQUE TR

El reactor, al igual que el tanque de pretratamiento, tiene geometría troncocónica, 40 cm de diámetro y 85 cm de altura. Su volumen es de 100 litros y una  $H/D = 2$ . El tanque está sobredimensionado unos 15 litros respecto al volumen de operación.

El reactor llevará a cabo las reacciones en su interior a unas condiciones de presión y temperatura de aproximadamente 1 atm y 55°C. Debe fabricarse por tanto en un material resistente a la corrosión por sales caústicas y que posea una robustez estructural para soportar las condiciones mencionadas. El acero inoxidable A-316 cumple ambos requisitos. El espesor de la envolvente y el fondo será similar al tanque de pretratamiento, rondando los 1,5 mm.

Aunque las estructuras del tanque de pretratamiento y del reactor son parecidas, el reactor, además de la salida de evacuación de la fase ligera y las tubuladuras laterales para la instalación de equipos, posee entradas superiores en los laterales que reciben conducciones provenientes de otros tanques. La localización sigue el mismo razonamiento que para el tanque de pretratamiento. Las alturas, con referencia respecto al fondo del tanque, a las irán colocadas son :

**Tabla 1.12 : Alturas de las entradas y salidas al reactor**

<b>Tubuladura/Entrada</b>	<b>Altura (cm)</b>
Conducciones de TP a TR, de TME a TR, de recirculación	78,64
Resistencia 1	28,94
Resistencia 2	50,6
Sonda PT100 / Instrumento medida temperatura	39,78
Salida evacuación fase ligera	13,25

El reactor va cerrado en su parte superior por medio de una tapadera atornillable para evitar escapes de metanol y soportar pequeñas sobrepresiones. Posee orificios de diversos diámetros dependiendo del elemento a recibir, ya sea la entrada de la conducción proveniente

del tanque de sulfúrico, la entrada proveniente del tanque TMX, o la instrumentación a instalar.

### **C) TANQUE DE LAVADO TB**

El tanque de lavado es similar en diseño al tanque TP y al reactor TR pues tiene la misma geometría. Tiene un volumen de 120 litros, aunque su volumen de operación es de 100 litros. Sus dimensiones se resumen en un diámetro de 42 cm, una altura de 90 cm y una relación H/D = 2.

Las condiciones de lavado del biodiesel bruto con agua son de  $P = 1 \text{ atm}$  y  $T = 30 \text{ °C}$ . Generalmente el pH del biodiesel bruto, aunque algo básico, no es extremo por lo que las condiciones dentro del tanque de lavado teniendo en cuenta que se mezcla con agua y se equilibra el pH con ácido diluido no son muy exigentes. Se opta, por tanto por acero A-304 un espesor de 1,5 mm.

El tanque de lavado dispone de una entrada lateral para la admisión de agua de lavado a una altura de 84,3 cm y una salida lateral para la evacuación del biodiesel a una altura de 25,43 cm. Ambas alturas están medidas respecto al fondo del tanque donde se sitúa la salida para la fase acuosa una vez realizado el lavado.

El tanque de lavado debe ir cerrado con una tapa en su parte superior para evitar que el metanol, presente en el biodiesel bruto, escape al evaporarse. También debe incluir un cierto número de orificios en su parte superior para permitir la instalación del agitador, el sensor de pH, y el paso de la conducción proveniente del tanque de ácido ortofosfórico diluido.

### **D) TANQUE MEZCLADOR DE METÓXIDO TMX**

El tanque mezclador tiene un diámetro de 30 cm y una altura de 45 cm lo que se traduce en un volumen de 30 litros aunque el volumen de operación es de 25 litros.

Respecto a sus requisitos en materia de diseño mecánico, son los mismos que los del reactor; debe soportar la acción de la solución cáustica producida en su interior, por lo que

está construido en acero A-316, y debe estar equipado con una tapa atornillable de manera que el cierre sea hermético y no se permitan emanaciones de metanol al exterior. La tapa debe ir equipada con un orificio para la entrada del eje del agitador, otro para la futura instalación de instrumentación y un tercero más grande para verter la masa de hidróxido sódico.

#### **E) TANQUE DE METANOL TME**

El tanque de metanol es el encargado de almacenar el metanol necesario para la producción de metóxido en el tanque mezclador y las reacciones de esterificación. Por tanto, debe cumplir la normativa para recipientes para el almacenamiento de líquidos inflamables<sup>[51]</sup>. Debe estar situado dentro de un cubeto capaz de contener la totalidad de la capacidad del depósito, sin salida por desagües del fondo. Es un tanque cilíndrico vertical cerrado con techo fijo y fondo plano de 40 cm de diámetro, una altura de 60 cm y un volumen de 75 litros.

Respecto a la elección del material del tanque debe saberse que aunque metanol no es corrosivo en contacto con la mayoría de los metales a temperatura ambiente (excepto plomo y magnesio), si ataca lentamente los revestimientos de cobre (o aleaciones) y cinc (p.ej. acero galvanizado). Por ello se recomienda utilizar acero dulce o al carbono A-285C.

#### **F) TANQUE DE AGUA DE LAVADO TA**

El tanque es de geometría cilíndrica con un volumen de 30 litros y dimensiones de 30 cm de diámetro y 45 cm de altura. Puede estar fabricado en acero inoxidable o acero al carbono. Para este último caso es necesario aplicar un recubrimiento interior a base de pintura ahulada o epóxica para protección anticorrosivo y generalmente para trabajar a 60 ó 70 grados centígrados.

#### **G) TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDOS TO Y TS**

Ambos, de dos litros cada uno, han de ir construidos en acero inoxidable A-316 para soportar la agresividad ocasionada por la presencia continua de ácido en su interior.

### 1.5.2. CONDUCCIONES

Las variables más relevantes a la hora de seleccionar un tipo de conducción u otro son el material en el que están fabricadas, su diámetro nominal y su Schedule. La magnitud de las mismas estará influenciada por requerimientos mecánicos e hidráulicos inherentes al sistema, pero también por el fluido que conducen.

Al no ser el diseño mecánico de la planta objetivo fundamental de este proyecto se hará uso de la experiencia de otros constructores de plantas piloto de dimensiones similares para elegir el diámetro nominal de las conducciones, que generalmente será ¾ de pulgada y Schedule típico de 40. Respecto a los materiales se seleccionarán aquellos que posean una buena resistencia a la corrosión a los fluidos transportados.

A continuación (Tabla 1.13) se describen las conducciones seleccionadas en función de su localización y las necesidades de la planta :

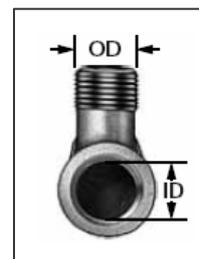
**Tabla 1.13:**

Localización	Fluido a conducir , Necesidades	Material	Øn (in)	Sch
De TP a TR, drenaje TP	Aceite a temperatura moderada, agua	Acero A-304	3/4	40
Interconexión TR-TB y sus drenajes	Reactivos y productos a 60 °C , buena resistencia a la corrosión	Acero A-316	3/4	40
De TME a TR y TMX	Metanol , adecuada para el trasvase de líquidos inflamables	Acero al carbono A-53 grado B	3/4	40
De TS a TR	Acido sulfúrico, resistente a la corrosión por ácidos	Acero A-316	1/4	40
De TO a TB	Acido fosfórico diluido, resistencia a la corrosión por ácidos	Acero A-316	1/4	40
De TA a TB	Agua caliente	Cobre	3/4	40

**Tabla 1.14: Ø int. y Ø ext. de los accesorios en función del Ø conducción<sup>[28]</sup>**

Threaded ID or OD	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"
Pipe Size	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"

**Figura 1.8:**



Todas las conducciones serán roscadas (Threated). Tanto el diámetro de sus roscas como las de los accesorios, vienen dados por la siguiente tabla 1.14.

### **1.5.3. ELEMENTOS DE IMPULSION DE FLUIDOS**

La selección de bombas, aparte de los cálculos de parámetros característicos realizados por el ingeniero, hace uso de datos técnicos proporcionados por el fabricante como las curvas características, los factores de corrección de viscosidad, los rendimientos totales y otros datos como dimensiones, peso, requerimientos eléctricos, etc...

Por tanto , a partir de las condiciones de altura útil H y caudal requerido Q, calculados en el apartado 1.4 y otras condiciones impuestas por el sistema se pasa a seleccionar el modelo de bomba más adecuado para cada aplicación.

#### **A) SELECCIÓN DE LA BOMBA MB1**

La bomba adecuada a seleccionar debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser capaz de entregar un caudal  $Q = 25 \text{ L/min}$  a una carga de  $H = 10 \text{ m.c.liq}$  para que el fluido pueda ser bombeado correctamente.
- Debe ser capaz de bombear aceite usado, con una viscosidad de  $0,034 \text{ Pa.s}$ , a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$ .
- El motor de la bomba debe ser antideflagrante, por lo que hay que decantarse por la versión “Explosion Proof” o EEx.
- Ser concordante en dimensiones con el sistema al que presta servicio.

En primer lugar, es conveniente saber que las potencias de las bombas para este tipo de sistemas, según la experiencia, se mueven en un rango de potencias de 0 a 1 Hp (0 kW a 0,735 kW). A partir de ahí se acude a las hojas técnicas proporcionadas por los fabricantes, en las cuales se pueden encontrar las curvas características de cada bomba (ver Anexo A.V).

Las curvas características vienen en función de las prestaciones de la bomba al utilizarse agua como fluido a bombear. Consecuentemente, es necesario corregir los datos de altura útil y caudal requerido (obtenidos anteriormente), y multiplicarlos por la densidad del fluido que se pretende bombear, o sea aceite. Por otra parte, la viscosidad del aceite hace necesario corregirlos de nuevo dividiendo por factores de corrección dados por el fabricante. A pesar de todo esto, la densidad relativa del aceite, en torno a 0,9, y los factores de corrección, en torno a 0,8 y 0,9 hacen que las alturas útiles y los caudales requeridos no varíen apreciablemente. En conclusión, pueden utilizarse las curvas características tal como vienen dadas por el fabricante para la elección de la bomba en cuestión. *Nota : Esta consideración se aplicará al resto de las bombas para su selección.*

Introduciendo el punto de operación , dado por H y Q , en las curvas características y teniendo, además, en cuenta el resto de requisitos, se opta por una bomba centrífuga “Bominox , Modelo FLEXO-M, F-1/M, versión Eex” que desarrolla una potencia máxima de 0,5 Hp (CV). Esta bomba, de rodete flexible, puede bombear fluidos viscosos sin problema siendo el bombeo de aceite una de sus aplicaciones principales.

## **B) SELECCIÓN DE LA BOMBA MB2**

La bomba adecuada a seleccionar debe cumplir los siguientes requisitos :

- Debe ser capaz de entregar un caudal  $Q = 30 \text{ L/min}$  a una carga de  $H = 12,1 \text{ m.c.liq}$  para que el fluido pueda ser bombeado correctamente.
- Las partes en contacto con el fluido deben ser de acero inoxidable para resistir la corrosión que pudiera ser ocasionada por la fracción de metanol y metiléster.
- El motor de la bomba debe ser antideflagrante, por lo que hay que decantarse por la versión “Explosion Proof” o Eex.
- Ser concordante en dimensiones con el sistema al que presta servicio

Cumpliendo todos los requisitos y haciendo uso de las curvas características de las bombas, teniendo en cuenta las consideraciones hechas en el apartado anterior, se opta por

una bomba centrífuga “Bominox , Modelo SIMPLEX-M 1071-M, versión Eex” que desarrolla una potencia de 0,75 Hp (CV). Esta potencia es concordante con las potencias recomendadas por los usuarios de planta de producción de biodiesel de capacidades similares: 0,5 Hp para reactores de 100 litros de capacidad.

### **C) SELECCIÓN DE LA BOMBA MB3 :**

La bomba adecuada a seleccionar debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser capaz de entregar  $Q = 25$  L/min a una carga de  $H = 6,2$  m.c.liq para que el fluido sea capaz de ser bombeado correctamente.
- El motor de la bomba debe ser antideflagrante y ésta debe estar indicada para el bombeo de alcoholes, ya que es la bomba más cercana al fluido inflamable. Consecuentemente, tanto la bomba como el motor deben estar clasificados para esta zona.

La importancia del carácter antideflagrante de esta bomba se debe a que es la encargada de bombear el metanol hasta el tanque mezclador. A pesar de tener una potencia determinada y ser capaz de entregar un caudal a una carga específica, sus prestaciones en servicio se limitan para así evitar la aparición de electricidad estática en el sistema. Por tanto, es necesario reducir el caudal a un máximo de 25 L/min, lo que no afecta en nada al proceso ya que esta bomba es de trasvase y el caudal no es una variable crítica.

Teniendo en cuenta todos estos requisitos, y haciendo uso de la información técnica como curvas características y tablas de selección de modelos según el fluido a bombear, incluidas en el Anexo A.V, se opta por una bomba eléctrica de vaciado de bidones “Finish Thompson, Serie TBS, Motor MX 10 antideflagrante”. También está recomendado el uso de un kit de protección contra la electricidad estática de la misma marca.

#### 1.5.4. RESISTENCIAS CALEFACTORAS

La planta piloto está equipada con tres resistencias : La resistencia RTP en el tanque de pretratamiento, la resistencia RTR en el reactor, y la resistencia RTA en el tanque de agua de lavado. La potencia elegida, las características del fluido a calentar y las dimensiones de los tanques definirán la resistencia a elegir.

##### A) RESISTENCIA CALEFACTORA RTP

Dos variables definen el camino a seguir en la selección de una resistencia: el tiempo de calentamiento del fluido, que se traduce en potencia, y la relación potencia /superficie.

El punto más exigente del proceso de pretratamiento es el calentamiento del aceite usado de 15°C hasta 60°C , ya que el mantenimiento del aceite a 60 °C requiere solo una potencia proporcional a las pérdidas. Por los balances de energía se sabe que se necesitan 7129,736 KJ/ lote para calentar el aceite en estas condiciones. Así, según el tiempo de calentamiento deseado se obtiene un abanico de posibles potencias mostrado a continuación:

**Tabla 1.15:**

Tiempo de calentamiento (min)	Potencia necesaria (kW)
15	7,921
30	3,961
40	2,970
50	2,376
60	1,980

El siguiente paso es elegir una de las potencias calculadas. Para ello debe tenerse en cuenta un segundo aspecto denominado “Densidad de watos”, es decir, la relación entre la potencia que es capaz de suministrar la resistencia por unidad de superficie. Así, a mayor densidad de watos, más energía por unidad de tiempo y superficie se transferirá al fluido. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que densidades excesivas pueden sobrecalentar el fluido e incluso carbonizarlo, lo que es perjudicial para el proceso e incluso para la propia resistencia, que puede llegar a ensuciarse perdiendo su capacidad calefactora.

La densidad de wattios depende de la naturaleza del fluido a calentar. Mientras que el agua convencional puede soportar altas densidades , para los productos derivados del petróleo se recomiendan densidades bajas en torno a 20 w / sq inch. En la Tabla 1.16 se detallan las densidades recomendadas según el fluido a calentar y el material adecuado con el que debe estar fabricado el cuerpo de la resistencia :

**Tabla 1.16: Características de resistencias en función del líquido a calentar <sup>[30]</sup>**

Material To Be Heated	Maximum Operating Temp (°F)	Max. Watt Density (W/sq. in.)	Sheath Material
Fuel Oils			
Grades 1 & 2 (distillate)	200	23	Steel
Grades 4 & 5 (residual)	200	13	Steel
Grades 6 & bunker C (residual)	160	8	Steel
Gasoline	300	23	Steel
Gelatin; Liquid	150	23	Stainless Steel
Solid	150	5	Stainless Steel
Glycerine	500	10	Incoloy
Glycerol	212	23	Incoloy
Grease; Liquid	-	23	Steel
Solid	-	5	Steel
Hydrazine	212	16	Stainless Steel
Hydrogen	C/F	-	Incoloy
Hydrogen Sulfide	C/F	-	316 S.S.
Linseed Oil	150	50	Steel
Lubrication Oil			
SAE 10	250	23	Steel
SAE 20	250	23	Steel
SAE 30	250	23	Steel
SAE 40	250	13	Steel
SAE 50	250	13	Steel
Magnesium Chloride	212	40	C-20, Quartz
Manganese Sulfate	212	40	Quartz
Methanol gas	C/F	-	Stainless Steel
Methylchloride	180	20	Copper
Mineral Oil	200	23	Steel
	400	16	Steel
Molasses	100	4-5	Stainless Steel
Naptha	212	10	Steel
Oil Draw Bath	600	23	Steel
Oils (see specific type)	400	24	Steel
Paraffin or Wax (liquid state)	150	16	Steel
Perchloroethylene	200	23	Steel
Potassium Chlorate	212	40	316 S.S.
Potassium Chloride	212	40	316 S.S.
Potassium Hydroxide	160	23	Monel
Soap, liquid	212	20	Stainless Steel
Sodium Acetate	212	40	Steel
Sodium Cyanide	140	40	Stainless Steel
Sodium Hydride	720	28	Incoloy
Sodium Hydroxide	-	See Caustic Soda	-
Sodium Phosphate	212	40	Quartz
Steam, flowing	300	10	Incoloy
	500	5-10	Incoloy
	700	5	Incoloy
Sulfur, Molten	600	10	Incoloy
Toluene	212	23	Steel
Trichlorethylene	150	23	Steel
Turpentine	300	20	Stainless Steel
Vegetable Oil & Shortening	400	30	Stainless Steel
Water (Process)	212	60	S.S., Incoloy

Según la Tabla 1.16, para aceites vegetales la densidad recomendada es de 30 w / sq inch y el material acero inoxidable. La densidad por tanto no es muy alta, lo que se traducirá en resistencias con una superficie más elevada.

El paso final para seleccionar la resistencia implica, además de las variables calculadas hasta el momento, las dimensiones del tanque donde irá instalada. Si se consultan los catálogos comerciales, puede observarse que las resistencias típicas de aplicación en tanques de tamaño reducido van de los 100 W a los 5 kW tal como se muestra en la Tabla 1.17:

**Tabla 1.17 : Modelos de resistencias calefactoras y características** <sup>[30]</sup>

BUSHING HEATERS 2" NPT-STEEL TUBE AND BUSHING-TYPE AUO1							
120 Volt	240 Volt	Watts	Watt Density	Immersed Depth		Approx. Wt.	
Models	Models	.	w/sq. in.	in.	(mm)	lb	(kg)
AUO-115A	AUO-115B	1500	23	11 3/4	298	3.1	1.4
AUO-120A	AUO-120B	2000	23	17 3/4	451	3.9	1.7
AUO-125A	AUO-125B	2500	23	19 1/2	495	4.0	1.7
AUO-130A	AUO-130B	3000	23	24 3/4	629	4.5	2.0
AUO-140A	AUO-140B	4000	23	33	838	5.5	2.4
AUO-150A	AUO-150B	5000	23	40 1/4	1022	6.5	2.8

Si se tiene en cuenta que la resistencia se instalará en posición perpendicular respecto al lateral del tanque, la longitud límite del cuerpo calefactor que irá inmersa en el fluido debe ser el diámetro del tanque, es decir, 40 cm (400 mm). Por tanto, se opta por el modelo AUO-115A de 1,5 kW, que es el único que cumple todos los requisitos.

Sin embargo, una potencia tan baja implicaría grandes tiempos de calentamiento. En consecuencia, y haciendo referencia de nuevo a las pequeñas dimensiones del tanque, se opta por instalar dos resistencias a diferentes alturas para lograr una potencia de 3 kW lo que permitiría calentar el volumen de aceite en unos 40 minutos.

## **B) RESISTENCIA CALEFACTORA RTR**

La selección de la resistencia adecuada para el reactor se realiza de la misma manera que para la resistencia del tanque de pretratamiento, es decir, se tiene en cuenta la potencia deseada, la densidad de vatios y las dimensiones del reactor.

La operación más exigente en términos energéticos y de potencia que se desarrolla en el reactor es el calentamiento de la mezcla originada tras la etapa de esterificación de los ácidos grasos libres de 15°C a 55°C; según los balances de energía se sabe que se necesitan 6656,352 KJ/lote. De la misma manera según el tiempo de calentamiento se obtienen las siguientes potencias:

**Tabla 1.18:**

<b>Tiempo de calentamiento (min)</b>	<b>Potencia necesaria (kW)</b>
15	7,39
30	3,697
40	2,77
50	2,218
60	1,848

Como puede observarse las potencias calculadas son similares a las aplicadas al tanque de pretratamiento. Considerando, además, el fluido a calentar como aceite y las dimensiones del tanque, casi idénticas al tanque de pretratamiento, se opta por utilizar el mismo modelo de resistencia, así como el número de resistencias a instalar.

### **C) RESISTENCIA CALEFACTORA RTA**

La selección para la resistencia del tanque de agua de lavado está solo sujeta a la potencia a suministrar y a las dimensiones del tanque pues el agua corriente puede soportar densidades de watos muy altas. Los requerimientos energéticos para calentar el agua de 15 °C a 60°C son de 5711,85 KJ/lote. Según el tiempo de calentamiento se obtienen las siguientes potencias:

**Tabla 1.18b:**

<b>Tiempo de calentamiento (min)</b>	<b>Potencia necesaria (kW)</b>
15	6,346
30	3,17
40	2,379
50	1,9
60	1,58

Si se utilizan resistencias de cartucho compacto las dimensiones para las potencias reflejadas, excepto para los 6,346 kW, dejan también de ser un problema por lo que se optará por una resistencia de cartucho compacto de unos 3 kW de aleación Incoloy Modelo 4654T26, cuyas dimensiones se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 1.19: Características de resistencias compactas <sup>[28]</sup>**

Watts	Watt Density, watts/sq. in.	Amps	Pipe Size	Elem. Lg. (A)	Elem. OD	
<b><i>Incoloy Element—120 VAC, Single Phase (Cont.)</i></b>						
1000	254	8.3	3/4"	4 7/8"	5/8"	<b>4654T13</b>
<b><i>Incoloy Element—240 VAC, Single Phase</i></b>						
500	127	2.1	3/4"	4 7/8"	5/8"	<b>4654T21</b>
750	191	3.1	3/4"	4 7/8"	5/8"	<b>4654T22</b>
1000	254	4.2	3/4"	4 7/8"	5/8"	<b>4654T23</b>
1500	300	6.3	3/4"	4 7/8"	5/8"	<b>4654T24</b>
2000	291	8.3	3/4"	6 3/8"	5/8"	<b>4654T25</b>
3000	300	12.5	3/4"	7 7/8"	5/8"	<b>4654T26</b>

La resistencia seleccionada, que se instala en posición perpendicular respecto al lateral del tanque, posee unos 20 cm de largo. Esta longitud es adecuada ya que el diámetro del tanque es de unos 40 cm.

### 1.5.5. AGITADORES/ MEZCLADORES

Dos tanques utilizan sistemas de agitación: el tanque mezclador de metóxido MMTMX y el tanque lavador MMTB. Ambos tienen requerimientos de potencia y número de revoluciones por minuto diferentes ya que tanto los volúmenes a agitar como la naturaleza de los fluidos agitados son distintas.

#### A) AGITADOR/MEZCLADOR MMTMX

Las variables que entran en juego a la hora de seleccionar un agitador determinado son :

- Fuente de energía, ya sea eléctrica o por aire comprimido.

- Potencia que depende del volumen y de la viscosidad de fluido a agitar.
- Tipo de transmisión de la potencia “Direct Drive” o “Gear Drive” (relacionado con la viscosidad del fluido a agitar).
- Palas del agitador, relacionadas con el tipo de flujo que se quiera alcanzar.
- Dimensiones del agitador /mezclador.

En primer lugar, se opta por un agitador eléctrico antideflagrante debido a que los agitadores neumáticos utilizan caudales y presiones de aire comprimido tales que obligarían a instalar un compresor fijo de gran tamaño acabando con el carácter móvil de la planta piloto.

A continuación se selecciona la potencia y el tipo de transmisión de acuerdo con el volumen y la viscosidad del fluido. Para ellos se utiliza la siguiente tabla :

**Tabla 1.20: Potencia del agitador/mezclador en función del fluido** <sup>[28]</sup>

Viscosity, centipoise	Example	HORSEPOWER OF MIXER							
		Tank Size (gallons)							
		25	50	100	200	500	1000	2000	
1	Water	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	3/4	1	
100	Olive Oil	1/4	1/3	1/2	1/2	3/4	1	1 1/2	2
500	Paint	1/3	1/2	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3
1,000	Castor Oil	1/2	3/4	3/4	1	1 1/2	2	3	
2,500	Ketchup	3/4	1	1	1	2	3		
5,000	Honey	1	1 1/2	2	3	3			
10,000	Sour Cream	2	3						
15,000	Molasses	3							

El volumen a agitar ronda los 25-30 litros, es decir, unos 6-7 galones y la densidad del metanol es baja por lo que se escoge el agua como fluido de referencia. Con esto, según la tabla, se requiere una potencia de 1/4 Hp (CV) para agitar volúmenes de 25 galones no contemplándose volúmenes menores, por lo que se optará por potencias más reducidas, en torno a 1/6 Hp (CV). Sin embargo, si queda claro que no se recomienda el uso de transmisiones de potencia tipo “Gear Drive”.

A continuación solo queda aplicar toda esta información a la hora de elegir el agitador en los catálogos, proporcionados por el fabricante, teniéndose en cuenta además las

dimensiones del equipo y ajustándolas lo más posibles a las dimensiones del tanque mezclador. Para ello se hace uso de la siguiente tabla :

**Tabla 1.21: Características de agitadores/mezcladores** <sup>[29]</sup>

DIRECT DRIVE MIXERS 0-1800 RPM FOR THIN LIQUIDS DIMENSIONS*							
Model	HP	A	B	C	D	E Dual	Wt.
55	1/6	9"	7 1/2"	18"	3/8"	3(1)	6
11V	1/4	10 3/4"	12 1/2"	30"	5/8"	3	48
12V	1/3	11 1/2"	14"	36"	5/8"	4	48
13V	1/2	11 1/2"	14"	36"	5/8"	4 1/2	54
14V	3/4	12 1/2"	15"	36"	3/4"	4 1/2	61
15V	1	18 3/8"	21 1/4"	42"	7/8"	5	148
16V	1 1/2	20 11/16"	23 3/4"	48"	7/8"	5	155
17V	2	21 5/16"	24 3/8"	54"	1"	6	159
18V	3	22 5/16"	25 1/2"	54"	1"	6	207

Se opta por el modelo 55 de potencia más reducida (1/6 Hp) de entre todos los modelos disponibles. Además, la longitud del eje del agitador, de unas 18 pulgadas (45 cm) es adecuada para el tanque mezclador.

## B) AGITADOR/MEZCLADOR MMTB

La selección del agitador/mezclador del tanque de lavado se realiza siguiendo los mismos pasos que en el apartado anterior. En primer lugar se utiliza la Tabla 1.20 para determinar la potencia; El biodiesel es más viscoso que el agua por lo que se toma como referencia el aceite de oliva. Respecto al volumen a agitar se sitúa en los 120 litros aproximadamente, lo que son unos 31 galones por lo que se escoge la potencia inmediatamente superior, es decir, la correspondiente a 50 galones. Con estos datos, de la tabla se puede extraer la potencia que en este caso es de 1/3 Hp y el uso de una transmisión tipo "Direct Drive" es adecuado.

Sólo queda buscar en el catálogo el tipo de modelo teniendo en cuenta las características definidas y comprobar las dimensiones del agitador. Utilizando la Tabla 1.21 se opta por un agitador modelo “12V” de potencia 1/3 Hp . La longitud del eje del agitador, de unas 36 pulgadas (91 cm) es adecuada para el tanque de lavado.

## 2. DISEÑO DEL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO

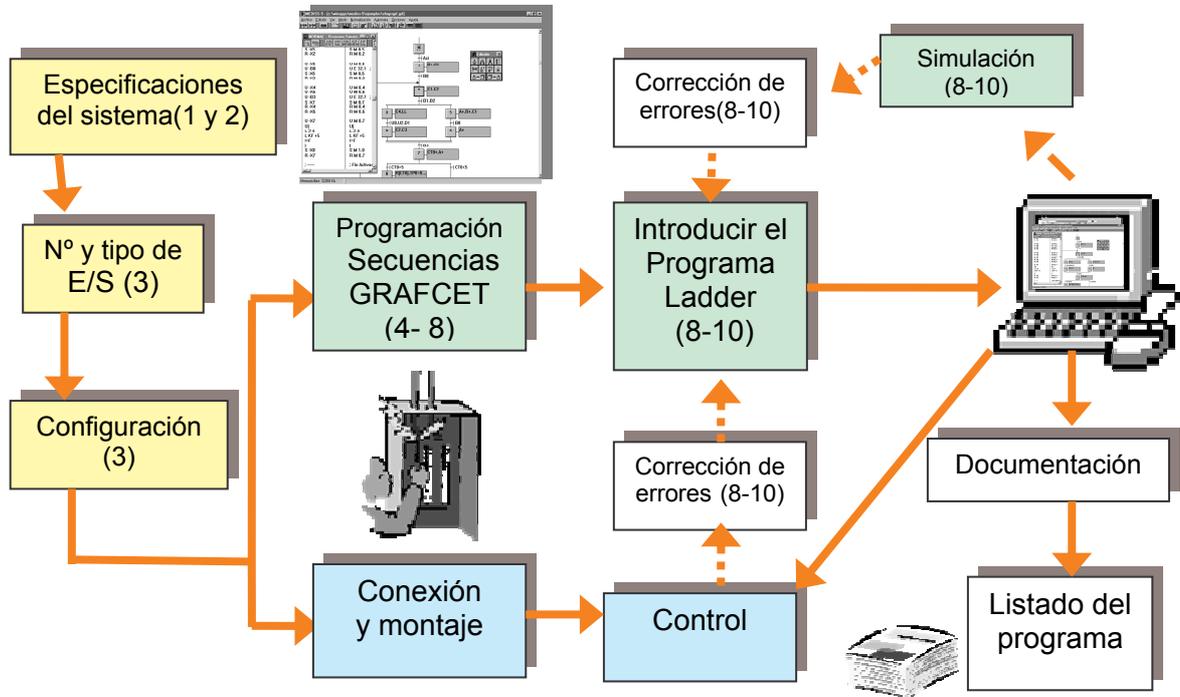
Este apartado de la memoria calcula y justifica el diseño del sistema de automatización, siguiendo la metodología típica utilizada para automatizar todo tipo de procesos industriales. Se parte desde la base, es decir, la planta en sí y la alternativa de producción de biodiesel elegida, pasando por la selección del esquema y los elementos físicos del sistema de automatización, hasta el paso final constituido por la programación del autómeta programable.

Para implementar una automatización, muchos autores y técnicos especializados<sup>[8]</sup> recomiendan seguir una metodología de diseño constituida por los siguientes pasos:

1. Estudio general del proceso y especificación de las maniobras.
2. Definición inicial parte operativa y de control.
3. Definir los elementos del proceso; seleccionar los detectores, captadores y accionadores necesarios. Selección del PLC.
4. Estudiar los diferentes estados de la GEMMA para determinar los estados necesarios en el automatismo y hacer su descripción. Particularizar la guía general
5. Crear el GRAFCET de *producción* de primer nivel. Representar el GRAFCET de producción de segundo nivel.
6. Definir sobre GEMMA los caminos posibles de evolución entre los estados. .
7. Preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción F1, considerado en la guía la GEMMA.
8. Programación del PLC, simulación y verificación.
9. Diseñar el cuadro interface hombre-máquina.
10. Implementación, puesta a punto y prueba.

En este proyecto se realizan los 9 primeros pasos, quedando los dos últimos reservados para el momento de implementar físicamente lo proyectado. En la Figura 2.1 pueden observarse de forma esquematizada.

**Figura 2.1 : Pasos de diseño de la automatización de la planta**



## 2.1. ESTUDIO GENERAL DEL PROCESO: MANIOBRAS Y CONTROL DE VARIABLES.

Es necesario conocer profundamente el proceso de producción para especificar las maniobras secuenciales necesarias y para seleccionar el tipo de control y regulación de las variables del sistema. De esta manera, el sistema automático articulará ambos convenientemente, según las condiciones que se vayan presentando en cada momento.

### 2.1.1. MANIOBRAS DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

La planta piloto objeto de este proyecto puede producir biodiesel mediante las dos alternativas descritas en el apartado 2.2 de la Memoria. En este proyecto se aborda la automatización de ambas formas de producción por lo que el sistema de automatización

gozará de dos programas distintos; uno de producción a partir de aceites nuevos y otro a partir de aceites usados. Cada uno de ellos se divide en tres subprocesos que se automatizarán por separado: Pretratamiento, Reacción y Lavado. Esta opción puede justificarse en base a:

- *Una mayor flexibilidad.* Así cada subproceso puede ser seguido, analizado e investigado en sus resultados parciales antes de comenzar el siguiente. Se permite así un estudio de investigación y didáctica separado de cada subproceso.
- *En caso de avería se pueden investigar las causas más fácilmente y detectar el elemento o situación sospechosa.* Esto ofrece la posibilidad de tomar decisiones sobre el aprovechamiento o la evacuación de lotes inacabados o defectuosos.
- *Los largos tiempos de reposo* de los productos intermedios así lo aconsejan.
- *Permite el cambio de modo automático a semiautomático y manual más fácilmente.*
- *Se pueden realizar acciones intermedias de mejora.*
- *La instalación de automatización es más sencilla* y si alguna vez se quisiera realizar la automatización continua solo habría que poner en serie de ejecución los tres subprogramas de control independientes

A continuación, se describen detalladamente las maniobras necesarias a realizar en la planta en cada subproceso. Estas constituyen el punto de partida del estudio de automatización ya que definirán parte de la estructura de la programación y ciertos parámetros fundamentales del sistema. Cada uno de los elementos necesarios (electroválvulas, niveles, sensores, bombas, etc. ) para hacer realidad la automatización viene identificados por una serie de iniciales (ver plano nº5 y nº6).

## A) PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES NUEVOS

### A.1) CALENTAMIENTO DE ACEITE Y PREPARACIÓN DEL METÓXIDO

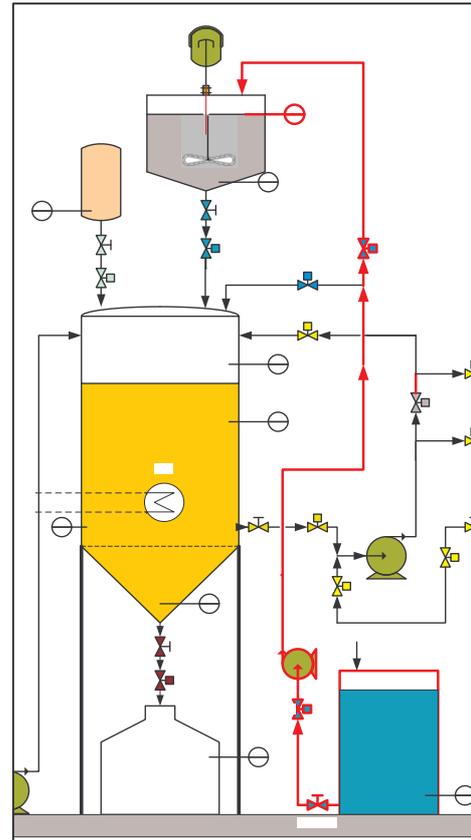
El proceso comienza cargando los reactivos para este caso, en sus respectivos tanques, y el aceite nuevo en el reactor TR directamente. El tanque de pretratamiento TP no entra en juego en este programa al no ser necesario la retirada de agua y partículas del aceite.

Cargados los reactivos y antes de que comience el proceso se comprueba que todas las válvulas, excepto aquellas que tengan que ver con el pretratamiento estén cerradas. A continuación se dan dos maniobras en paralelo: el calentamiento del aceite en el reactor y la preparación de metóxido sódico a partir de metanol e hidróxido sódico.

El aceite se calienta hasta unos 55°C, haciendo uso de la resistencia RTR en el tanque reactor TR. Esta temperatura no debe ser superada en ningún caso, ya que el metanol se evaporaría y la reacción se vería perjudicada, y debe mantenerse constante durante el periodo de reacción, por lo que su control será llevado a cabo por el termostato TTR.

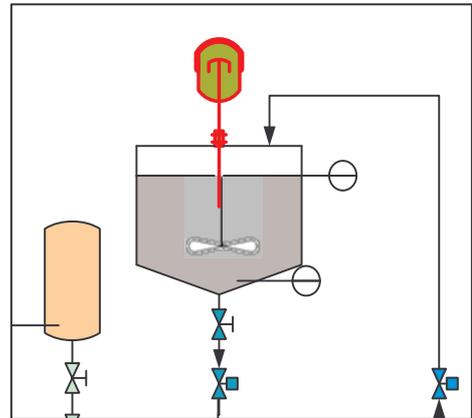
Al mismo tiempo se lleva a cabo la preparación de metóxido en el tanque mezclador TMX. Para ello y en primer lugar, debe transvasarse al mismo un volumen de metanol de unos 17,4 l desde el tanque de metanol TME (Figura 2.2); Se abren las válvulas VPTME y VEME. A continuación se conecta la bomba MB3.

Figura 2.2 :



El fin del trasvase esta regido por la activación del nivel alto del tanque mezclador ATMX, apagándose la bomba MB3. A continuación, se cierran las válvulas VPTME y VEME, y se conecta el motor mezclador MMTMX que disuelve el hidróxido sódico en el metanol resultando metóxido sódico (Figura 2.3). El motor estará activo, controlado por un temporizador, durante 20 minutos a una velocidad de agitación de unos 900 rpm. Una vez transcurrido este tiempo el motor se desconecta y el metóxido queda almacenado en el tanque TMX con objeto de utilizarlo más adelante.

Figura 2.3 :



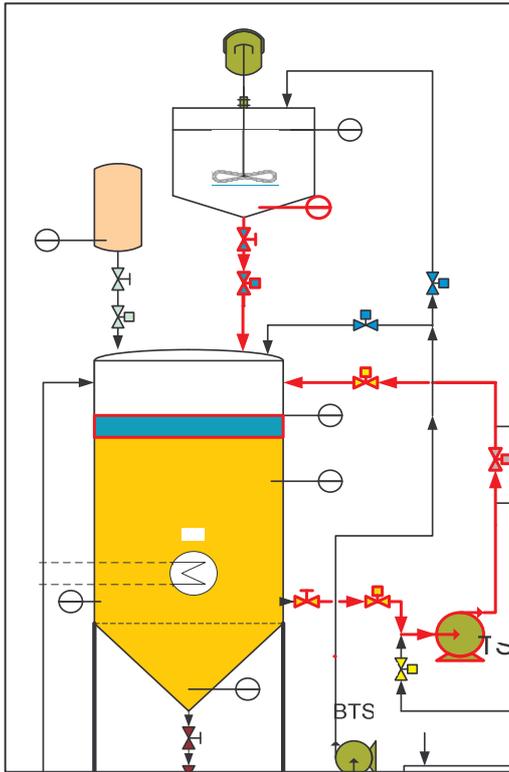
## A.2) REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN

Una vez que el motor MMTMX esté desconectado y la temperatura sea de unos 55°C dentro del reactor, se procede a la apertura de las válvulas VPTR, VPA y VRPTR y al posterior encendido de la bomba MB2. Se define así el camino de recirculación-mezclado de los reactivos y el aceite contenidos en el reactor.

Pasados 3 minutos, se abrirá la válvula VPTMX para descargar el metóxido al tanque reactor TR (Figura 2.4). El cierre de esta vendrá dado por indicación del sensor nivel bajo del tanque TMX, es decir BTMX, y por un temporizador que dejará que termine de descargar el líquido que quede en el tanque. La bomba seguirá mezclando y la resistencia manteniendo la temperatura los 60 minutos posteriores al cierre de la válvula VPTMX.

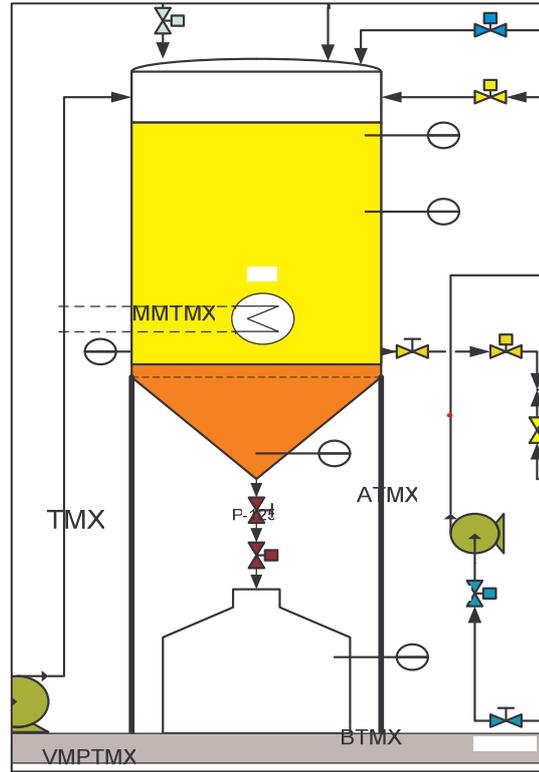
Transcurridos esos 60 minutos la reacción habrá finalizado, por lo que se procede al apagado de la resistencia RTR y la bomba MB2. Una vez apagados, se cierran las válvulas de entrada y salida al reactor, es decir las válvulas VRPTR y VPTR, y la válvula de paso VPA. El contenido del reactor se deja reposar unas 8 horas para conseguir una buena decantación de la fase pesada rica en glicerina y metanol (Figura 2.5).

Figura 2.4 :



VMPTS

Figura 2.5 :



VPTMX

VEME

### A.3) TRASVASE DEL BIODIESEL AL REACTOR, LAVADO Y EVACUACIÓN DE BIODIESEL LIMPIO

VMETR

TR

NOTA : A partir de este punto los programas 1 y 2 son idénticos.

VRPTR

Pasadas las 8 horas de decantación, se trasvasará la fase ligera o biodiesel bruto al tanque de lavado TB, se evacuará la glicerina resultante del tanque TR al tanque TG, y se añadirá agua caliente al tanque TB para un lavado eficaz. Estas tres operaciones se realizan de manera simultánea dentro de lo posible y tal como se reflejará en el lenguaje de programación GRAFCET.

ATR

VPA

TTR

BTR

VPTR

- Trasvase biodiesel y evacuación de la glicerina : Se comienza con el trasvase (Figura 2.6), abriendo las válvulas de salida VPTR del reactor, la válvula de paso VPA y la válvula de retorno de biodiesel VRTB. Seguidamente, se conecta la bomba MB2. El trasvase estará completado cuando el sensor bajo nivel BTR del tanque reactor así lo indique, y la bomba MB2 se apagará.

VMPTB

VST

VSTB1

ME2

BG

TR

MB2

A continuación, se cierran las válvulas VPTR, VPA y VRTB, y se evacua la glicerina que ha quedado en el reactor abriendo la válvula VSTG (Figura 2.7). Esta se cerrará cuando el sensor BG sea testigo que no queda glicerina dentro del reactor TR.

- *Admisión de agua en el tanque de agua TA, calentamiento y trasvase al tanque de lavado TB :* Abrir válvula VETA dejando que entren unos 30 litros de agua de la red (Figura 2.8). La válvula VETA se cierra una vez que el tanque TA está lleno y viene indicado por el sensor de nivel alto ATA. Justo después, se enciende la resistencia RTA que calentará en agua a unos 60 °C. (Esta temperatura deberá ir controlada por un termostato TTA.)

Figura 2.6 :

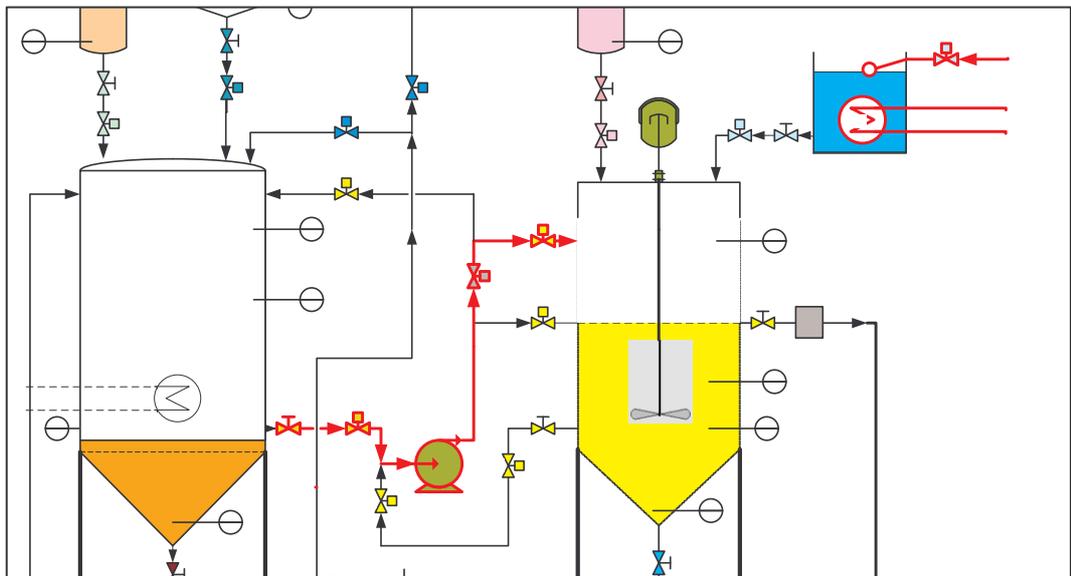


Figura 2.7 :

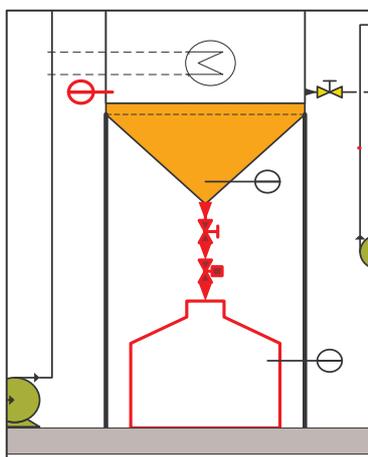
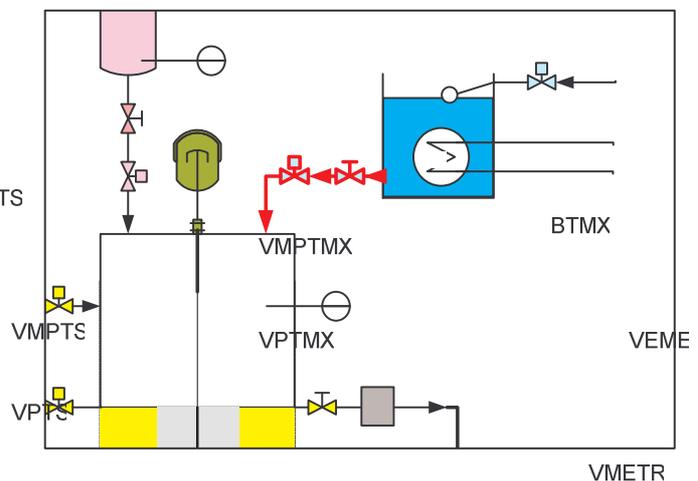
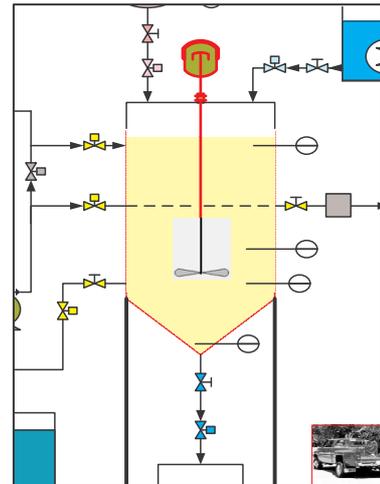


Figura 2.8 :



Una vez concluidas ambas maniobras, la resistencia RTA se apaga y se abre la válvula VATA, de manera que el agua se descargue por gravedad hacia el tanque de lavado TB. Cuando se alcance el nivel alto en el tanque de lavado TB, es decir ATB, la válvula VATA se cierra y el motor MMTB se pone en marcha a unas 500 rpm (Figura 2.9).

Figura 2.9 :



Para un lavado más eficaz es necesaria la neutralización de los restos de hidróxido sódico remanentes en el biodiesel. Es necesaria, por tanto, la adición de un ácido diluido para alcanzar un pH neutro. Se abre la válvula VPTO y el ácido ortofósforico se descarga por gravedad (Figura 2.10). Esta se cierra una vez alcanzado un  $\text{pH} = 7$  en la mezcla biodiesel-agua dentro del tanque de lavado. Esta indicación es realizada gracias al sensor de pH, PHTB.

Una vez cerrada la válvula VPTO, un temporizador contará 5 minutos ; Transcurrido este tiempo el motor MMTB se apagará y se dejará reposar la mezcla en el tanque TB para que el agua y el biodiesel decante (Figura 2.11). El tiempo de decantación es de 1 h y está controlado por un temporizador.

Figura 2.10 :

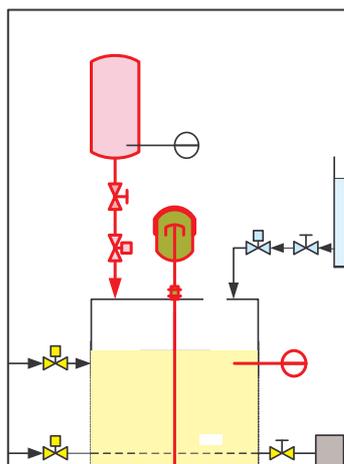
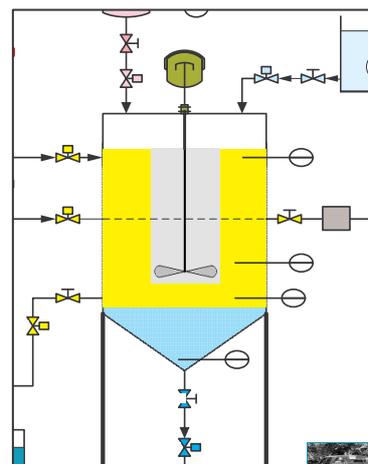


Figura 2.11 :



Cuando el temporizador cuente 1 h, se dará la maniobra de vaciado de agua sucia (desde ahora maniobra **módulo A**) : La válvula VSTAS se abre un tiempo determinado

controlado por un temporizador , descargándose el agua sucia por gravedad (Figura 2.12). Una vez pasado este tiempo la válvula VSTAS se cierra.

Una vez no haya agua sucia en el tanque de lavado, se carga agua en el tanque TA y se calienta ; Abrir válvula VETA dejando que entren unos 30 litros de agua de la red. La válvula VETA se cierra una vez que el tanque TA está lleno y viene indicado por el sensor de nivel alto ATA. Justo después, se enciende la resistencia RTA que calentará en agua a unos 60 °C. A esta maniobra le llamaremos **módulo B**.

Cuando las maniobras módulo A y módulo B hayan concluido se procede de la siguiente manera (maniobra **módulo C**): se apaga la resistencia RTA y se abre la válvula VATA, descargándose el agua al tanque TB y sumándose al biodiesel, lavado una vez, ya presente en el mismo. Después de alcanzado el nivel alto en el tanque de lavado TB, es decir, ATB , la válvula VATA se cierra y el motor MMTB se pone en marcha a unas 500 rpm durante 5 minutos. Cuando el temporizador haya contado 5 minutos dará la orden de apagar el motor MMTB para que el contenido decante durante 1 hora.

Una vez transcurrido el tiempo de decantación se da de nuevo la maniobra módulo A, cuya finalización da paso a dos maniobras de forma paralela:

- *Maniobra de enjuague 1* (Figura 2.13) del camino definido por las válvulas VSTB2, VSTB1, VPA y VRTB. Consiste en las siguientes acciones: En primer lugar se abren las válvulas VSTB2, VSTB1, VPA y VRTB. Seguidamente se conecta la bomba MB2 durante 30 segundos. Pasado este tiempo, cuantificado por un temporizador, la bomba MB2 se desconecta y justo después se cierran las válvulas VSTB2, VSTB1, VPA y VRTB. ( la maniobra de enjuague 1 se realiza para limpiar las conducciones de biodiesel bruto y glicerina resultantes del trasvase de los productos de reacción al tanque TB).
- Por otra se lleva a cabo la maniobra módulo B.

Figura 2.12 :

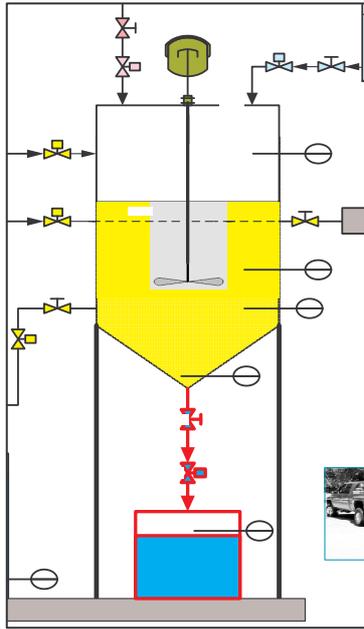
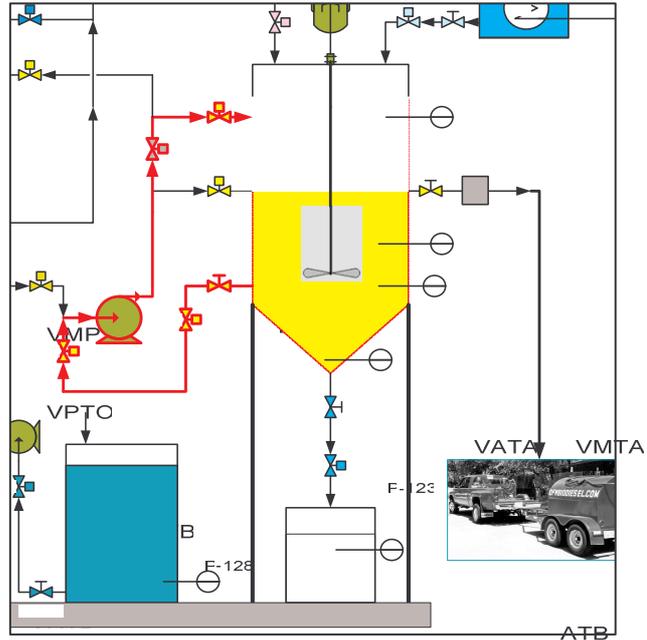


Figura 2.13 :



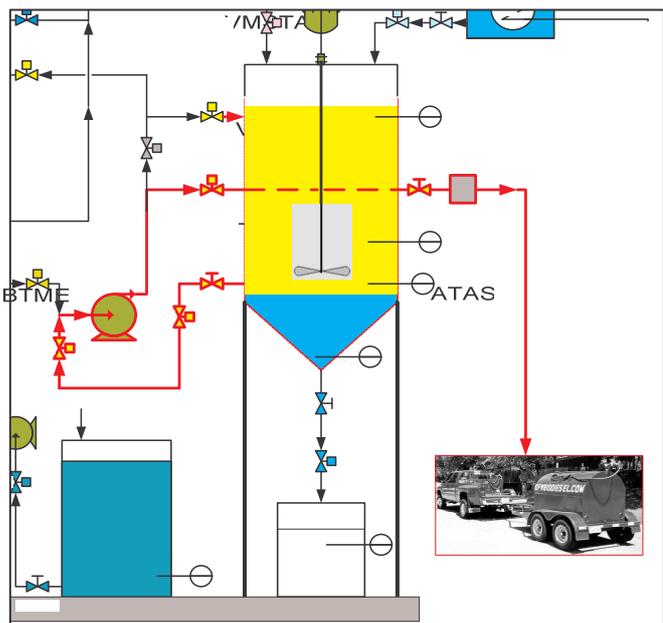
FTF

F-124

Cuando la maniobra de enjuague 1 y la módulo B hayan concluido, se lleva a cabo la maniobra módulo C y se deja reposar el contenido del tanque TB durante 1 h para que tanto agua como biodiesel decanten.

Transcurrido el tiempo de decantación se procede a la evacuación (Figura 2.14), al exterior, del biodiesel limpio y el agua al tanque TAS. Para ello, se abren las válvulas VSTB2, VSTB1 y VRTB (VPA y VPTR deben estar cerradas). Una vez abiertas se conecta la bomba MB2 y el biodiesel se trasvasa al exterior. El trasvase finaliza cuando se alcanza el nivel designado por el sensor nivel bajo BTB. Este indica a la bomba MB2 que se desconecte. A continuación se cierran las válvulas VSTB2, VSTB1 y VRTB.

Figura 2.14 :



Una vez cerradas se lleva a cabo la maniobra **módulo A**, evacuando el agua sucia y quedando el tanque TB vacío.

## B) PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES USADOS

### B.1.) PRETRATAMIENTO DEL ACEITE USADO

En primer lugar, y después de cargados los reactivos, el aceite vegetal usado se vierte en el tanque de precalentamiento/secado hasta el nivel máximo, testificado una vez encendida la luz del cuadro de operaciones gobernada por el sensor ATP (Figura 2.15)

El agua contenida en el aceite, sumamente perjudicial para los procesos posteriores, debe ser retirada. Para ello, se calienta el aceite hasta  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  mediante la resistencia RTP; el termostato TTP y el temporizador mantendrán esta temperatura 15 minutos. Después, se deja que repose por lo menos 24 horas a temperatura ambiente. Esto permitirá que el agua se deposite en el fondo del tanque gracias a su mayor densidad (Figura 2.16). Conviene no utilizar más del 90% del contenido del recipiente porque el 10% que queda en el fondo es agua. Las válvulas VSTSP y VPTP estarán cerradas.

Figura 2.15 :

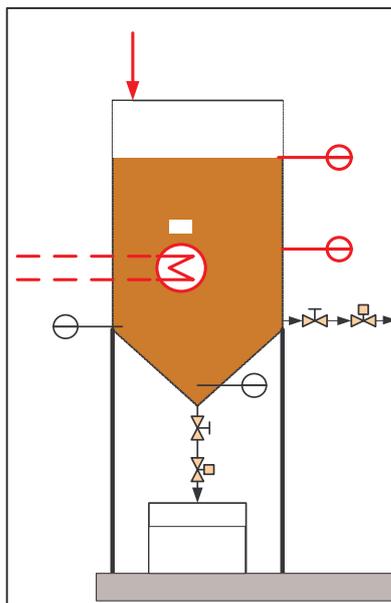
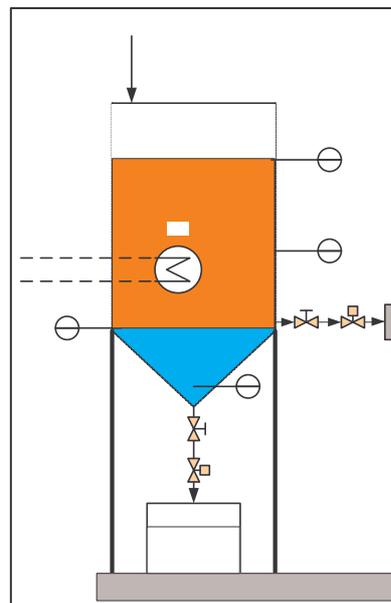


Figura 2.16 :



## B.2) TRASVASE DEL ACEITE DEL TANQUE TP AL TANQUE TR

El trasvase del aceite pretratado comienza con su precalentamiento hasta 35° C mediante la resistencia calefactora RTP. Esto le permite tener una viscosidad adecuada para el bombeo y filtrado. Posteriormente (con las válvulas VSTG, VPTS, VPTMX, VPTR, VRPTR cerradas y el depósito TR vacío indicado por BG), se abre la válvula VPTP y se bombea mediante MB1 trasvasándolo al reactor a través del filtro FTP (Figura 2.17). Este proceso finaliza por indicación del nivel bajo BTP. A continuación, se para la bomba MB1 y se cierra la válvula VPTP. Finalmente se evacuan los residuos del tanque TP al exterior mediante la apertura de VSTSP y su cierre temporizado indicado por BTSP. De esta forma el tanque TP queda preparado para el siguiente lote de producción (Figura 2.18).

Figura 2.17 :

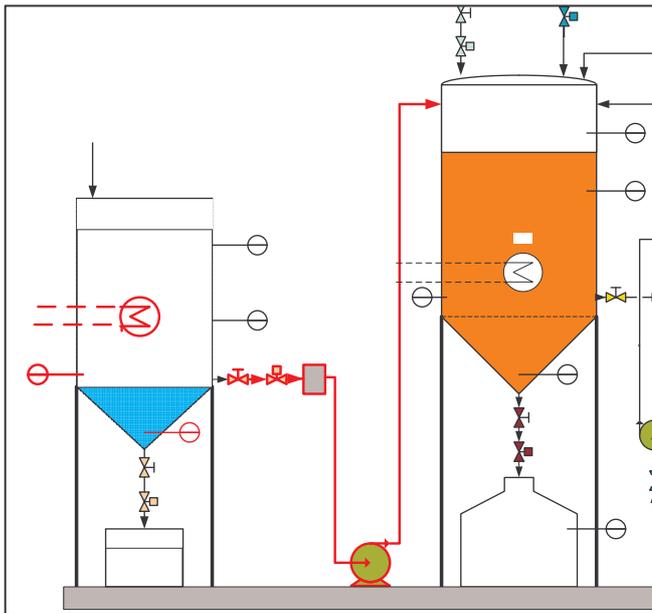
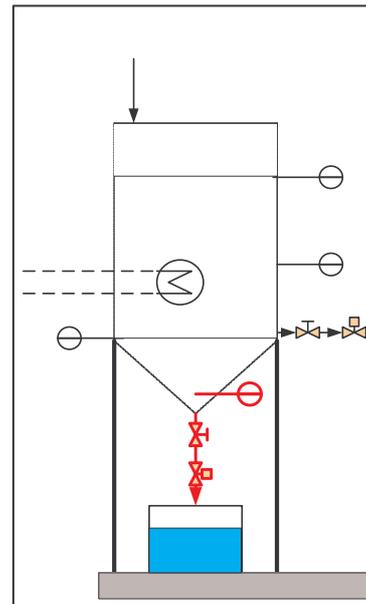


Figura 2.18 :



## B.3) PREPARACIÓN DEL METÓXIDO SÓDICO

Esta maniobra se realiza después del trasvase del aceite al reactor. Consiste en el trasvase de un volumen de metanol, de 10 l aproximadamente, al tanque mezclador TMX (Figura 2.19). Para ello, y estando cerradas las válvulas VMETR y VPTMX, se abren las válvulas VPTME y VEME y se enciende la bomba MB3.

VMPTS

VPTMX

VPTS

El fin del trasvase esta regido un temporizador, apagándose la bomba MB3. A continuación, se cierran las válvulas VPTME y VEME y se conecta el motor mezclador MMTMX que disuelve el hidróxido sódico en el metanol resultando metóxido sódico (Figura 2.20). El motor estará activo, controlado por un temporizador, durante 20 minutos a una velocidad de agitación de unos 900 rpm. Una vez transcurrido este tiempo, el motor se desconecta y el metóxido queda almacenado en el tanque TMX con objeto de utilizarlo más adelante en la reacción de transesterificación básica.

Figura 2.19 :

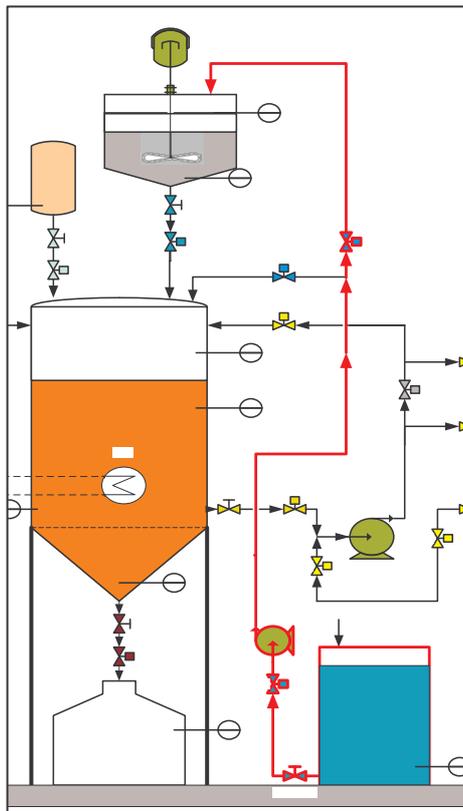
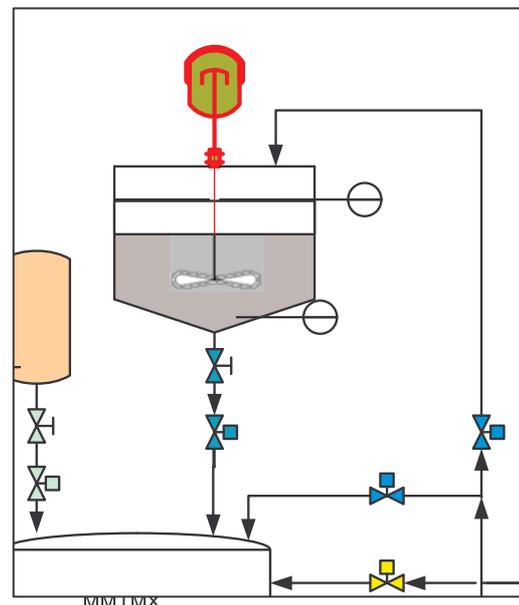


Figura 2.20 :



TMX

ATMX

#### B.4) EL PROCESO DE REACCIÓN : FASE ÁCIDA

TS

La fase ácida se basa en la esterificación de los ácidos grasos libres y para ello se necesita la presencia de metanol y ácido sulfúrico, así como una velocidad de mezcla y temperatura adecuadas. Una vez cargado el aceite en el tanque TR y comprobado inicialmente que las válvulas VPTP, VSTG, VPTR, VPTS y VEME están cerradas, se procede a trasvasar metanol al reactor TR desde TME. Se abren las válvulas VPTME y VMETR y se conecta la bomba MB3. Se bombea un volumen de metanol de unos 0,08 l

VRPTR

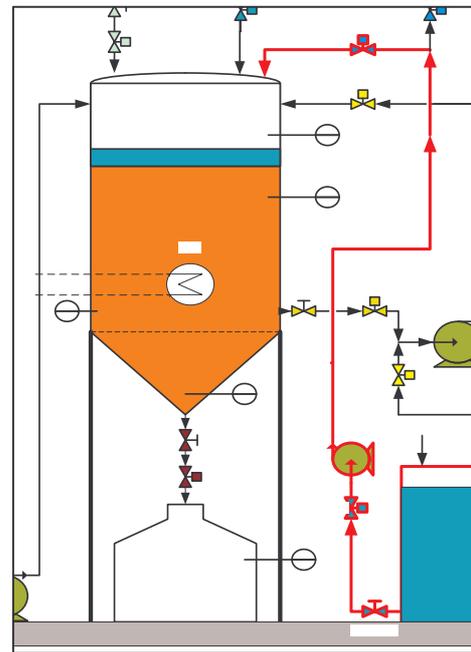
ATR

TTR

por litro de aceite aproximadamente. Para controlar el volumen a trasvasar se utilizará un temporizador (Figura 2.21).

Después de que el metanol ha sido trasvasado al reactor, se desconecta la bomba MB3 y se cierran las válvulas VPTME y VMETR. Seguidamente, se abren las válvulas VPTR, VPA y VRTPR. De esta manera, las únicas válvulas abiertas en el sistema definen un camino de recirculación al reactor. Esta recirculación es utilizada para mezclar los reactivos contenidos en el reactor. A continuación, se conecta la bomba MB2.

Figura 2.21 :



Una vez que la bomba esta recirculando el contenido del reactor, se procede a añadir el ácido sulfúrico 95% (Figura 2.22). La válvula VPTS se abre durante un periodo de tiempo adecuado, controlado por un temporizador, de manera que se añada el volumen necesario de ácido. Este es de un 1 ml por litro de aceite procesado, o sea, unos 70 ml aproximadamente en este caso. Una vez vertido el ácido, la válvula VPTS se cierra y los contenidos se recirculan 1 h. Durante este tiempo la temperatura es controlada, de manera que la resistencia sólo actúe en el caso de que la temperatura baje de 55°C.

Figura 2.22 :

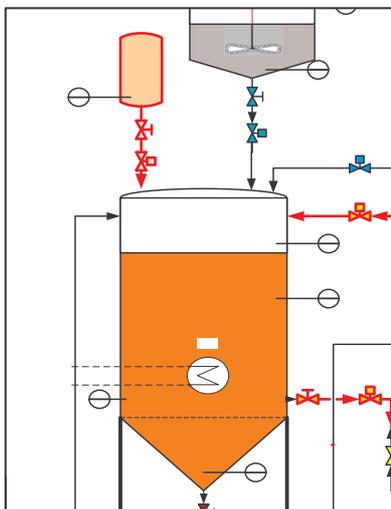
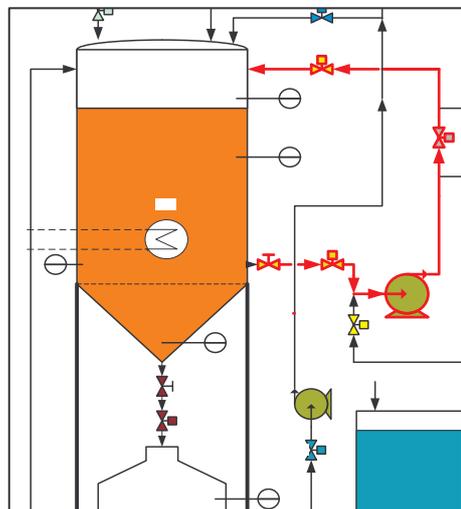


Figura 2.23 :



Transcurrida una hora después del cierre de la válvula VPTS, se desconecta la resistencia RTR pero se sigue recirculando el contenido del reactor (Figura 2.23). Otra hora más tarde, se desconecta la bomba MB2 y se cierran las válvulas VPTR, VPA y VRPTR. A partir de ese momento termina el proceso de reacción de esterificación ácida y se deja reposar. Este reposo durará unas 8 h y algo de glicerina quedará almacenada en el fondo del tanque reactor TR. Todas las válvulas de entrada y salida al reactor están cerradas durante la misma. Cabe indicar que todos los tiempos van controlados por temporizadores.

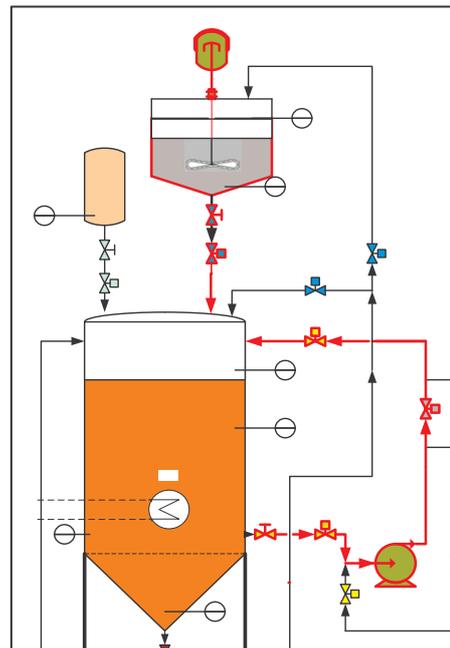
### B.5) EL PROCESO DE REACCIÓN : FASE BÁSICA

Después de la fase ácida se lleva a cabo la fase básica que se basa en la transesterificación de los ácidos grasos no transesterificados en la primera fase. Es necesaria la adición del metóxido sódico previamente preparado y una velocidad de mezclado y una temperatura adecuadas.

El primer paso de esta maniobra es la apertura de las válvulas VPTR, VPA y VRPTR para definir el camino de recirculación y posibilitar el mezclado del contenido del reactor. A continuación, se conecta la bomba MB2 y después se procede a añadir la mitad del metóxido presente en el tanque mezclador TMX al tanque reactor TR. Este se realiza por gravedad. Para ello se abre la válvula VPTMX. El tiempo de apertura viene dado por un temporizador (Figura 2.24).

Una vez que la mitad del metóxido ha sido añadido y la válvula VPTMX cerrada se conecta la resistencia RTR, que elevará y mantendrá la temperatura del reactor a unos 55°C, todo regulado por el termostato TTR. Durante el tiempo empleado en aumentar la temperatura la bomba sigue recirculando y mezclando los reactivos, así como neutralizando los restos ácidos remanentes de la etapa anterior. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se procede a

Figura 2.24 :



añadir el resto del metóxido; se abre la válvula VPTMX y el metóxido cae por gravedad. Esta se cierra por indicación del sensor nivel bajo del tanque de metóxido, BTMX (Figura 2.25). La bomba seguirá mezclando y la resistencia manteniendo la temperatura las 2 h posteriores al cierre de la válvula VPTMX.

Figura 2.25 :

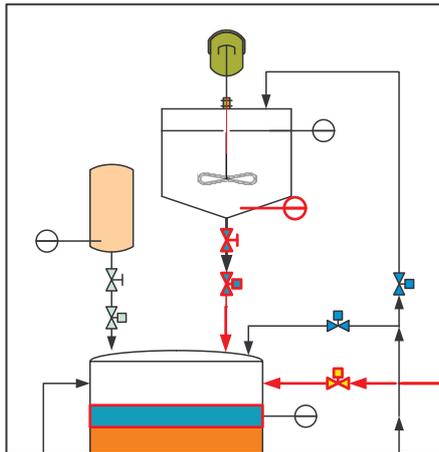
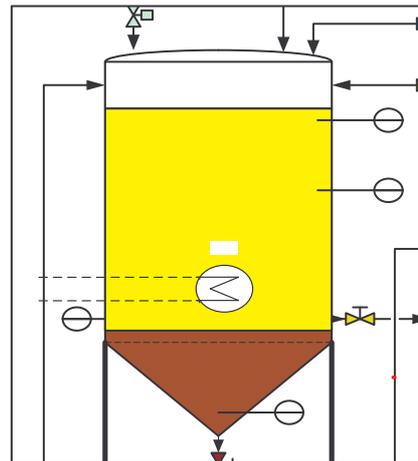


Figura 2.26 :



Transcurridas 2 h controladas por temporización, se desconectan la resistencia MMTMX y la bomba MB2. Después se cierran las válvulas VPTR, VPA y VRPTR y se deja decantar el contenido final del reactor TR durante 8 h (Figura 2.26).

## B.6) TRASVASE DE PRODUCTOS , LAVADO Y EVACUACIÓN DE BIODIESEL AL EXTERIOR<sup>TS</sup>

Todo el resto del proceso es idéntico a su parte correspondiente en la “Producción de biodiesel a partir de aceites nuevos” (Apartado 2.1.1. A.3)

### 2.1.2. FORMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN DE VARIABLES DEL SISTEMA

Tal como puede observarse en la descripción de maniobras, no todo se trata de una secuenciación acciones sucesivas. Las acciones vienen condicionadas por eventos como alcance de ciertas temperaturas y niveles, tiempos transcurridos, fallos en el sistema,

etc. En este apartado se aborda y justifica la selección de las formas de control y regulación de cada una de estas variables. Muchas de ellas se delegarán a dispositivos externos que asistirán al autómeta en el control automático.

## **A) CONTROL Y REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA**

Hasta tres de los tanques de la planta piloto requieren un control y regulación de la temperatura: el tanque de pretratamiento TP, el reactor TR y el tanque de calentamiento de agua TA. Sin embargo, no todos necesitan el mismo nivel de control.

### **A.1) CONTROL EN LOS TANQUES TP Y TA:**

Los tanques TP y TA manejan aceites usados y agua respectivamente. Ambos líquidos deben alcanzar y mantenerse a la misma temperatura, unos 60°C. Sin embargo, por el carácter burdo de ambas operaciones y por las características de los líquidos en cuestión, no es necesario un control exhaustivo de ambos. Es decir, el aceite no se degradará por una oscilación de la temperatura del orden de unos grados, pues ya fue sometido a temperaturas mucho más acusadas durante los procesos de fritura. Más evidente aún es el caso del agua.

Es por tanto innecesario un control y regulación depurada de la temperatura, como el PID, en ambos tanques. Se opta, por tanto, por un control “Todo o nada” (On-Off), cuyas pequeñas oscilaciones no afectan en lo más mínimo a los objetivos pretendidos. Esta opción es, además, la más económica.

Una vez elegido en tipo de control, la cuestión es como implementarlo. Existen diversas posibilidades como pueden ser la programación y su gestión por medio del PLC, o la utilización de un controlador exterior que se encargue del control de manera independiente pero que esté en todo momento con el autómeta. Se opta por la segunda ya que :

- Facilita mucho la programación ya que no es necesario especificarle al autómeta como controlar la temperatura.

- Es mucho más práctico pues permite cambiar los setpoints y ajustar otra serie de parámetros como las alarmas o los ciclos de histéresis.
- Interactúa con el autómatas en todo momento. Con las conexiones adecuadas tanto el controlador como el autómatas pueden cortar la alimentación de la resistencia en cuestión.

La regulación está garantizada mediante las dos resistencias de 1,5 kW en el tanque TP, y la resistencia de 3 kW en el tanque TA pues poseen la potencia necesaria para ello.

## **A.2) CONTROL EN EL REACTOR TR:**

El reactor TR es el encargado de albergar las reacciones de esterificación y transesterificación en su interior. A diferencia de los calentamientos del agua y el aceite, las reacciones exigen un control más exhaustivo de sus variables fundamentales para una correcta optimización y estudio del proceso. Siendo las presiones de trabajo de ambas reacciones cercanas a la presión atmosférica, la temperatura se erige como variable fundamental a controlar. Esta influye directamente sobre las conversiones y el tiempo de reacción.

Las reacciones que se llevan a cabo en el reactor poseen características termodinámicas y cinéticas diferentes. Mientras la esterificación es exotérmica, tal como se deduce de los cálculos incluidos en los balances de energía (Apartado 1.2), la de transesterificación es endotérmica y necesita aporte de energía.

El carácter exotérmico de la reacción de esterificación y el diseño de la planta requieren una revisión de la actuación de esta reacción a la hora de estudiar el control de la temperatura. Según los cálculos incluidos en los balances de energía, la reacción de esterificación, debido a su carácter exotérmico, genera calor dentro del reactor aumentándose la temperatura desde unos 35°C hasta unos niveles de 65 °C aproximadamente en el peor de los casos. Sin embargo, este hecho choca frontalmente con el diseño de las unidades de esterificación de ácidos libres ya existentes<sup>[18]</sup>, las

cuales suministran calor al sistema continuamente para mantener la temperatura del tanque, y con la experiencia de usuarios que recomiendan mantener la temperatura a 35 °C <sup>[13]</sup> aún cuando sus reactores no tienen sistemas de refrigeración, sino simples resistencias calefactoras. Así mismo, en los experimentos realizados en el “Laboratorio de Biorrecursos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz” tampoco se observaron repuntes en la temperatura en ninguna de las experiencias.

Así, se opta por un control PID, que permite una buena regulación de la temperatura en la reacción de transesterificación. Respecto a la reacción de esterificación, también va controlada mediante PID. Ambos controles se realizarán mediante un controlador externo por las mismas razones que las dadas para el control de los tanques TP y TA. La conexión automática – controlador será fundamental y permitirá, entre otras muchas posibilidades, desconectar el lazo de control en el caso de que se rebasen las temperaturas estipuladas y así evitar el improbable sobrecalentamiento del sistema en el caso de la esterificación.

Es necesario comentar que el controlador seleccionado posee lazos de control y regulación de temperatura frío y calor, por lo que está preparado en el caso de que optase por instalar algún elemento adicional para retirar calor del reactor.

## **B) CONTROL DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN LOS TANQUES**

El control de los niveles, es importantísimo en la automatización del proceso, ya que son condiciones fundamentales para la marcha y el paro de algunos de los elementos de la planta. Tal como puede verse en la descripción de maniobras, prácticamente se necesita comprobar y controlar los niveles de todos los tanques. En cada tanque hay que controlar un número de niveles determinado (Ver Tabla 2.1) a diferentes alturas dependiendo de las características de los contenidos de cada uno de ellos .

Las alturas a la que irán colocados estos niveles vienen determinada por las cantidades de producto obtenidas (balances de materia, apartado 1.1) y por la geometría

cilíndrica-troncocónica de los tanques (dimensionamiento, aparatado 1.3). Ver plano nº2.

**Tabla 2.1: Características de los niveles a medir**

<b>Tanque</b>	<b>Nº niveles</b>	<b>Descripción niveles</b>
Tanque de pretratamiento TP	3	Alto, Bajo, medio (interfase)
Reactor TR	3	Alto, Bajo, medio (interfase)
Tanque de lavado TB	3	Alto, Bajo, medio (interfase)
Tanque de metanol TME	1	Bajo (carga mínima)
Tanque de metóxido	2	Alto, Bajo
Tanque de agua TA	1	Alto
Depósitos ácidos	1	Bajo (carga mínima)

De todas formas, estas alturas pueden ajustarse y calibrarse, ya sea mediante el propio sensor de nivel seleccionado en cada caso o mediante modificaciones en la programación del autómeta.

### **C) CONTROL DE LOS TIEMPOS DE PROCESO**

Las estrategias del control de los tiempos de cada una de las operaciones llevadas a cabo en la planta piloto son dos :

- **Temporización mediante PLC**

Los autómetas programables disponen de una serie de modos de acción que pueden activarse, si se desea, por medio de programación. Entre ellos destaca la acción de contaje<sup>[50]</sup>, es decir, el PLC dispone de una serie de contadores y temporizadores internos que pueden actuar sobre las salidas.. De esta manera el autómeta mediante la instrucción CONT puede contar hasta 999 pulsos o conseguir temporizaciones de 999 segundos como máximo mediante TIM.

La capacidad máxima de temporización del PLC es, por tanto, reducida. A pesar de ello, la programación permite aumentar el tiempo de temporización por medio de

subrutinas, de manera, que cuando cuente 999 segundos, se reinicie el ciclo de nuevo y así hasta el número de veces que se desee. Otra opción es poner temporizadores sucesivos hasta el tiempo deseado. Estas soluciones podrían ser válidas para todas las temporizaciones implicadas en la producción. Es decir, para los pequeños tiempos se aplicarían unos intervalos de acuerdo con el tiempo necesario y para los tiempos de más de 999 segundos se aplicaría la programación.

Se opta por esta forma de temporizado en maniobras de trasvase y descarga de líquido, mezclado, comprobación de condiciones, y en el accionamiento de pulsadores en el cuadro de control, en las que además no es necesario presentar al operador dichos tiempos. En resumen, en aquellas todas maniobras que comprendan tiempos menores a una hora (3600 s).

- **Temporización mediante temporizador digital externo**

Aunque todas las temporizaciones podrían ser realizadas por el PLC, se delega a un temporizador externo los tiempos de ciertas operaciones como los de procesos de reacción y decantación. Los tiempos de ambos procesos son del orden de horas, exactamente de 1,2,8 y 24 horas, por lo que se opta por configurar el temporizador externo en ciclos de 1 hora y mediante sencillas subrutinas de programación se repite el ciclo el número de veces deseado. Las razones por el cual se utiliza este tipo de temporización en estos casos se resumen a continuación:

- El temporizador externo va asociado a un visualizador. Mediante las pantallas de ambos es posible seguir los tiempos de reacción y decantación en todo momento. Esta opción es ideal pues los temporizadores del autómeta no reflejan el tiempo.
- El temporizador externo puede pararse, fijando y representando el tiempo en el que se dejó el proceso en casos en los que se pare la producción ya sea por parada general, por fallos o por emergencias.

- Con todo, esto se logra controlar la reacción y la decantación con un grado de detalle mucho mayor, pudiéndose saber donde se quedó el sistema y dando un punto de partida al operador para la siguiente decisión a tomar.
- El uso del temporizador externo, exige al ingeniero de programar complicadas instrucciones para que el PLC sustituyese por completo al controlador en sus acciones.
- Se facilita la vuelta al proceso de producción después de las paradas.

#### **D) CONTROL DE LA MARCHA DE PROCESO :**

El fallo o la parada de un proceso, significa salir de la producción de forma repentina dejando el proceso de producción a medias. Generalmente, si no se dispone de una pantalla de control esta situación podría causar algunos problemas, pues el sistema de alguna manera sería “ciego”, es decir, el operador no sería capaz de determinar con exactitud que estaba gestionando el sistema de control. En todo caso podría intuirlo con la luces del cuadro pero nunca podría determinar un criterio de acción más concluyente.

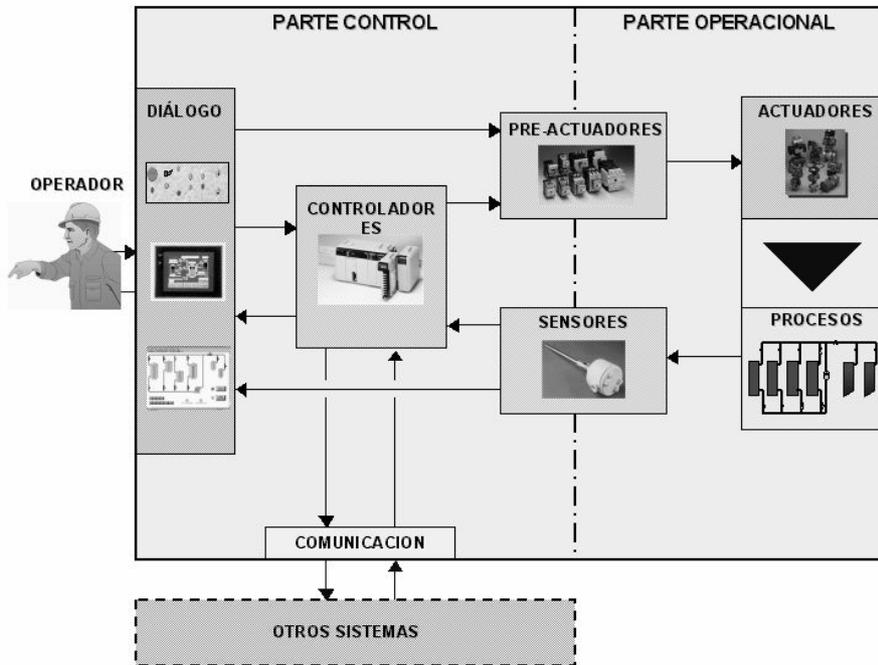
Por esta razón, debe asistirse al autómeta de un contador externo de manera que, mediante programación, visualice los “pasos de producción” dados, es decir, conjuntos de maniobras especificados como trasvases, descargas, mezclas, calentamientos, etc. El contador externo señalará cero al comenzar el proceso e irá sumando unidades a medida que se vayan dando los pasos de producción. Una vez realizada la programación del autómeta cada uno de ellos se identifica con un número. Estos pueden verse en la figura 2.46 de este anexo.

## **2.2. DEFINICIÓN DE PARTES OPERACIONAL Y DE CONTROL**

Dos grandes apartados agrupan los equipos a considerar y posteriormente a instalar e integrar en la automatización final: parte operacional y parte de control.

Aunque ambas partes se interrelacionan, el considerarlas inicialmente por separado facilita el estudio. En la Figura 2.27 se ven los elementos que integran cada parte.

Fig nº 2.27:

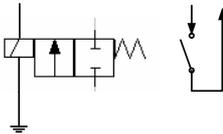
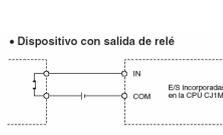
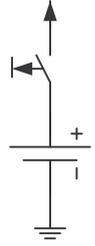
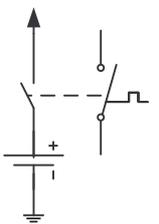


### A) PARTE OPERACIONAL

Es la parte constituida por sensores, preactuadores y actuadores, los cuáles, son seleccionados en base a los requerimientos y características del sistema. Su selección se haya justificada en el partido 2.3.

Una vez seleccionados, debe determinarse el número y las características de las conexiones de los sensores y actuadores de la planta, sus tensiones de trabajo, número de hilos, patillas de conexión y tomas de tierra, para así definir mínimamente las necesidades del PLC en cuanto a unidades de Entrada/Salida y a tensiones necesarias. En la tabla a continuación se muestra el número de entradas y salidas generados por la inclusión de cada uno de los elementos de la parte operacional. Así, conociendo el número de sensores y actuadores a instalar permite conocer el número de entrada y salidas requeridas. Se clasifican en digitales y analógicas:

- **Señales de entrada y salida digitales**

Icono	Elemento	Conductores	Señal (por elemento)
	<p><b>Válvulas automáticas de tuberías:</b> Son electroválvulas monoestables, cerradas en reposo.</p>	<p>2 conductores : tensión 24 v cc (1 Salida PLC) y tierra para la bobina de actuación</p>	<p>Dos cables para el contacto auxiliar. <u>1 entrada PLC</u></p>
	<p><b>Salida a Relé Intermedio Auxiliar</b></p>	<p>Dos conductores: Fase y tierra</p>	<p><u>1 señal salida del PLC</u></p>
	<p><b>Entrada digital de Altos y bajos niveles señal digital todo/nada 24 v cc</b></p>	<p>Necesitan dos conductores para llevar la señal desde el sensor al cuadro</p>	<p><u>1 entrada al PLC</u></p>
	<p><b>Pulsadores de marcha y parada:</b></p>	<p>Dos conductores (uno de ida y vuelta)</p>	<p><u>1 entrada al PLC</u></p>
	<p><b>Contactos auxiliares de contactores e interruptores de protección.</b></p>	<p>Dos conductores (uno de ida y vuelta)</p>	<p><u>1 entrada al PLC</u></p>

- **Señales de entradas analógicas:**

Para el tratamiento de señales analógicas por parte de un procesador digital es necesario adaptar la señal del sensor y convertirla en señal digital para almacenarla en la

memoria DM (Memoria de Datos) del PLC. La señal analógica ya sea en voltios o miliamperios (mA) sigue un proceso de acondicionado o filtrado de ruidos inducidos, amplificación del nivel de señal, y finalmente una conversión a señal digital de “unos y ceros” con una determinada resolución. (Ver Figura 2.28).

Para realizar estas funciones en el mundo de los PLC, se emplean unidades especializadas de entradas analógicas. Para elegir la idónea se necesita conocer el número de entradas analógicas al PLC y para ello deben tenerse en cuenta los sensores analógicos instalados:

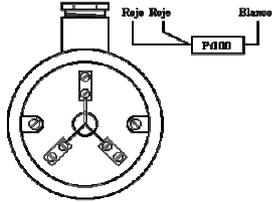
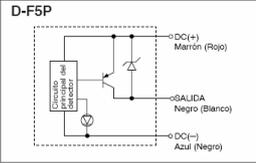
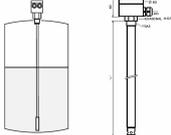
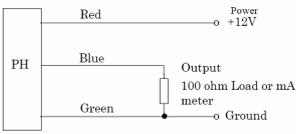
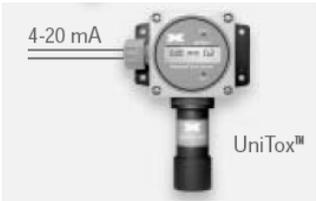
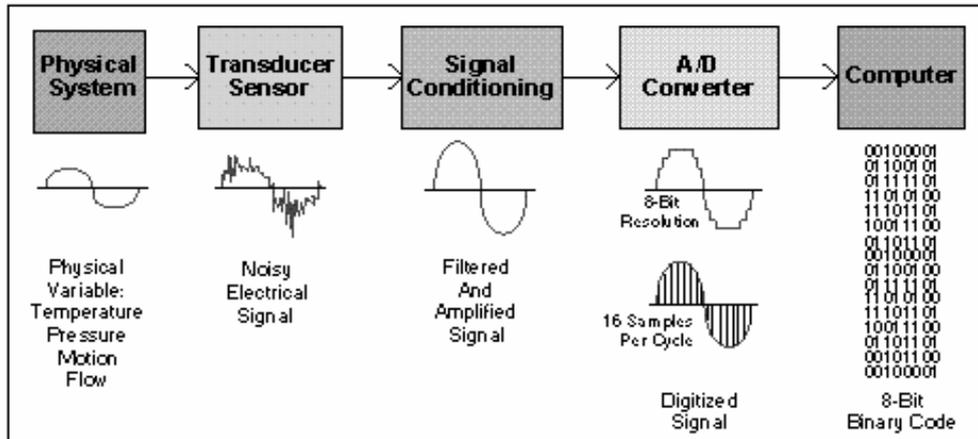
Icono	Elemento	Conductores	Señal
	<p><b>Sensor analógico</b>  <b>Termoresistencia PT100</b>                      Alimentación 24 V cc</p>	3 conductores : dos hilos y equilibrado de la resistencia del hilo conector	1 entrada al controlador o a ud. E/S analógica, de 3 hilos. (A+,A-,TT)
	<p><b>Sensor de nivel capacitivo</b></p> 	Tres hilos: Alimentación 24 V Salida 4-20 mA y toma de tierra	1 Entrada a unidad de E/S analógica de 3 hilos. (A+,A-,TT)
	<p><b>Sensor de pH</b></p>	Tres hilos: Alimentación 24 V ,Salida 4-20 mA y toma de tierra	1 Entrada a unidad de E/S analógica
	<p><b>Sensor de gas metanol</b></p>	Tres hilos: Alimentación 24 V ,Salida 4-20 mA y toma de tierra	1 Entrada a unidad de E/S analógica

Fig nº 2.28: Paso señal analógica a digital

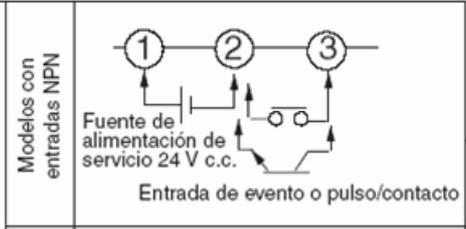
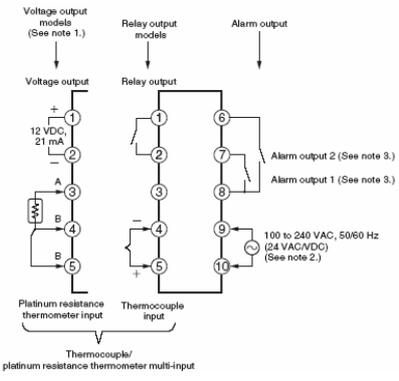
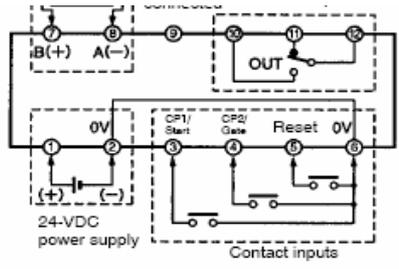


## B) PARTE DE CONTROL

Es la parte que agrupa al autómata, sus elementos principales y a los dispositivos digitales que, en coordinación con el PLC, realizan funciones específicas y tipificadas en el mundo del control automático como el control de la temperatura, la temporización, etc. La parte de control también está relacionada con las decisiones tomadas en la parte operacional.

Tal como se describe en la memoria descriptiva y en el apartado 2.1.2, se ha optado por la selección de diversos aparatos electrónicos externos y adicionales al PLC para controlar los niveles de temperatura alrededor de un valor deseado, realizar contajes de maniobras, temporizaciones del orden de horas, y presentar las variables internas del PLC al operador. Esta decisión, ya justificada, se basa en criterios de facilidad de programación, mantenimiento, robustez, versatilidad, fiabilidad y carácter práctico.

Al margen de sus características técnicas, detalladas en sus correspondientes hojas técnicas (ver Anexo A.I y A.II), solo se consideran los esquemas de cableado de cada uno de los dispositivos. Estos representan las entradas y salidas de las señales que reciben y generan. Gracias al análisis de las mismas, con ayuda de la tabla de entradas y salidas y los planos de conexionado (planos nºs 4, 5 y 6), es posible determinar el número de entradas y salidas que supone la parte operativa:

 <p>Modelos con entradas NPN</p> <p>Fuente de alimentación de servicio 24 V c.c.</p> <p>Entrada de evento o pulso/contacto</p> <p><b>1. VISUALIZADOR K3GN</b></p>	<p>Visualiza los “pasos de producción”. Necesita 3 conductores: señal de 24 v cc, común y señal de impulso de tensión por contacto de la salida del PLC. <u>Supone 1 salida del PLC</u></p>
 <p>Voltage output models (See note 1.)</p> <p>Relay output models</p> <p>Alarm output</p> <p>Voltage output</p> <p>12 VDC 21 mA</p> <p>Relay output</p> <p>Alarm output 2 (See note 3.)</p> <p>Alarm output 1 (See note 3.)</p> <p>100 to 240 VAC, 50/60 Hz (24 VAC/VDC) (See note 2.)</p> <p>Platinum resistance thermometer input</p> <p>Thermocouple input</p> <p>Thermocouple/platinum resistance thermometer multi-input</p> <p><b>2. CONTROLADOR ON-OFF E5CSV (CTTA/CTTP)</b></p>	<p>Controlador compartido por los tanques TP y TA. Los sensores de temperatura PT100 correspondientes van directamente al controlador (3-4-5). Este recibe una señal de alimentación ACTTP ó ACTTA desde el PLC, y emite una señal de alarma ALICTTA hacia el PLC. Además, una señal del autómatas puede desconectar el circuito de alimentación de la Resistencia RTP o RTA. <u>Esto indica que utiliza 2 salidas y 1 entrada del PLC.</u></p>
 <p>B(+)</p> <p>A(-)</p> <p>OUT</p> <p>0V</p> <p>CP1/Start</p> <p>CP2/Close</p> <p>Reset</p> <p>0V</p> <p>24-VDC power supply</p> <p>Contact inputs</p> <p><b>3. TEMPORIZADOR H8GN</b></p>	<p>Controla los tiempos del orden de horas . Recibe hasta tres señales desde el PLC: Start, Gate, Reset y entra la señal OUT. <u>Supone 3 salidas y una entrada del PLC.</u></p>

**4. CONTADOR H8GN**

Visualiza los ciclos generados por la programación de subprocesos. Del PLC salen dos señales: Start, Reset y entra la señal OUT. Supone 2 salidas y una entrada del PLC.

Salida de relés  
250 Vc.a., 3 A  
(carga resistiva)

Salida de tensión  
12 Vc.c., 21 mA

Salida de corriente  
4 a 20 mA c.c.  
0 a 20 mA c.c.

Entrada analógica

Entrada múltiple

Salida de alarma (salida de relé)

Salida de alarma 2 (Salida de relé)  
250 Vc.a., 1 A  
(carga resistiva)

Salida de alarma 1, HBA/HS  
error de alarma/entrada

Fuente de alimentación de entrada  
100 a 240 Vc.a.  
24 Vc.a./c.c. (sin polaridad)

**5. CONTROLADOR TEMPERATURA PID E5CN**

El sensor de temperatura PT100 va directamente al controlador ( 3-4-5) , del PLC recibe una señal de alimentación ACTTR 9.7, y emite una señal de alarma AL1CTTR 10.11. al PLC. Supone 1 entrada y salida del PLC. Recibe una comunicación con el PLC RS485

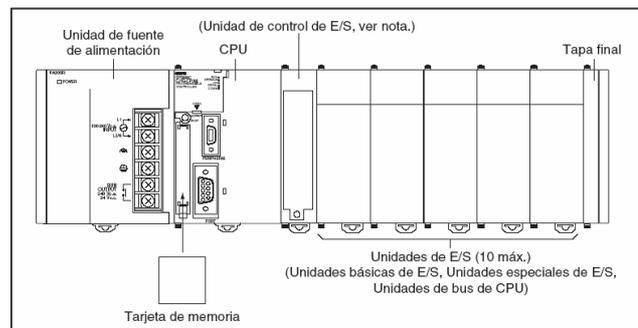
### 2.3. SELECCIÓN DEL AUTÓMATA

El control principal y de base se realiza con un autómata modular que se comunica con el cuadro de mando o interface de diálogo del operador, y con el proceso a través de los actuadores (motores, resistencias y válvulas) y los sensores digitales de nivel y analógicos de nivel, temperatura, pH y metanol.

Para realizar la programación práctica del automatismo, es imprescindible un determinado software de programación y un determinado lenguaje, que dependen a su vez de la marca del autómatas que se elija. Además, se debe indicar que los simuladores de comprobación inicial de funcionamiento correcto de dicha programación, son propios de cada casa fabricante del PLC. Se ha escogido el PLC de la casa Omron por los siguientes motivos:

- Ser un autómatas moderno, modular, de altas prestaciones, económico, y con abundante información en Internet y con manuales de funcionamiento y configuración en formato pdf.
- Incorpora la posibilidad de conectarlo a red Ethernet y a Internet.
- Disponer en el “Área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Cádiz” (con la cual se ha colaborado) no solo de la gama de PLC elegido, sino de aparatos digitales externos de regulación y temporización.
- Experiencia en el manejo del mismo en el Departamento ISA.
- El peticionario de este proyecto es la Universidad de Cádiz, la cual tiene un concierto de colaboración con la empresa de Automatización OMRON, y se dispone de cursos de formación gratuitos, línea de consulta, CD ROM técnicos, material para prácticas docentes y de investigación y descuentos de material.

**Figuras 2.29 y 2.30 : CPU y PLC con sus módulos**



La unidad de control adecuada para los objetivos del proyecto debe cumplir:

- Tener suficiente memoria para alojar el programa de control
- Disponer de memoria Compact Flash extraíble para cambios de programas y datos.
- Comunicación por puerta RS-232C de unidad programable para cambiar parámetros de control.
- Suficiente capacidad de cálculo y de trabajo en paralelo.
- Suficientes unidades de E/S para los sensores y actuadores
- Programación mediante PC en entorno Windows.
- Simulador por software de programa de control.
- Grupo de instrucciones necesarias en el programa propuesto
- Lenguaje de alto nivel de programación.
- Soporte adecuado de empresa suministradora.
- Capacidad de conectar a SCADA y una unidad HMI externa táctil.
- Capacidad de conectarse a red Ethernet y a control a distancia por Internet.

El PLC elegido es el “CPU13 CJM1 ETN” y cumple con estas expectativas. Tiene la posibilidad de 640 puntos, 20 K pasos de programa, memoria para 32 K palabras y velocidad de tratamiento de 100 ns. En la tabla 2.2 se exponen dichas características y en el Anexo A.I el resto.

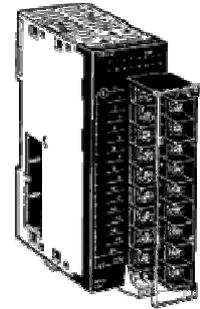
**Tabla 2.2 : Características del PLC CJM1<sup>[22]</sup>**

Modelo	Número de puntos de E/S	Número máximo de bastidores de expansión	Número máximo de unidades conectables	Capacidad de programa	Capacidad de memoria de datos	Velocidad de proceso de la instrucción LD	Puertos integrados	Opciones	E/S incorporados
CJ1M-CPU12	320	Ninguno	10 Unidades	10 Kpasos	32 Kpalabras (sólo DM, no EM)	100 ns	Puerto de periféricos y puerto RS-232C	Tarjeta de memoria (compact flash)	Ninguna
CJ1M-CPU13	640	1 Unidad	Bastidor de CPU: 10 Unidades Bastidor de expansión: 10 Unidades	20 Kpasos					
CJ1M-CPU22	320	Ninguno	10 Unidades	10 Kpasos					
CJ1M-CPU23	640	1 Unidad	Bastidor de CPU: 10 Unidades Bastidor de expansión: 10 Unidades	20 Kpasos					

## A) SELECCIÓN DEL NUMERO DE UNIDADES DEL AUTÓMATA

Siguiendo el razonamiento del apartado 2.2, la primera decisión a tomar es cuantas unidades de E/S se necesitan. En las tablas de entradas y salidas (planos n°s 4, 5 y 6), se exponen las entradas de los sensores, contactos auxiliares de realimentación, pulsadores de marcha y parada, interruptores, selectores, y las salidas a los elementos de acción, y que suponen un total de:

**Figura 2.31:**  
Unidad E/S



- N° entradas digitales 24 v cc necesarias: 121
- N° salidas 24 v cc. necesarias : 47
- N° entradas analógicas necesarias: 4

Tanto las unidades de entradas como de las salidas del autómata elegidas, son de 16 puntos, numeradas del 0 al 15, con un prefijo numérico según la posición de colocación del módulo en el Rack del PLC (planos n°s 4, 5 y 6). Por tanto se necesitan 8 unidades de 16 entradas ( $8 \cdot 16 = 128E > 121 E$ ) y 3 módulos de salida ( $3 \cdot 16 S = 48 S > 47 S$ ), y un módulo de entradas analógicas ( $8EA > 4 EA$ ).

La unidad de entradas analógicas deberá ser compatible con el autómata elegido “CJ1M CPU13 ETN de OMRON” por lo se opta por una unidad CJ1W AD081 de la misma casa, con capacidad hasta 8 entradas ( 3 sondas de temperatura, 1 sensor gas metanol, 1 sensor de nivel capacitivo, 1 sensor de pH, + reserva)

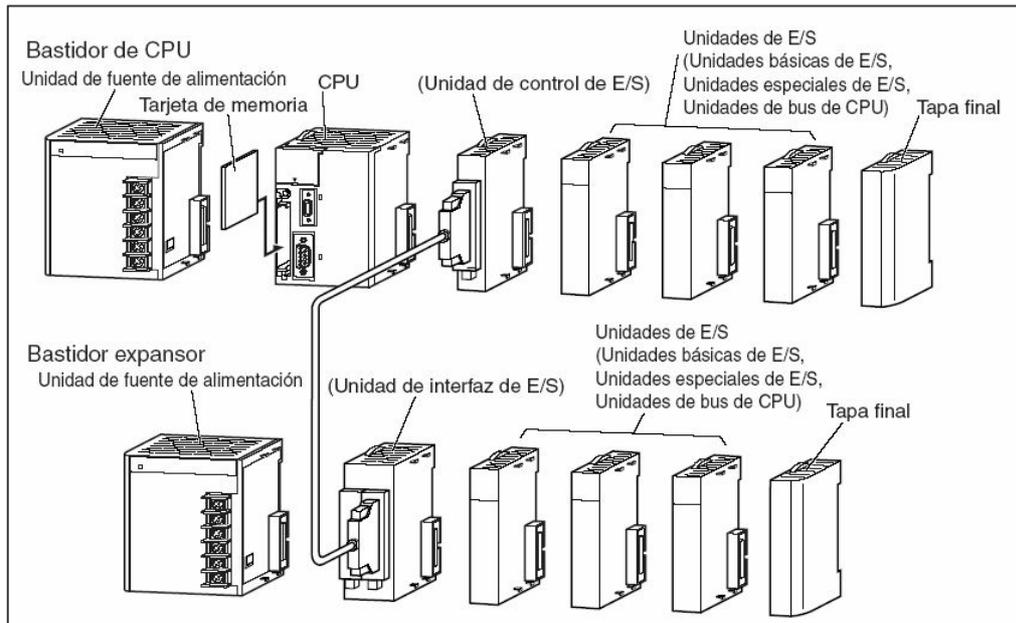
Esta unidad, presenta un bloque de terminales donde conectar los conductores del sensor. Este puede entregar la señal medida en tensión ( 1- 5 v) o en intensidad (4-20 mA) (Tabla 2.3) y cada entrada dispone de un conmutador para elegir el tipo adecuado.

**Tabla 2.3** <sup>[22]</sup> :

Unit		Analog input	
		Maximum input points	Input signal range
Analog Input Units	CS1W-AD041-V1	4	-10 to 10 V
	CS1W-AD081-V1	8	0 to 10 V
	CS1W-AD161	16	0 to 5 V 1 to 5 V 4 to 20 mA

Por otro lado, el autómatas elegido, solo soporta en un rack un máximo de 10 unidades de entradas y salidas, por lo que se necesita disponer de un segundo rack. Para ello se hace necesario añadir un módulo de control de E/S, una fuente de alimentación más y un módulo de interface de E/S unidos ambos por cable. En la Figura 2.31 se ven todos los elementos necesarios ya citados y la forma de conexión.

**Figura 2.31 : Integración de CPU y las unidades en un PLC**



Es necesario y fundamental para la programación hacer corresponder las siglas elegidas para los elementos de campo con la numeración correspondiente en la unidad del PLC. En la tabla se expone un ejemplo de numeración de salidas del PLC para alimentar las electroválvulas del proceso, estando el resto de la numeración en planos nº 4,5 y 6.

**Tabla 2.4 : Ejemplo de identificación de salidas en la regleta de contactos del PLC**

Válvula salida a TSP	VSTSP	S	0.0	Válvula retorno TB	VRTB	S	0.8
Válvula Producto de TP	VPTP	S	0.1	Válvula producto TB	VPTB	S	0.9
Válvula salida glicerina TG	VSTG	S	0.2	Válvula salida agua a TAS	VSTAS	S	0.10
Válvula producto TR	VPTR	S	0.3	Válvula producto TMX	VPTMX	S	0.11
Válvula retorno producto TR	VRPTR	S	0.4	Válvula ent. metanol TMX	VEME	S	0.12
Válvula de paso	VPA	S	0.5	Válvula producto metanol	VPTME	S	0.13
Válvula salida 1TB	VSTB1	S	0.6	Válvula entrada metanol TR	VMETR	S	0.14
Válvula salida 2TB	VSTB2	S	0.7	Válvula producto sulfúrico	VPTS	S	0.15

## B) CALCULO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL PLC

La fuente de alimentación tiene que ser capaz de alimentar todos los circuitos internos de los módulos del PLC y el de la propia CPU del PLC. En la tabla 2.4 se exponen los consumos conectados a dicha fuente de alimentación:

Tabla 2.4 : Ejemplo de identificación de salidas en la regleta de contactos del PLC

Nº	ELEMENTO DE CONTROL	CONSUMO 5v	
1	CJ1-CPU13	0,64 A	0,64 A
6	Unidad de entrada de 16-puntos c.c. CJ1W-ID211	0,08A	0,48 A
3	Unidad de salida relé de 16-puntos CJ1W-OC211	0,11 A	0,33 A
1	Unidad de control	0,32 A	0,32 A
1	Unidad de entrada analógica AD081	0,42 A	0,32 A
	Total amperios		2,09 A
	<b>Potencia de la fuente</b>		<b>10,45 W</b>

Se elige una fuente de 220v, 25 W **CJ1W-PA205R**

### 2.4. PROGRAMACIÓN <sup>[8], [50], [52]</sup>

Tanto el GRAFCET como el GEMMA tienen una nomenclatura de representación específica, pero moldeable. Generalmente cada una de las entradas y salidas al autómatas, se representa por iniciales mayúsculas listadas en la tabla de E/S (planos nºs 4,5 y 6). En este proyecto se sigue esa tendencia y se toma un criterio simbólico para establecer el estado de cada una de estas entradas y salidas; Si las iniciales son normales, quiere decir que el elemento está “conectado”, es decir, que su contacto está cerrado y por tanto cumple su función. Si por el contrario las iniciales están en cursiva y llevan una tilde al final quiere decir que el elemento está “negado”, esto quiere decir que su contacto está abierto y no cumple su función. A continuación se proponen dos ejemplos:

- GME : Alarma de sensor de gas metanol conectada por detección de una concentración de metanol en aire peligrosa.
- GME' : Sensor de metanol en espera, midiendo la concentración pero sin dar alarma de ningún tipo.
- CVPTP : Contacto auxiliar de válvula abierto. Informa al autómeta que la válvula esta abierta y dejando pasar algún fluido.
- CVPTP' : Contacto auxiliar de válvula cerrado. La válvula está cerrada.

Así por poner un ejemplo, una etapa determinada no puede evolucionar hacia la siguiente si no se cumplen las condiciones impuestas entre ellas. Por ejemplo, en una etapa determinada se está bombeando un líquido y la siguiente etapa rige el paro de la bomba, la condición impuesta entre ambas etapas es CVPTP. GME' . Esto quiere decir que la bomba sólo parará si la válvula VPTP está abierta y el sensor de metanol no ha detectado ninguna concentración potencialmente peligrosa.

El resto de simbología es la estándar en la programación de autómatas.

#### **2.4.1. GRÁFICOS GEMMA Y GRAFCET GENERAL DEL PROCESO**

*Nota : Todo lo descrito a continuación hace referencias continuas a los elementos panel de control o diagrama (interface) del control automático de la planta, es decir, pulsadores de marcha y parada, selectores de maniobras, etc... La descripción y la representación gráficas del panel del control puede encontrarse en el apartado 3.3.6 de la memoria descriptiva y en el plano nº 15.*

Una vez que se tienen los elementos de operación elegidos, nombrados y convenientemente asignados a las unidades de E/S del PLC, se puede comenzar la realización de la programación de la automatización.

A partir del GEMMA teórico y general (descrito en la memoria descriptiva, apartado 3.2.6.2), se procede a su adaptación a cada necesidad. Para ello hay que plantearse los distintos módulos de estado inicial, producción, parada y fallos y emergencia, y las condiciones de navegación entre ellos. Las necesidades que se

requieren se exponen a continuación, y a partir de ellas se genera un nuevo gráfico particularizado del proceso, y que se representa en la plantilla GEMMA de la Figura 2.33.

En principio, toda acción que saque al proceso de la fase de producción estará regida por el GEMMA y su GRAFCET correspondiente, donde se definen los estados a los que marchará el sistema antes de entrar de nuevo en producción.

Las luces de las válvulas y de los sensores están siempre indicando el estado real de apertura o cierre

Se han previsto pocos pulsadores de gobierno y navegación entre los diferentes estados GEMMA. Así se tienen:

- MG: Marcha general.
- PG : Paro general
- VM: Validación de maniobra.
- Llave del cuadro.
- PG temp: Parada general PG al que se le somete a la necesidad de tenerlo pulsado al menos 3 seg, para que el operador sepa en que momento se encuentra y evitar fallos
- VM temp: Validar maniobra de reenganche.

Todo lo que saque al proceso de su marcha automática necesita que los puntos de reentrada a la producción F1 estén perfectamente definidos, y están dirigidos por bloques de decisión a partir de bits de subprocesos, que son los mismos para las distintas salidas o paros de la marcha automática.

Los estados generales GEMMA están representados por colores grises para estados A de inicialización, celestes para F de producción y rosas para estados D de fallos y emergencias, que se respetarán en los GRAFCET correspondientes.

## **A) PARADAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Subconjunto fundamental del GEMMA, pues relacionan diferentes módulos de los estados del sistema, las paradas son las condiciones y las acciones intermedias necesarias para pasar desde el módulo general de producción, ya sea en automático, semiautomático o manual, al estado inicial, a otro modo de operación distinto, o a un estado de espera. Los paros posibles son debidos a cuatro causas fundamentales:

- Parada fin de producción o maniobra.
- Parada manual PG deseada por el operador de la planta.
- Parada debido a una sobrecarga o un cortocircuito.
- Parada total de emergencia PE.

- **Parada fin de producción o maniobra.**

En el GEMMA es el paso de F1 a A1. Es el estado final de la producción que queda indicado por lámpara fin de maniobra y una llamada acústica temporizada. El operador al observar este estado solo tiene que proceder pulsando el pulsador PG de parada general, de manera que el sistema vuelve al “estado de parada general” pudiendo a continuación seleccionar una nueva maniobra.

- **Parada manual PG deseada por el operador de la planta.**

Permite paralizar la producción F1 de forma momentánea de manera que se pueda continuar tras la parada, o de forma definitiva en el caso de que se quiera pasar a los modos de operación semiautomático o manual.

La parada de maniobra PG se puede hacer desde cualquier punto del proceso, a voluntad del operador. Si no es imperativo por un error o anomalía, la parada manual conviene hacerla al final de ciclos completos. El operador sabe, a través de los indicadores y los temporizadores, en que momento se encuentra la producción. Para ello se dispone de una tabla secuencial de maniobras o “pasos de producción” (Figura 2.46) que sigue la filosofía descrita de “control de marcha del proceso” descrita en el apartado 2.1.2 de este anexo. Con ella, y mediante las luces de conjunto de submaniobras, el

contador de pasos de producción, y el tiempo transcurrido, se sabe donde se sitúa la producción en un momento determinado.

- **Parada debido a fallos o a una sobrecarga o un cortocircuito.**

Permite la salida de F1 a otros estados donde puedan subsanarse los fallos producidos. Los paros de motores y resistencias por sobrecargas son realizados por el relé térmico correspondiente, debiéndose rearmar el mismo cuando el problema esté solucionado, para poder seguir produciendo. Una bocina indica este estado pudiendo silenciarla a voluntad por un pulsador.

- **Parada total de emergencia PE.**

Permite paralizar el sistema en aquellos casos críticos o en los que haya una concentración de metanol en el aire no recomendada. Los paros de emergencia se pueden producir en cualquier momento, ya sea mediante el pulsador seta de emergencia PE, quedando éste enclavado y señalizada su posición mediante el indicador LPE hasta que no se elimine la causa de la misma o mediante la alarma producida por el sensor de metanol al alcanzar una concentración de metanol en aire potencialmente peligrosa y calibrada desde un principio. Una bocina indica el estado de emergencia pudiendo silenciarla a voluntad por un pulsador.

## **B) INICIO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN F1, F5 Y F6.**

A continuación, a pesar de seguir haciendo referencia al GEMMA particularizado, se comienza a abordar parte del mismo en lenguaje GRAFCET (Figura 2.34). Concretamente, se describe y se muestra la programación de la marcha y preparación inicial del sistema.

El inicio de los procesos de producción, significa pasar del estado de origen A6 “puesta del sistema en estado inicial” al módulo de producción en uno de sus modos de operación (F1, F5 y F6). Una llave interruptor da permiso a la utilización general del cuadro, alimentando al PLC, y a los diferentes instrumentos de automatización, control

y señalización. De esta manera, antes de empezar a trabajar, el operador puede visualizar el estado de funcionamiento de los componentes, y lo que es más importante, mediante el encendido de los elementos de señalización en el icono del proceso, conocer el en que determinada fase o estado de producción se encuentra el sistema. Así es más fácil evitar errores de operación.

Una vez comprobado mediante selectores el estado actual del proceso, el operador puede elegir si trabajar con aceites usados o nuevos, si quiere automático, semiautomático o manual, y si desea la fase de preparación, reacción o lavado, de manera que define la materia prima, la forma de control y el proceso a efectuar, y que queda reflejado en luces de señalización correspondientes gestionadas por el PLC. Se entra en el módulo F2 “Marcha de preparación”.

Es el momento de ajustar parámetros o set points (si fuera necesario) en los elementos compartidos de control hardware externos al autómeta (temporizador, control On-Off, control PID) y validar mediante el pulsador VM la maniobra elegida.

Hay tres estados generales de maniobra en cualquiera de las fases de la maniobra elegida, señalados mediante lámparas: Maniobra nula **MN**, maniobra en marcha **MA** y maniobra finalizada **ME**.

En ese momento, para centrar la acción de gobierno solo se presenta en el interface del panel de control la información de los sensores, estado de válvulas, y motores involucrados en la fase de producción elegida, y se desconectan los elementos de control no necesarios, para evitar distracciones y errores. Con un pulsador de marcha general MG se procede a comenzar la automatización elegida.

Tal como se ha comentado existen diferentes posibilidades de producción definida por una serie de características, subprocesos y modos de operación a elegir con los selectores correspondientes. Estos presentan de forma general las siguientes características:

- *Automático A (Módulo F1)*: El proceso de producción marcha secuencialmente en el tiempo realizando las maniobras previstas. El PLC como cerebro del

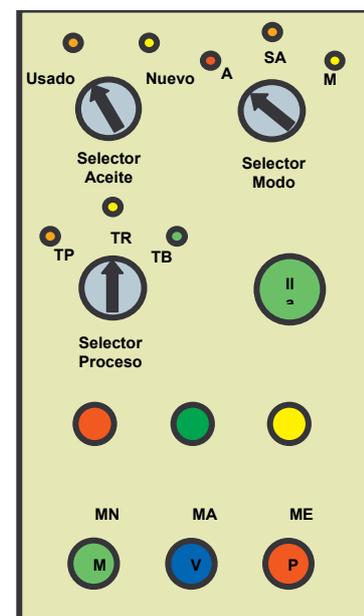
sistema automático lo gestiona e indica los cambios producidos, en el diagrama (interface HMI) mediante las luces correspondientes. La maniobra finalizada queda indicada mediante la luz verde de fin de maniobra, requiriéndose pulsar paro general PG, para volver a elegir otra maniobra deseada.

- *Semiautomático SA (Módulo F5):* El subproceso marchará en orden elegido por el operador. Este es asistido por el PLC que impone ciertas restricciones para evitar maniobras perjudiciales para el sistema. Se conserva, además, la instrumentación de seguridad (altos niveles de depósitos, sensores alarmas, paros emergencia, relés térmicos). El objetivo general del este modo de operación, es terminar maniobras comenzadas en automático, y que fueron detenidas por emergencia o voluntad del operador, para poder pasar a automático en una fase clara de producción. A pesar de ello, las maniobras pueden realizarse íntegramente en semiautomático si se desea.
- *Manual M (Módulo F6):* El objetivo es, sin ningún condición restrictiva, poder comprobar el estado individual de funcionamiento de elementos de acción (válvulas y motores) o de control, ya sea para mantenimiento o reparación, como para configuración. Una llave de estado en manual garantizará que no se pueda arrancar para evitar accidentes al personal el elemento que se atiende automáticamente.

Así mediante el selector **SM**: (Automático, Semiautomático y Manual), el selector del tipo de aceite **SA**: (Aceite usado, Aceite nuevo), y el selector del subproceso **SP** (TP: Pretratamiento, TR Reacción, TB: lavado) se elige la posición adecuada para el control deseado (Figura 2.32), quedando diversas posibilidades representadas en la Tabla 2.5.

En la Figura 2.33 se muestra el GEMMA particularizado del proceso que nos sirve para definir los GRAFCETS correspondientes.

**Figura 2.32 :**  
**Selectores de proceso**



**Tabla 2.5 : Posibilidades de proceso y siglas identificativas de GRAFCET**

<b>Posición</b>	<b>Proceso</b>	<b>Grafcet</b>
UAP1	Aceites Usados Automático Pretratamiento	BA
UAR1	Aceites Usados Automático Reacción	CA
UAB1	Aceites Usados Automático Lavado	EA
USAP1	Aceites Usados Automático Pretratamiento	BS
USAR1	Aceites Usados Semiautomático Reacción	CS
USAB1	Aceites Usados Semiautomático Lavado	ES
UMP1	Aceites Usados Manual Pretratamiento	BM
UMR1	Aceites Usados Manual Reacción	CM
UMB1	Aceites Usados Manual Lavado	EM
NAR1	Aceites Nuevos Automático	GA
NAB1	Aceites Nuevos Automático	HA
NSAR1	Aceites Nuevos Semiautomático	GS
NSAB1	Aceites Nuevos Semiautomático	HS
NMR1	Aceites Nuevos Reacción	GM
NMB1	Aceites Nuevos Lavado	HM

Figura 2.33: GEMMA particularizado para la planta piloto

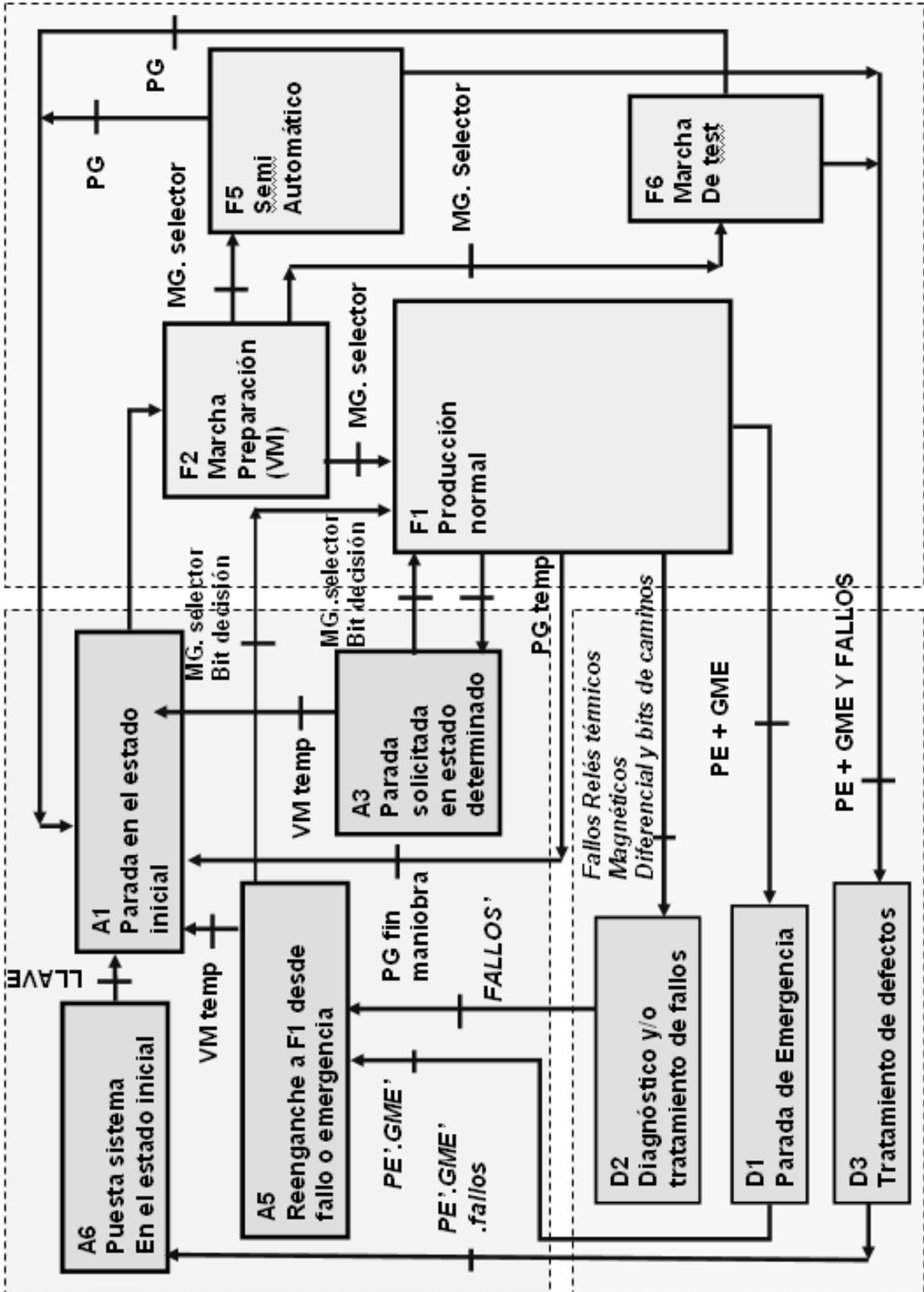
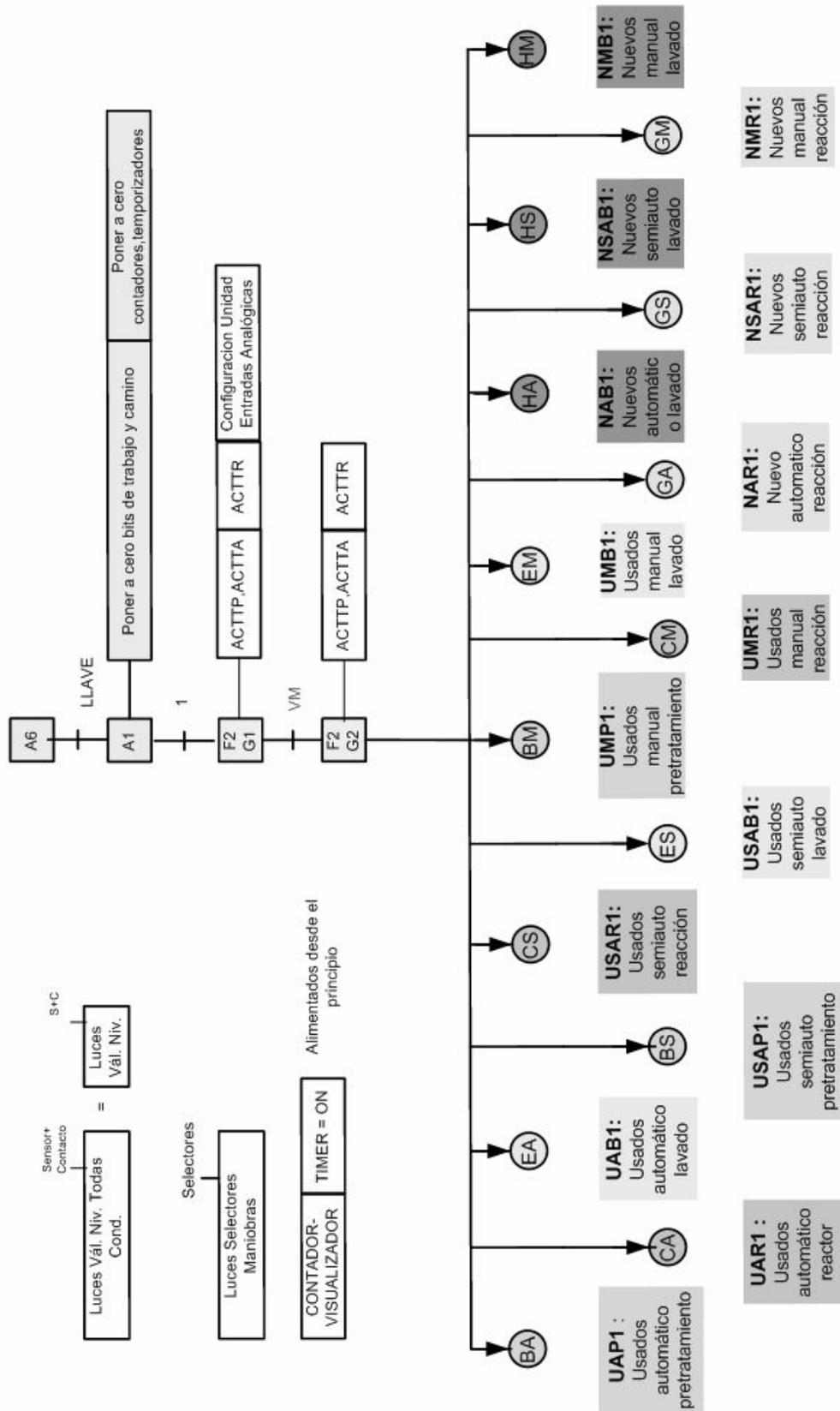
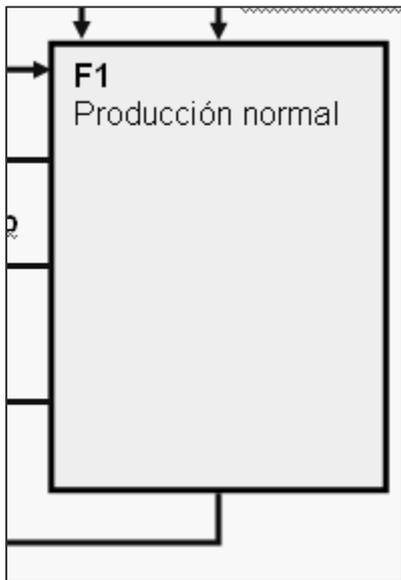


Figura 2.34: GRAFCET general / Marcha de preparación F2



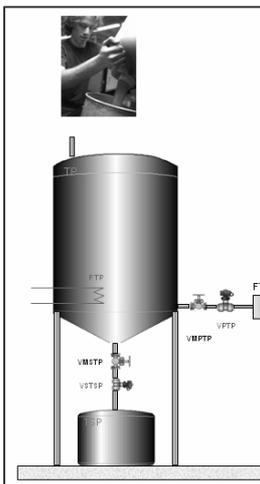
## 2.4.2. PRODUCCIÓN NORMAL EN MANDO AUTOMÁTICO (F1)



Es el estado del GEMMA que corresponde a los procesos de fabricación automática de la planta en condiciones ideales sin problemas. Se entra por GRAFCET general de la Figura 2.34, a partir del estado F2 de marcha de preparación y del pulsado de marcha general MG, después de haber validado la maniobra elegida por los selectores y el pulsador VM, y haber ajustado convenientemente la instrumentación de control.

Ya se ha indicado que se presentan tres grandes subprocesos de Pretratamiento, Reacción y Lavado, que pueden trabajar con aceites usados o nuevos. En F1 el control es automático. Se presentan y comentan a continuación los Gracets de maniobras de dichos subprocesos, descritos en el apartado 2.1.1.

### A) PRETRATAMIENTO AUTOMÁTICO DE ACEITES USADOS (UAP1)



Obsérvese en el Grafcet como se da paso al pretratamiento al pulsar MG, y comprobar el estado de cada una de las electroválvulas del tanque; Si están cerradas no se comenzarán las maniobras, mostrándose al operador la luz de maniobra nula LMN. En el caso de que se cumplan todas las condiciones el pretratamiento se dará con absoluta normalidad.

El control ON-OFF de proceso de calentamiento del aceite usado lo realiza el controlador CTP, alimentado cuando es necesario (ACTTP). El alcance de una temperatura determinada  $TTP \geq 60^{\circ}\text{C}$  es emitido en forma de alarma por el controlador ON-OFF de manera que el PLC puede actuar en consecuencia poniendo en marcha los temporizadores pertinentes.

La decantación de 24 horas es posible mediante la subrutina M0, que lama 24 veces a la marcha del temporizador externo del panel y de SET VALUE= a 1 hora. En caso de

parada se sabrá el momento de la misma y, por tanto, el tiempo que resta para finalizar, mediante el número del contador previsualizado en un indicador del panel y los minutos que indique dicho temporizador.

Se ha previsto salidas de emergencia, fallos y relés (D2,D1 y A3) en puntos estratégicos. El BITP es un bit que identifica este subproceso. El subproceso finaliza tras la decantación de 24 h y es señalizado mediante la luz de finalización de maniobra LME. A continuación, se exponen los GRAFCETS descriptivo y de movimiento de este proceso.

Fig 2.35 : GRAFCET UAP1 descriptivo

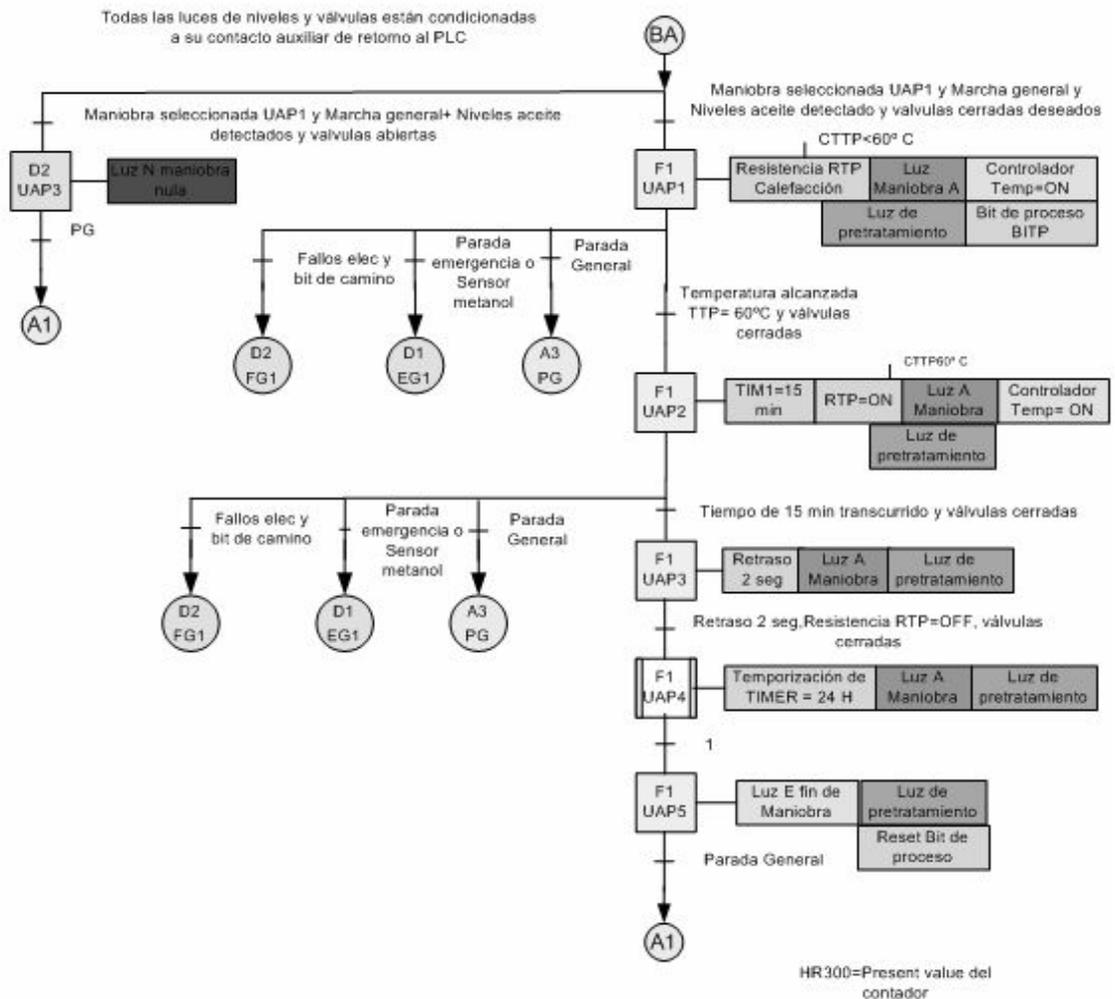
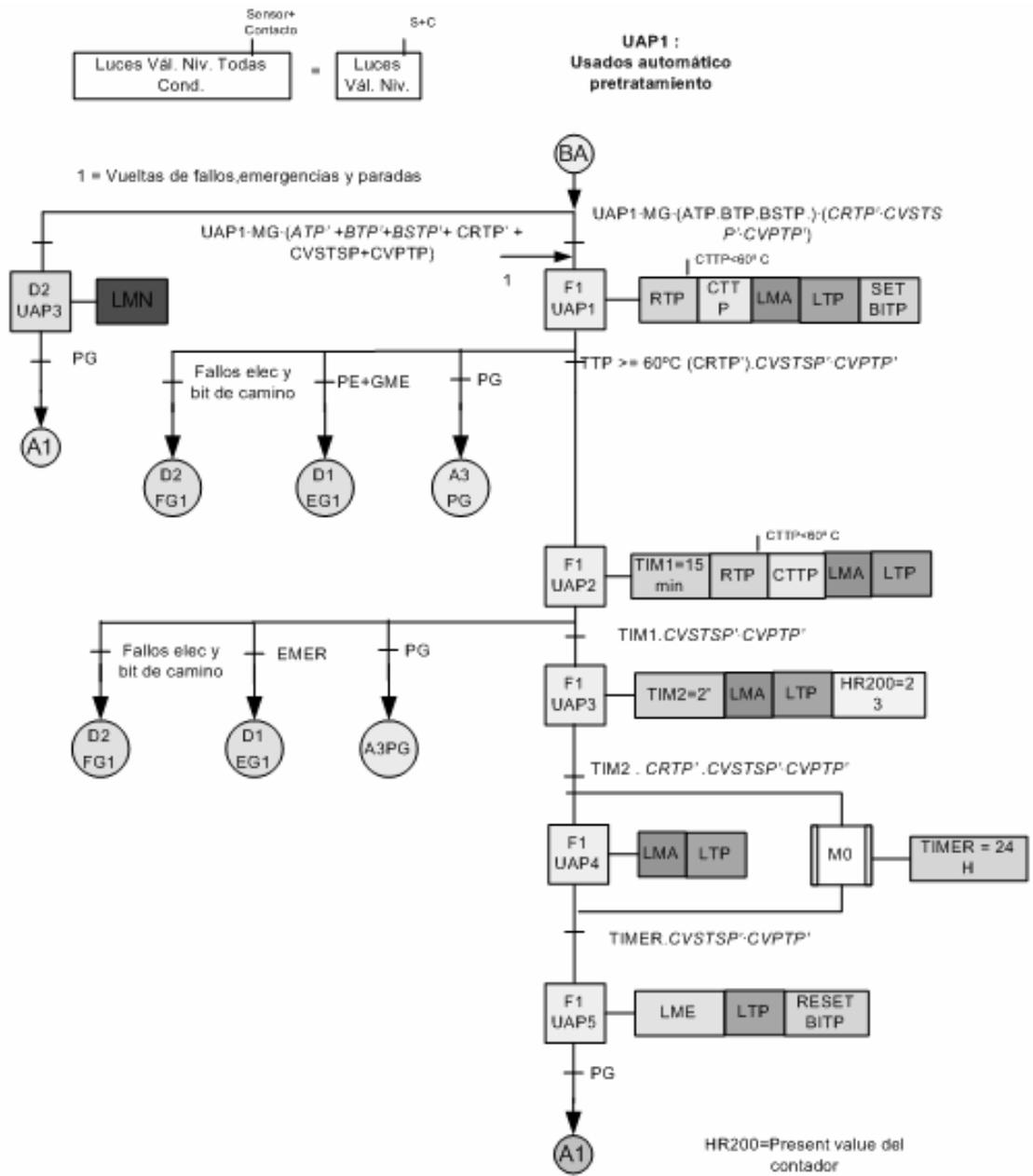
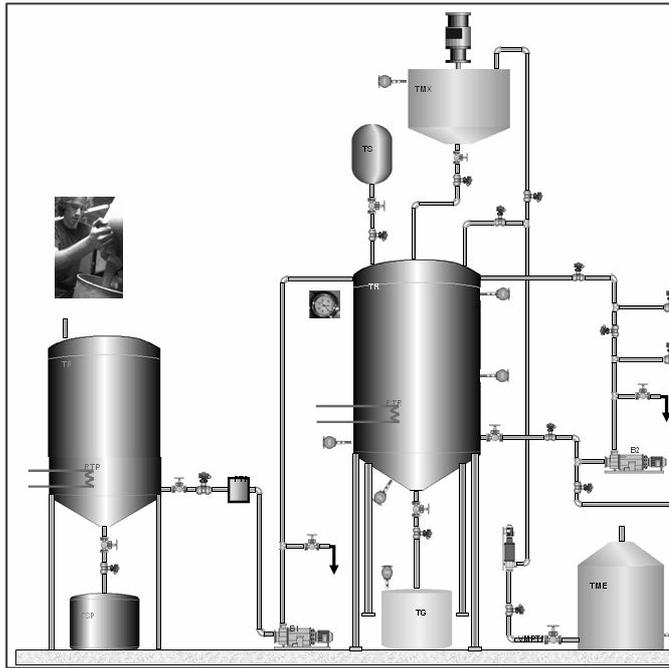


Fig 2.35 bis : GRAFCET UAP1 de movimiento



## B) REACCIÓN EN AUTOMÁTICO DE ACEITES USADOS (UAR1)



Este proceso comienza trasegando el aceite usado al tanque de reacción, tras un suave calentamiento temporizado en el tanque TP. A partir de ahí el sistema gestiona las reacciones y las decantaciones correspondientes para conseguir un biodiesel bruto.

En este GRAFCET se tiene especial cuidado que los caminos de trasvase estén bien definidos, que se cumplan las condiciones de cebado de las bombas, que se esperen los tiempos adecuados de vaciado o llenado, que se comprueben los niveles y que las válvulas no cambien accidentalmente su estado. Es por ello que las condiciones entre etapas son muy numerosas. Para su simplificación, en algunos casos, se acude a agruparlas en “Bits de Camino”. Esto es especialmente útil cuando hay condiciones que se repiten en muchas receptividades. Uno de los casos más representativos es las condiciones de estado de las válvulas a la hora de los trasvases pertinentes.

Los subconjuntos de maniobras o “pasos de producción”, señalizados por franjas verticales coloreadas en la parte derecha de los Grafcets, están indicados por bits que se activan al empezar y se resetean al finalizar así como por el número del contador de los mismos, el cual se visualiza en el contador externo. A su vez, hay conjunto de “pasos de producción” que definen “las fases de producción”. Estas están delimitadas por líneas

discontinuas y la presencia dentro de ellas se señalizan en el panel de control, concretamente en la zona 2 (apartado 3.3.6 de la memoria descriptiva).

El controlador PID “CTTR”, alimentado en casi todas las etapas (ACTTR), junto con el PLC y la resistencia RTR, controlan la temperatura . De hecho tal como puede apreciarse en el Grafset la resistencia RTR está ligada en todo momento al controlador. Por otra parte, las señales de alcance de las temperaturas deseadas, tales como  $TTR \geq 55^{\circ}\text{C}$ , son generadas en forma de alarma por el controlador externo que las emite al PLC.

En cuanto a las salidas laterales por emergencia, paradas voluntarias, fallos en los bits de camino especificados y activación de relés (A3, D2 y D1), están dispuestas estratégicamente teniendo en cuenta cada caso. Por ejemplo, es innecesario detener la producción en las decantaciones aunque salte algún relé. La razón es simple: durante las decantaciones, los únicos dispositivos que realmente están en acción son el contador externo y el PLC, y un salto de un relé es bastante improbable. A pesar de ello, aunque salte el relé no es necesario paralizar el proceso ya que la desconexión del equipamiento asociado a esos relés no afecta en nada a la decantación. Otro ejemplo corroborador es la imposibilidad de que los bits de camino fallen, ya que en las decantaciones no hay que mantener ningún grupo de condiciones de este tipo, fundamentales en cambio, en los casos de trasvase para evitar el daño de bombas y electroválvulas.

Otro aspecto a comentar son las entradas laterales de reenganche “OF1”, las cuales provienen desde otros módulos del GEMMA como son el A3 (Parada solicitada) y el A5 (reenganche a la producción). El PLC decide por cual de ellas reenganchar gracias al programa expuesto en las tablas 2.6 y 2.7.

Respecto a las temporizaciones, algunos de los tiempos “TIM”, menores de una hora, no pueden fijarse de antemano y deben calibrarse sobre el programa, una vez instalada la automatización y de acuerdo con las descripción de maniobras. En cambio, las temporizaciones “TIMER”, mayores de una hora, vienen especificadas y ya programadas mediante subrutinas del tipo M0, tal como ocurre en el pretratamiento.

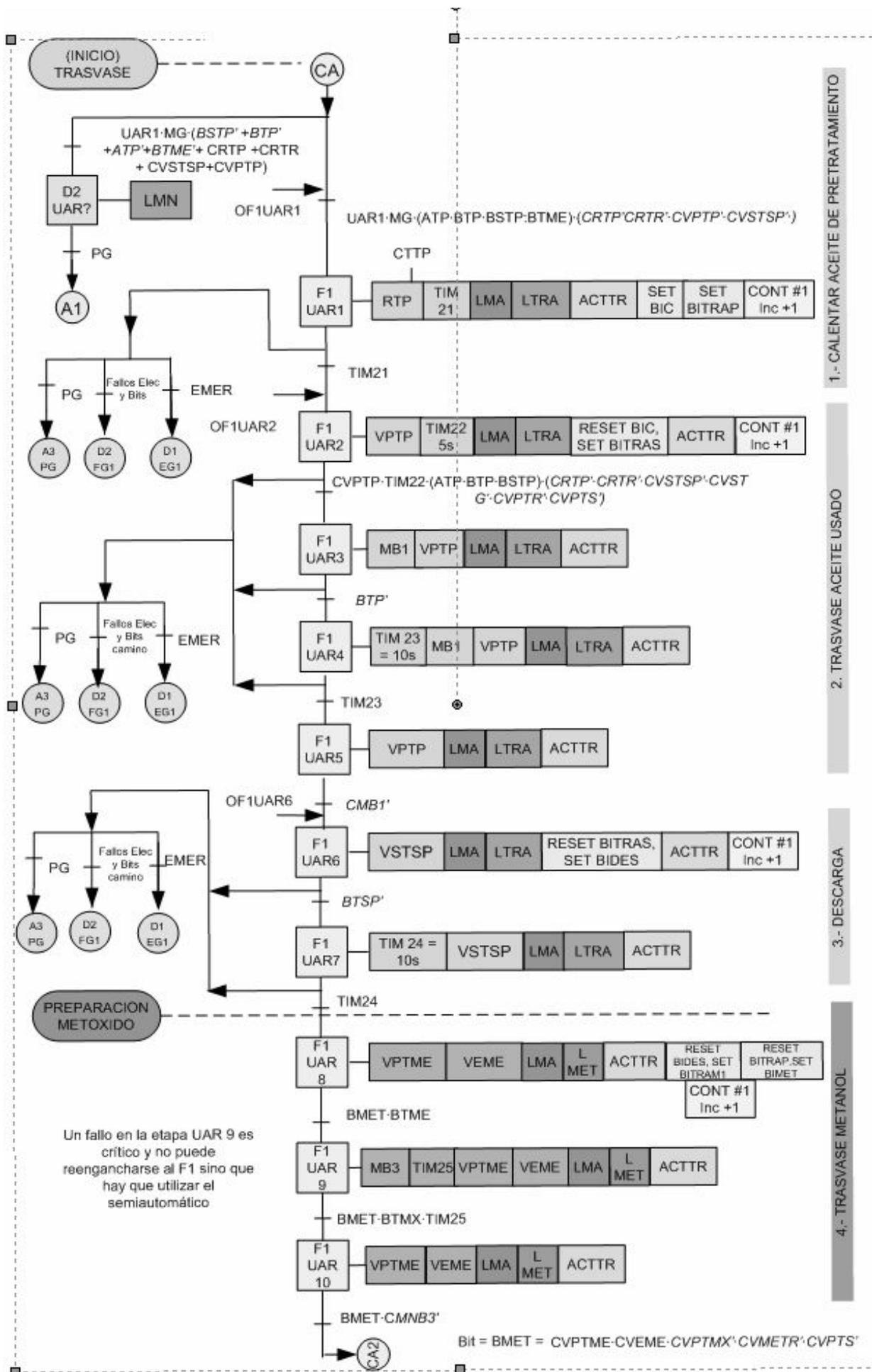


Fig 2.35 : GRAFCET UAR1

Fig 2.36 : GRAFCET UAR1(2)

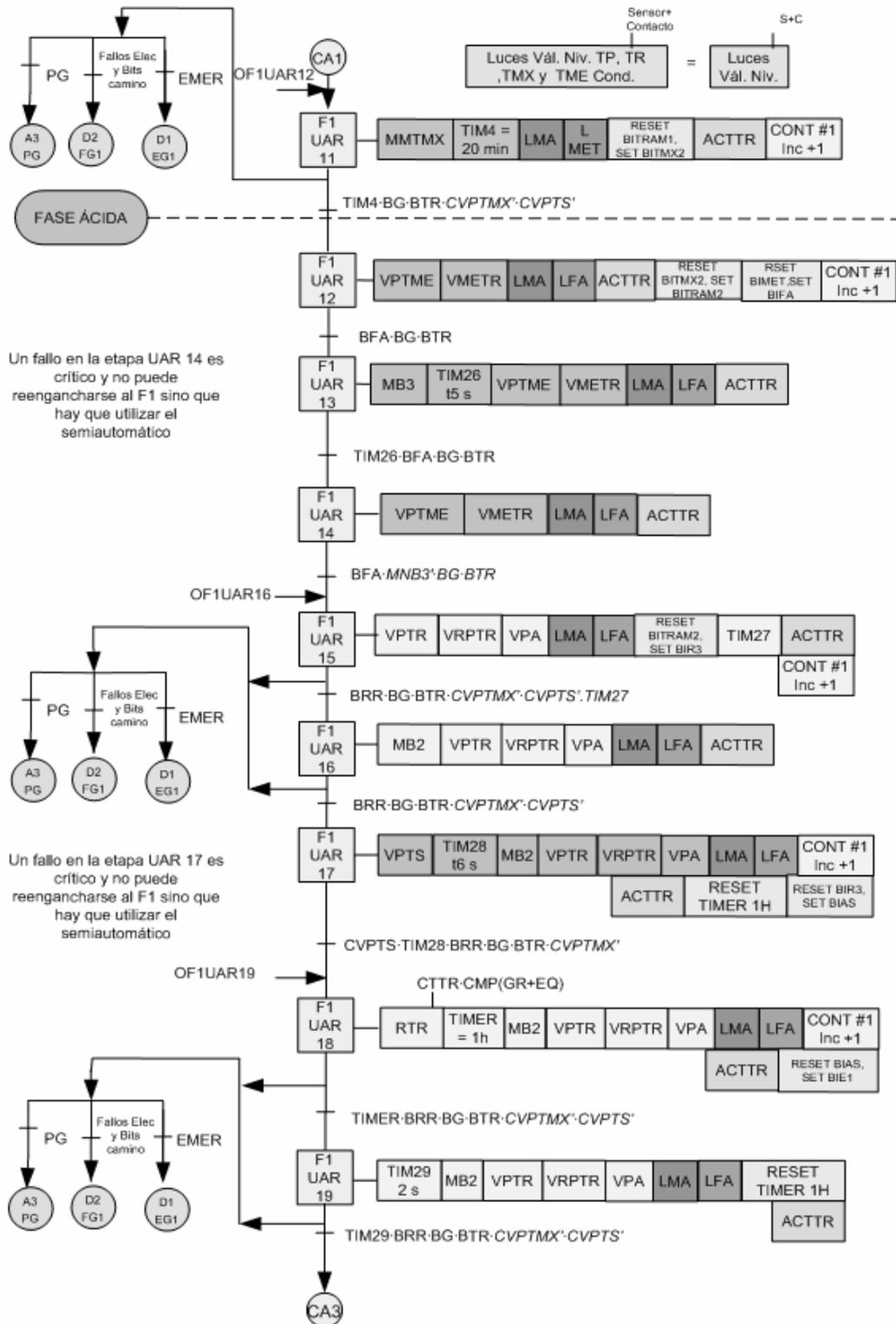


Fig 2.37 : GRAFCET UAR1 (3)

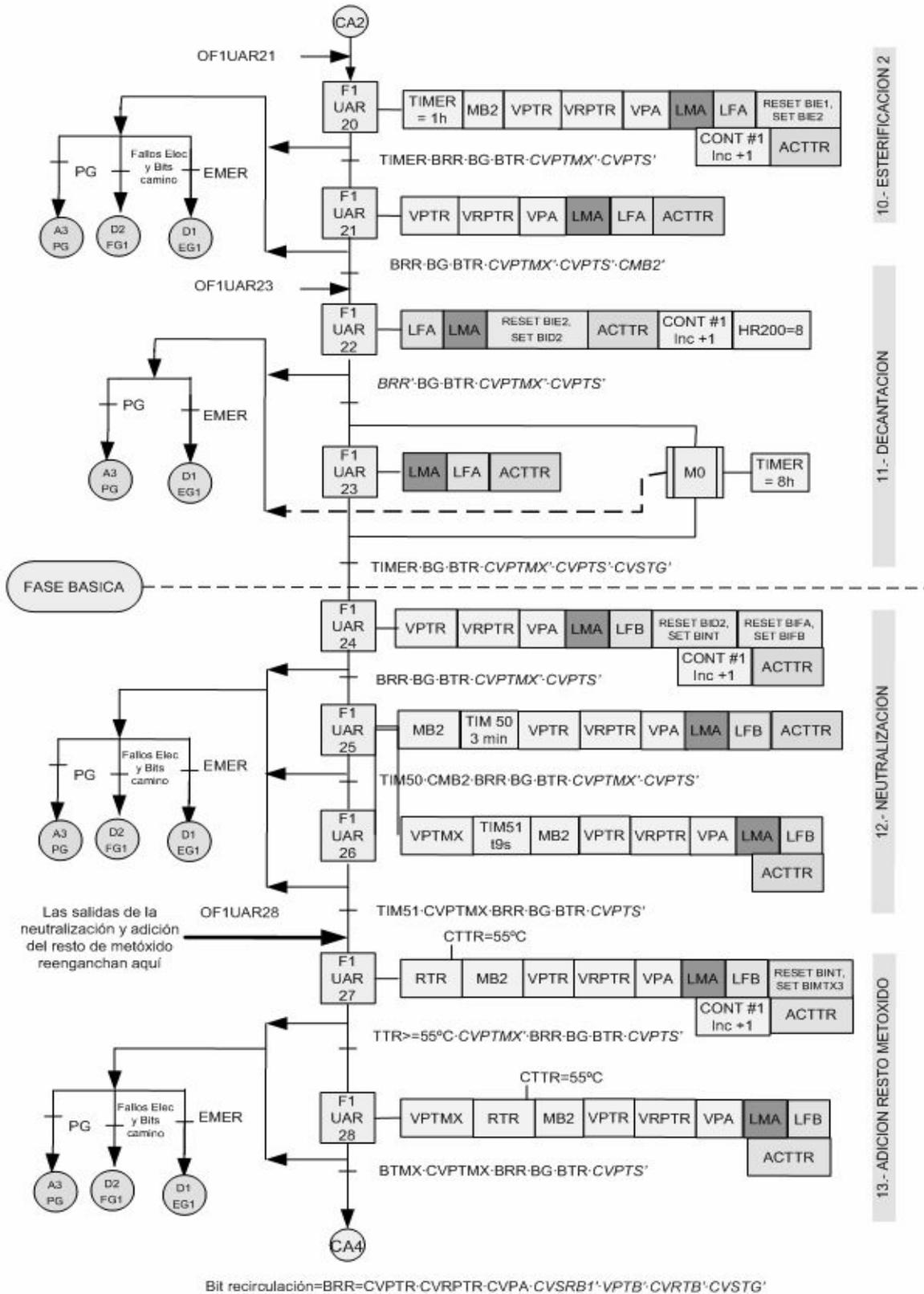
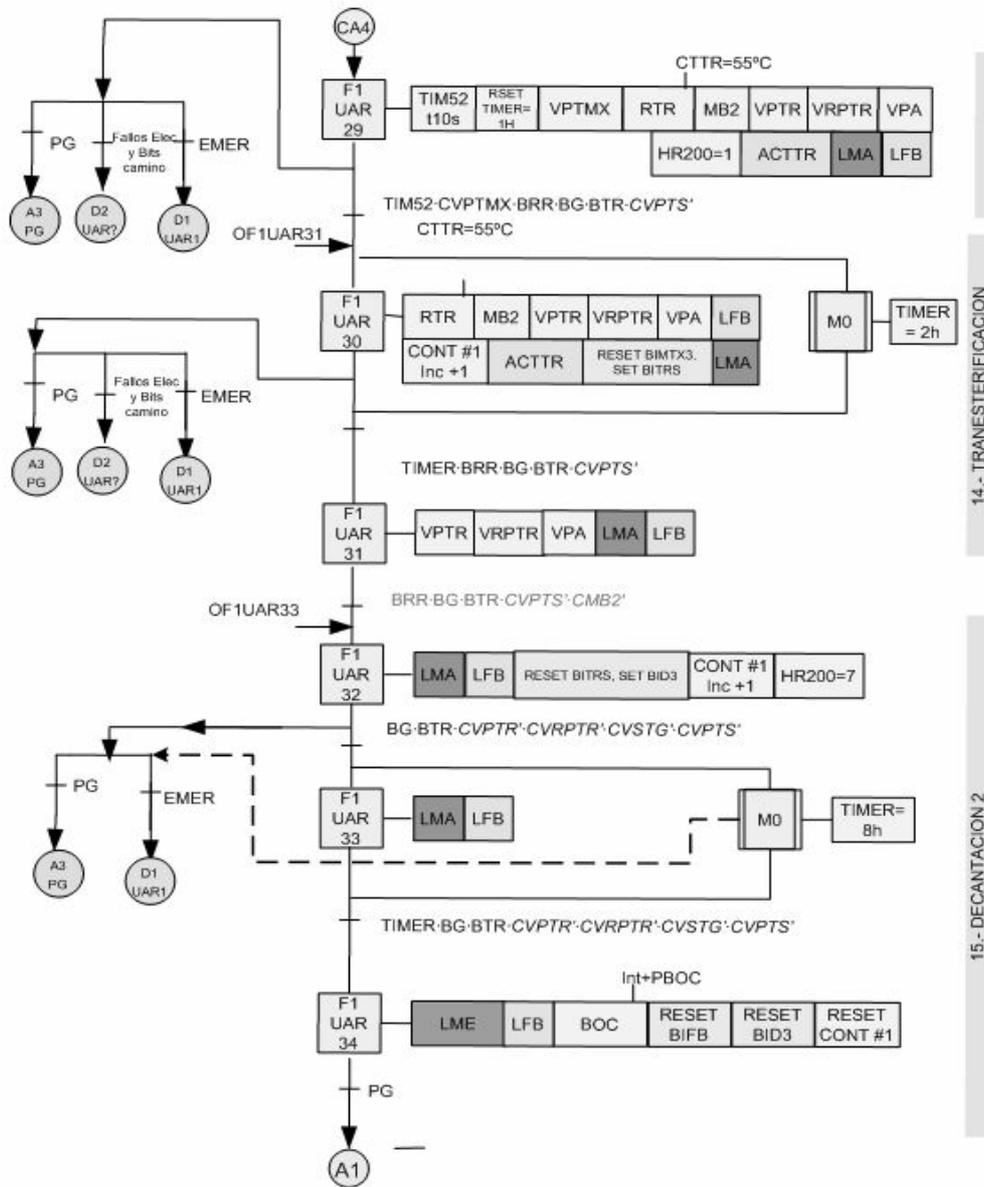


Fig 2.38 : GRAFCET UAR1 (4)



### C) REACCIÓN EN AUTOMÁTICO DE ACEITES NUEVOS (NAR1) :

Este graficet obedece a los mismos criterios y consideraciones que el graficet de aceites usados UAR1. La particularidad más significativa son las bifurcaciones cuyo significado queda descrito en la memoria descriptiva, apartado 3.2.6.2.

Fig 2.39 : GRAFCET NARI

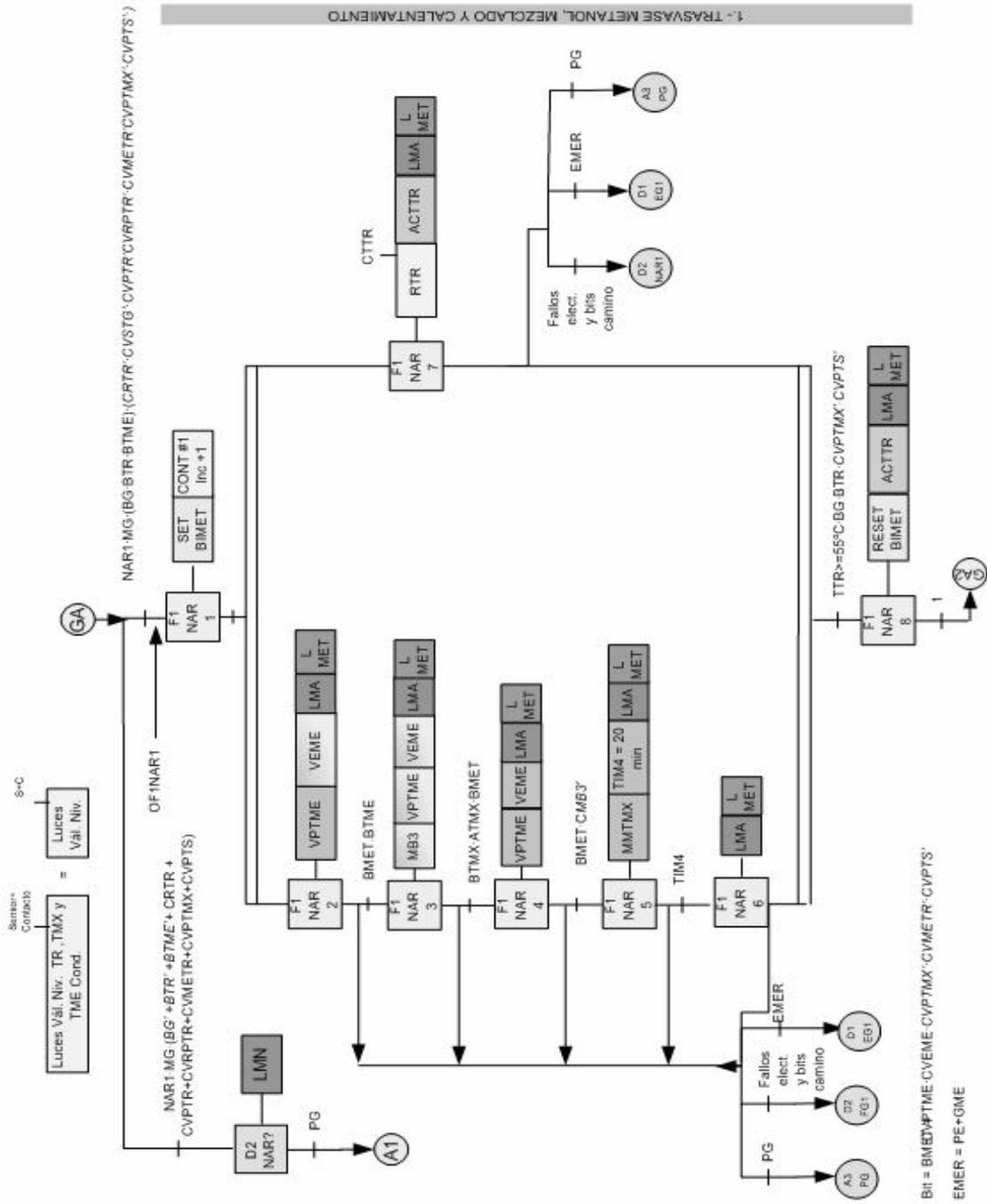
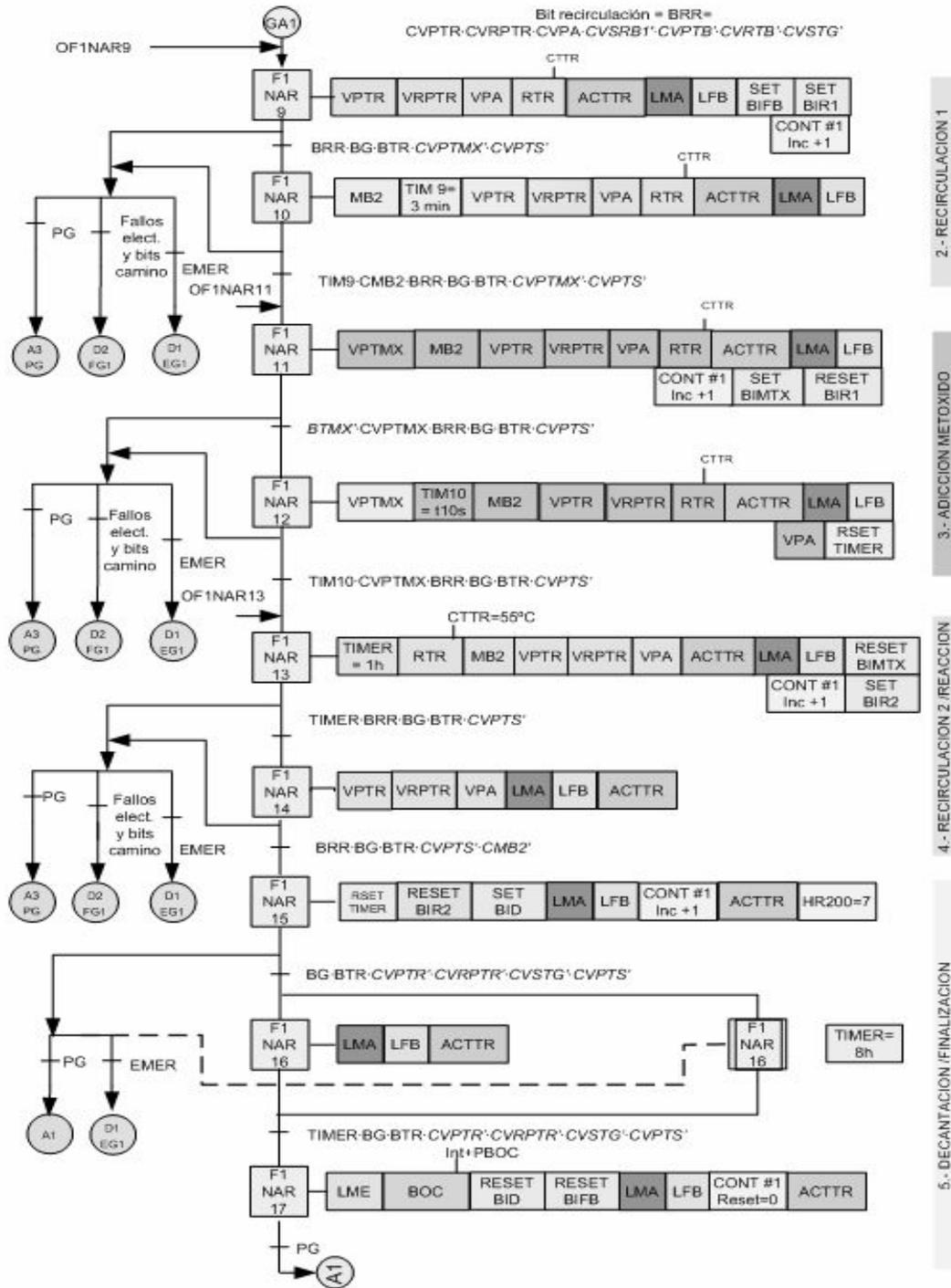


Fig 2.40 : GRAFCET NAR2

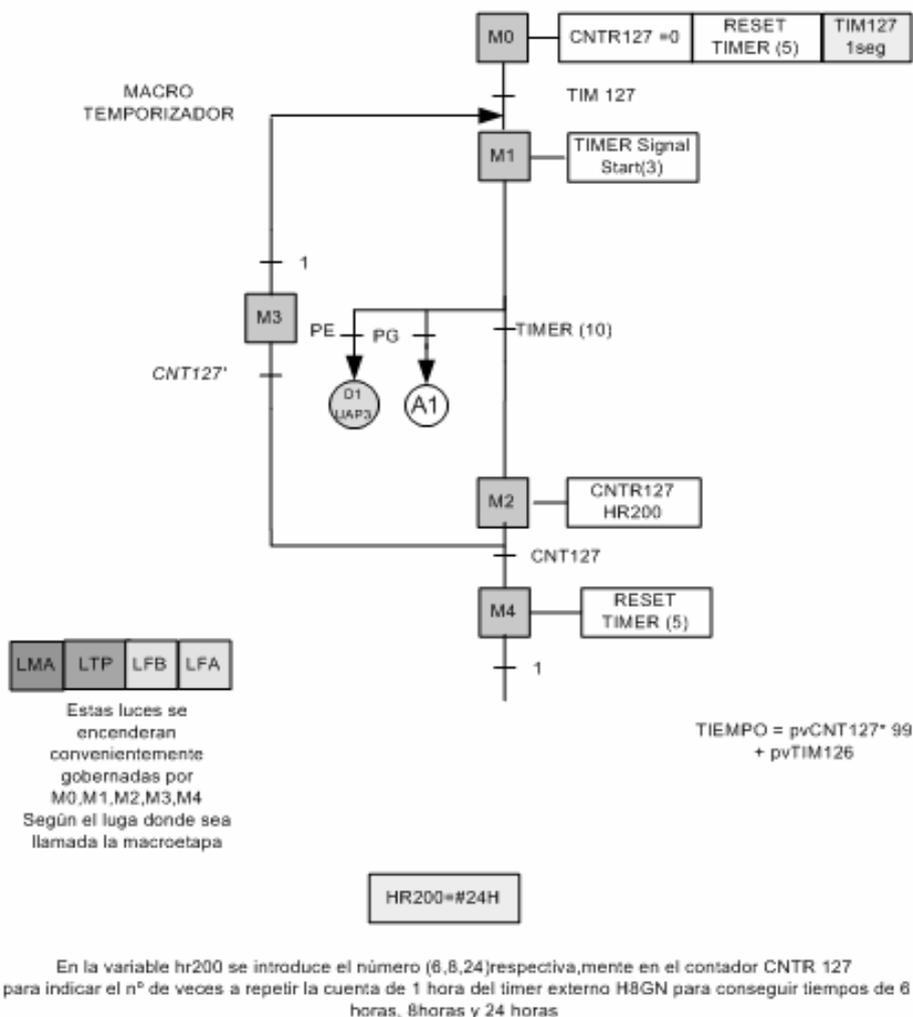


## D) SUBROUTINA DE TEMPORIZACIÓN M0

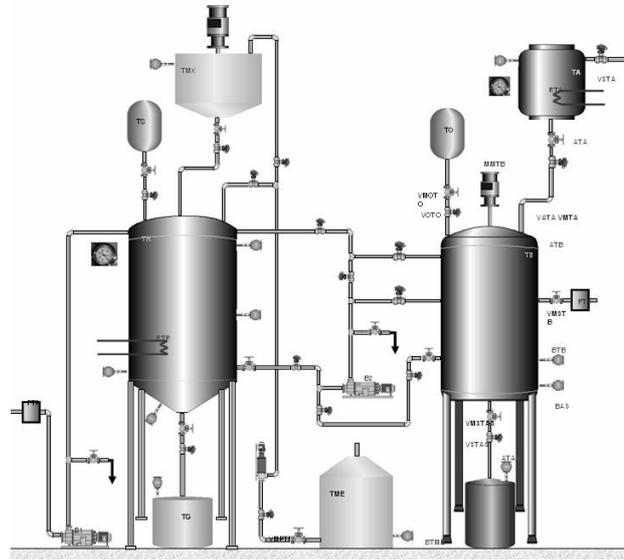
En la producción de biodiesel hay varios procesos que necesitan unas temporizaciones mayores de 1h. Para conseguir estos tiempos se recurre al temporizador externo con setpoint de 1 h y a subrutinas de programación [8],[50].

La subrutina dispone de salidas de emergencia y parada general. En el caso de que se den, el tiempo transcurrido y el número de ciclos quedará visualizado en el temporizador y en el contador correspondiente respectivamente.

Fig 2.41 : GRAFCET subrutina



## E) LAVADO AUTOMÁTICO DE BIODIESEL (UAB1 Y NAB1)



El subproceso de lavado automático es común para cualquiera de las dos clases de aceite pues no presentan diferencia. El tratamiento dado al biodiesel producido a partir de ambos aceites es idéntico.

La dinámica de elaboración del graficet en este caso es la misma hasta el momento. Como aspectos a destacar, la etapa ACTTA significa “casi” lo mismo que la etapa ACTTP del graficet del pretratamiento UAP1. Es decir, el controlador ON-OFF, compartido por ambos subprocesos, está alimentado y en funcionamiento, sin embargo el PLC conmuta al contacto proveniente de la sonda PT100 del tanque de agua TA en el caso de la etapa ACTTA, y al contacto proveniente de la sonda PT100 del tanque TP en el caso de la etapa ACTTP (Para aclaración ver plano n°10).

Por otra parte, y como en los subprocesos anteriores, el alcance de una temperatura determinada  $TTP \geq 60^{\circ}\text{C}$  es emitido en forma de alarma por el controlador ON-OFF, de manera que el PLC puede actuar en consecuencia en el caso de que sea necesario.

Cada uno de los tres lavados a los que se somete al aceite, están identificados mediante las luces de conjuntos de “pasos de reacción” L1°L, L2°L y L3°L.



Fig 2.43 : GRAFCET UAB1/NAB1(2)

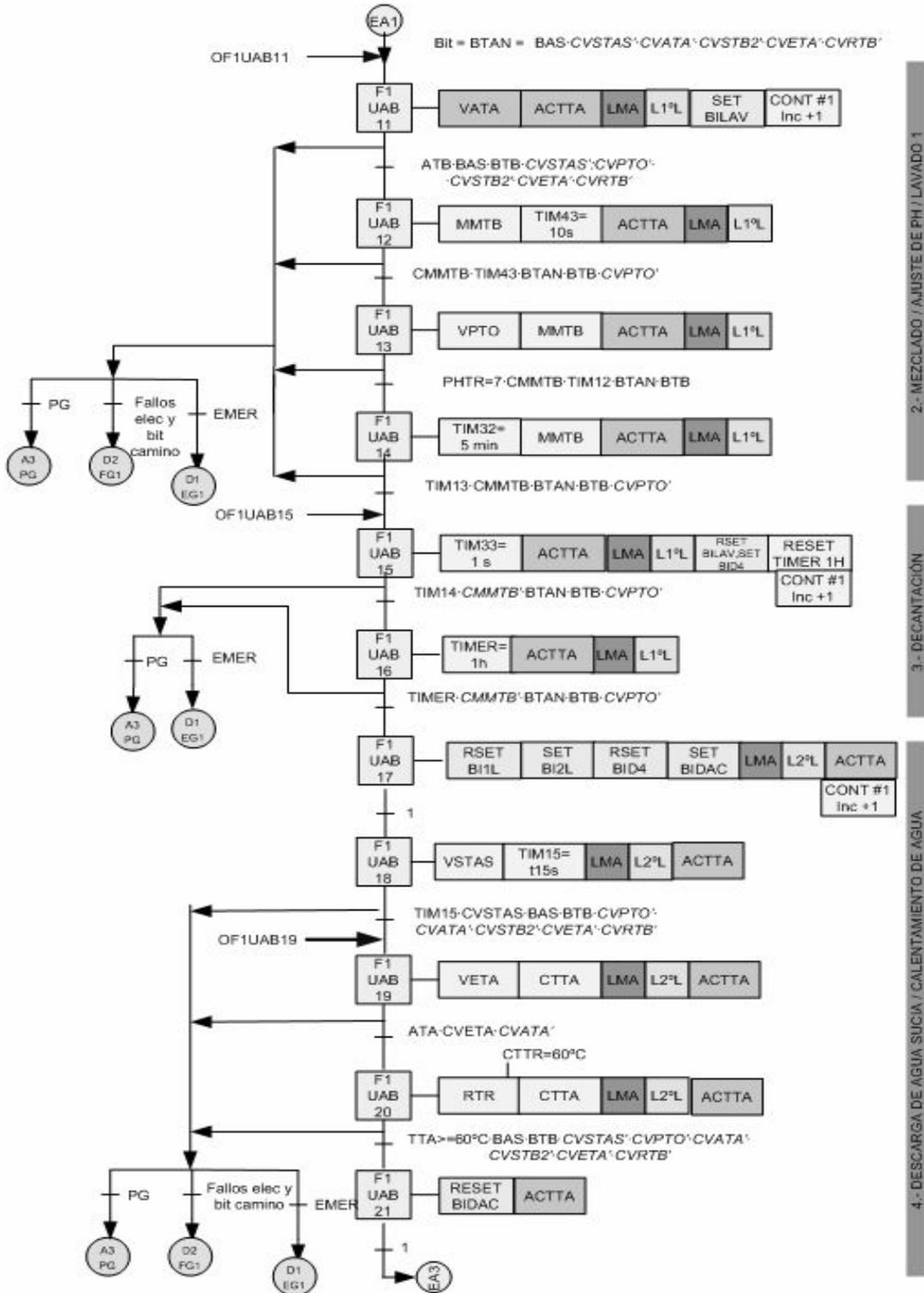
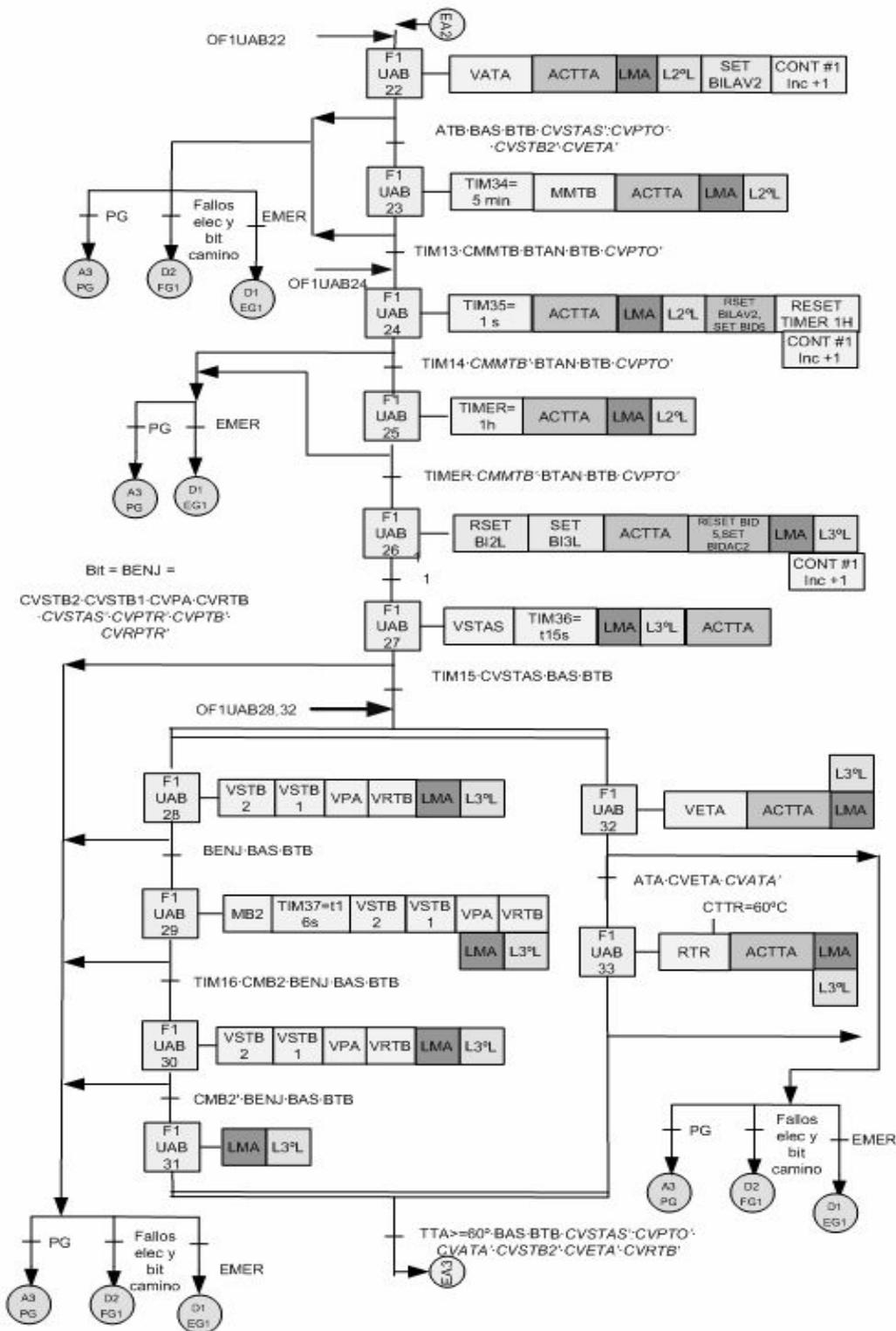
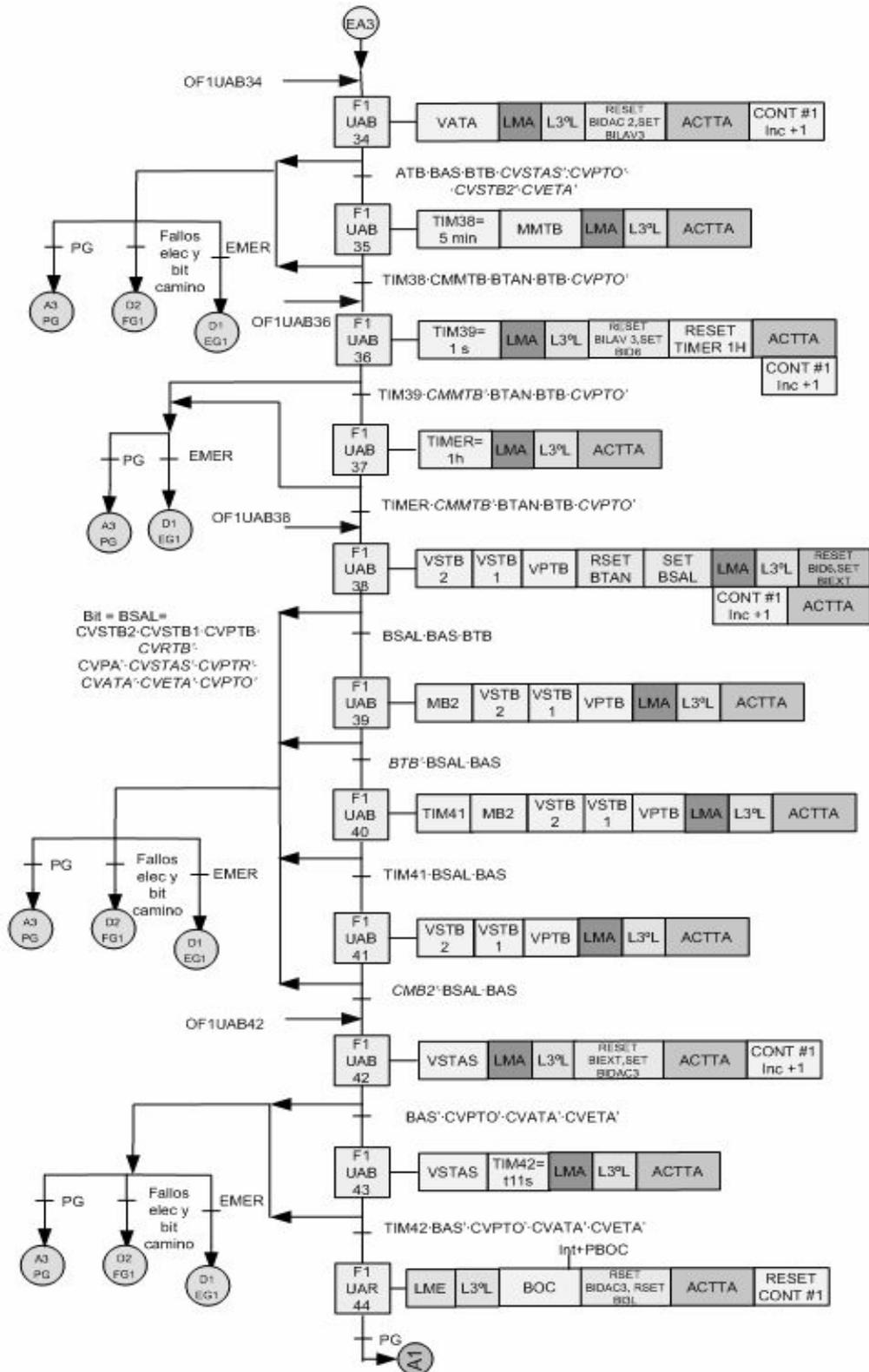


Fig 2.44 : GRAFCET UAB1/NAB1(3)



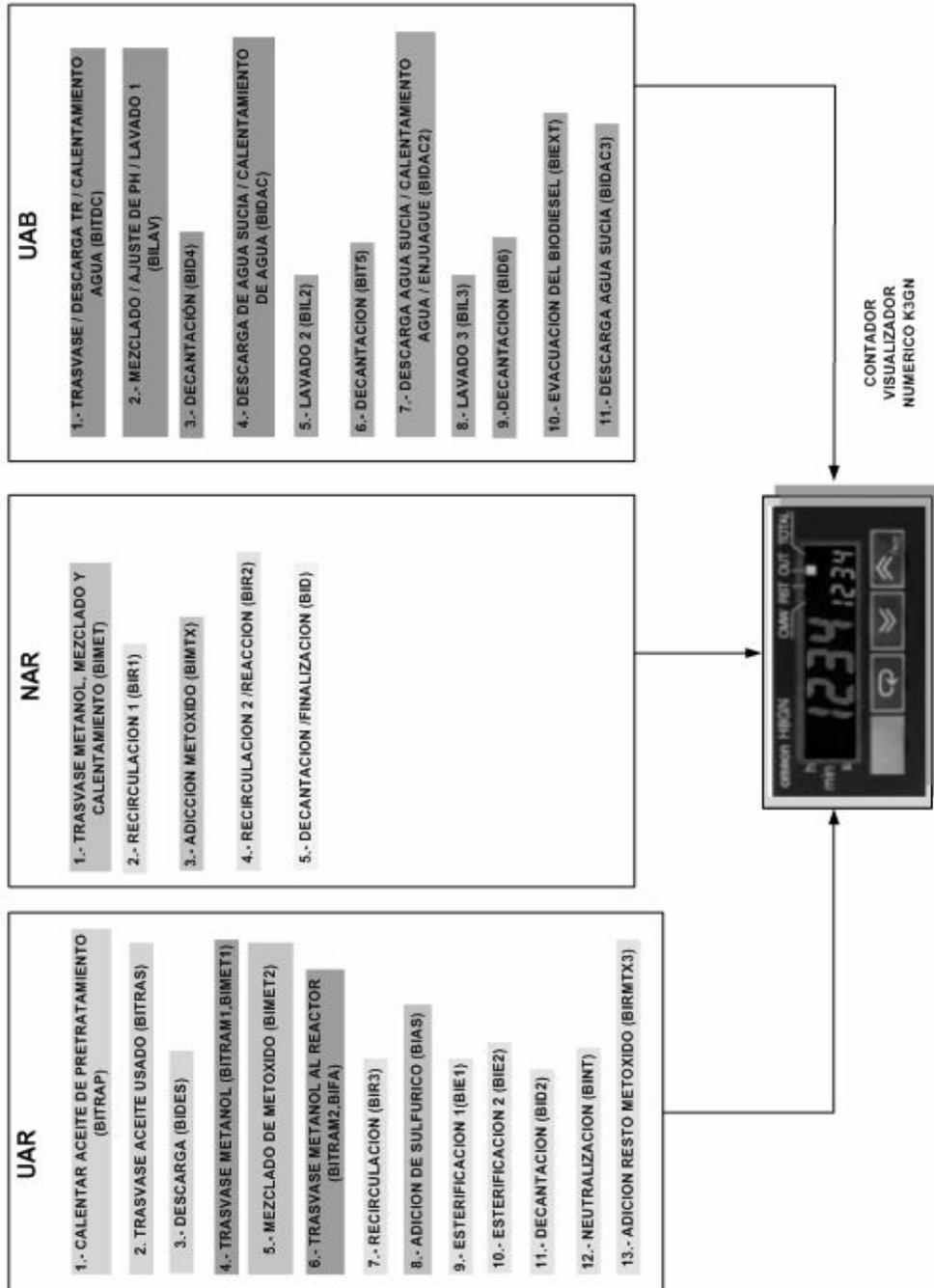
5.- LAVADO 2  
6.- DECANTACION  
7.- DESCARGA AGUA SUCIA / CALENTAMIENTO AGUA / ENJUAGUE

Fig 2.45 : GRAFCET UAB1/NAB1(4)



## F) VISUALIZACIÓN DE LOS PASOS DE REACCIÓN

Fig 2.46 : Pasos de producción



+

Tal como se comenta en el apartado 2.2.1.2 de esta memoria, el operador puede seguir el proceso gracias al visualizador K3GN donde se muestran los “pasos de producción” identificados con su número correspondiente. En la figura n°X se resumen todos los pasos también presentes en los Graficets de producción.

### 2.4.3. PARADAS DE EMERGENCIA (D1)



A este estado se llega desde F1 mediante la actuación del pulsador de emergencia o por la detección, por el sensor GME, de metanol en la atmósfera circundante. Una vez solucionado el problema se pasa al estado de A5 desde el cual se puede reincorporar al proceso de producción o anular la marcha automática, pasando a A1 mediante VM temp, y continuar en semiautomático o manual.

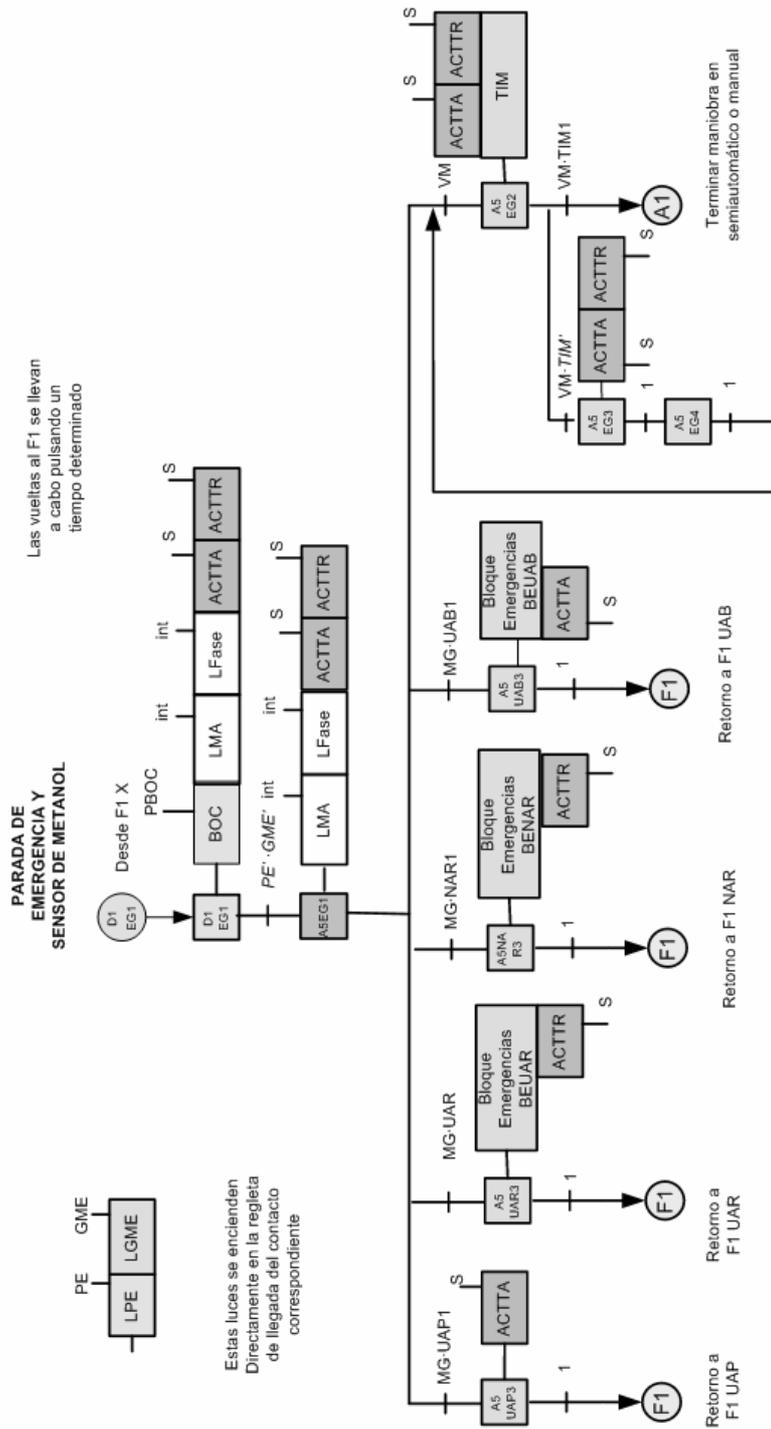
El Graficet de la Figura 2.47 expresa precisamente eso; cuando se pulse la parada de emergencia o salte la alarma del sensor de metanol se activará la bocina sonora, la cual podrá apagarse pulsando su pulsador asociado PBOC. Además, la luz de maniobra en proceso LMA y la luz de subconjuntos de “pasos de reacción”, encendidas hasta el momento de la entrada al estado de emergencia, parpadearán indicando al operador la situación.

Una vez desenclavada la parada de emergencia y desconectada la alarma del sensor de metanol se procederá a definir el siguiente estado del sistema. Tal como se ha comentado existen dos opciones:

- Paso al estado de parada inicial A1 mediante pulsando VM durante un tiempo determinado.
- Reenganche al módulo de producción F1 con el pulsador marcha general MG: Dependiendo del modo de operación determinado inicialmente con los selectores, el PLC gestionará el reenganche desde el módulo A5 al módulo F1 mediante programación. Esta programación se representa en los llamados “bloques de emergencia” BEUAR, BENAR y BEUAB.

La programación de estos bloques de emergencia se realiza en el lenguaje de alto nivel del autómatas y se incluyen como bloques de función en la programación LADDER o de lenguaje de contacto que es siguiente paso al Grafcet.

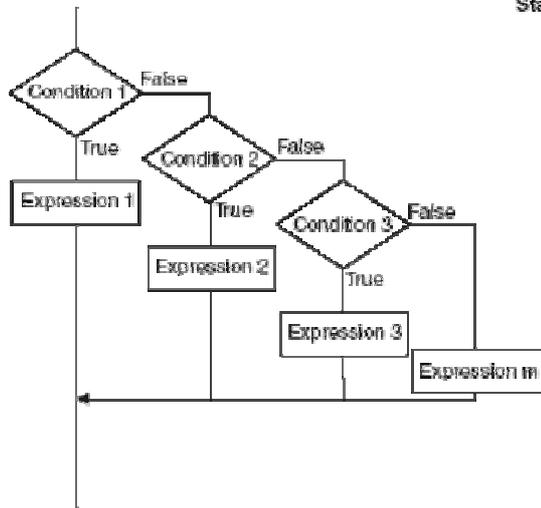
Fig 2.46 : GRAFCET de emergencias



La lógica de programación es la mostrada en el diagrama de flujo de la Figura 2.47 y se incluye en las tablas 2.6 y 2.7.

Figura 2.47:

Processing Flow Chart



Statement Syntax

```

IF <condition_1> THEN <expression_1>;
ELSIF <condition_2> THEN <expression_2>;
ELSIF <condition_3> THEN <expression_3>;
...
ELSIF <condition_n> THEN <expression_n>;
ELSE <expression_m>;
END_IF;
    
```

Tabla 2.6:

BLOQUE	LÓGICA DE CONTROL
Bloque de emergencia BEUAR	Si BIC entonces " a F1UAR1" Si BITRAS entonces " a F1UAR1" Si BIDES entonces " a F1UAR6" Si BITMX2 entonces " a F1UAR12" Si BIR3 entonces " a F1UAR16" Si BIE entonces " a F1UAR19" Si BIE2 entonces " a F1UAR21" Si BID2 entonces " a F1UAR23" Si BINT entonces " a F1UAR28" Si BITMX3 entonces " a F1UAR28" Si BITRS entonces " a F1UAR31" Si BID3 entonces " a F1UAR33"
Bloque de emergencias BENAR	

<p>Bloque de emergencias BEUAB</p>	<p>Si BITDC entonces “ a F1UAB1”</p> <p>Si BILAV entonces “ a F1UAB11”</p> <p>Si BID4 entonces “ a F1UAB15”</p> <p>Si BIDAC entonces “ a F1UAB19”</p> <p>Si BILAV2 entonces “ a F1UAB22”</p> <p>Si BID5 entonces “ a F1UAB24”</p> <p>Si BIDAC2 entonces “ a F1UAB 28,32”</p> <p>Si BILAV3 entonces “ a F1UAB34”</p> <p>Si BID6 entonces “ a F1UAR36”</p> <p>Si BIEXT entonces “ a F1UAB38”</p> <p>Si BIDAC3 entonces “ a F1UAB42”</p>
------------------------------------	---

Esta lógica se traduce en los siguientes bloques de función:

**Tabla 2.7:**

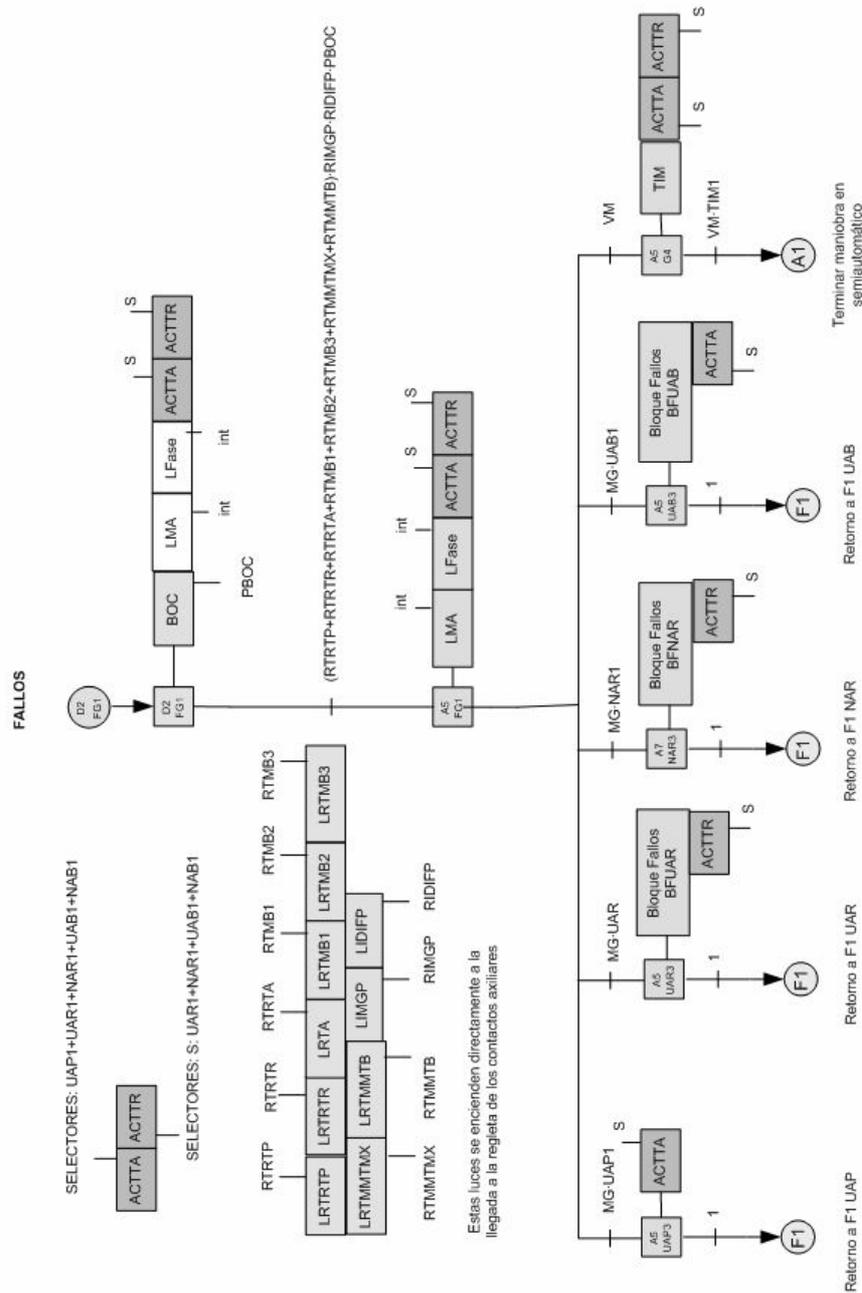
<p>(*BLOQUE DECISION EMERGENCIA BEUAR*)</p> <pre> IF BIC=TRUE THEN OF1UAR1=TRUE;   ELSIF BITRAS=TRUE THEN OF1UAR1 =TRUE;   ELSIF BIDES=TRUE THEN OF1UAR6 =TRUE;   ELSIF BITMX2=TRUE THEN OF1UAR12 =TRUE;   ELSIF BIR3=TRUE THEN OF1UAR16 =TRUE;   ELSIF BIE=TRUE THEN OF1UAR19 =TRUE;   ELSIF BIE2=TRUE THEN OF1UAR21 =TRUE;   ELSIF BID2=TRUE THEN OF1UAR23 =TRUE;   ELSIF BINT=TRUE THEN OF1UAR28 =TRUE;   ELSIF BITMTX3=TRUE THEN OF1UAR28 =TRUE;   ELSIF BITRS=TRUE THEN OF1UAR31 =TRUE;   ELSIF BID3=TRUE THEN OF1UAR33 =TRUE; END_IF;                 </pre>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">WUJEL</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">BEUAR</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%; text-align: center;">(BOOL) EN</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">(BOOL) ENO</th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W20.02 BIC</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BIC</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR1</td> <td style="text-align: center;">W56.05 OF1UAR1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.03 BITRAS</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BITRAS</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR6</td> <td style="text-align: center;">W56.06 OF1UAR6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.04 BIDES</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BIDES</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR12</td> <td style="text-align: center;">W56.07 OF1UAR12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.05 BITMX2</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BITMX2</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR16</td> <td style="text-align: center;">W56.08 OF1UAR16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.06 BIR3</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BIR3</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR19</td> <td style="text-align: center;">W56.09 OF1UAR19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.07 BIE</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BIE</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR21</td> <td style="text-align: center;">W56.10 OF1UAR21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.08 BIE2</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BIE2</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR23</td> <td style="text-align: center;">W56.11 OF1UAR23</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.10 BINT</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BINT</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR28</td> <td style="text-align: center;">W56.12 OF1UAR28</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.11 BITMX3</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BITMX3</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR31</td> <td style="text-align: center;">W56.13 OF1UAR31</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.12 BITRS</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BITRS</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) OF1UAR33</td> <td style="text-align: center;">W56.14 OF1UAR33</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W20.13 BID3</td> <td style="text-align: center;">(BOOL) BID3</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	WUJEL				BEUAR					(BOOL) EN	(BOOL) ENO		W20.02 BIC	(BOOL) BIC	(BOOL) OF1UAR1	W56.05 OF1UAR1	W20.03 BITRAS	(BOOL) BITRAS	(BOOL) OF1UAR6	W56.06 OF1UAR6	W20.04 BIDES	(BOOL) BIDES	(BOOL) OF1UAR12	W56.07 OF1UAR12	W20.05 BITMX2	(BOOL) BITMX2	(BOOL) OF1UAR16	W56.08 OF1UAR16	W20.06 BIR3	(BOOL) BIR3	(BOOL) OF1UAR19	W56.09 OF1UAR19	W20.07 BIE	(BOOL) BIE	(BOOL) OF1UAR21	W56.10 OF1UAR21	W20.08 BIE2	(BOOL) BIE2	(BOOL) OF1UAR23	W56.11 OF1UAR23	W20.10 BINT	(BOOL) BINT	(BOOL) OF1UAR28	W56.12 OF1UAR28	W20.11 BITMX3	(BOOL) BITMX3	(BOOL) OF1UAR31	W56.13 OF1UAR31	W20.12 BITRS	(BOOL) BITRS	(BOOL) OF1UAR33	W56.14 OF1UAR33	W20.13 BID3	(BOOL) BID3		
WUJEL																																																									
BEUAR																																																									
	(BOOL) EN	(BOOL) ENO																																																							
W20.02 BIC	(BOOL) BIC	(BOOL) OF1UAR1	W56.05 OF1UAR1																																																						
W20.03 BITRAS	(BOOL) BITRAS	(BOOL) OF1UAR6	W56.06 OF1UAR6																																																						
W20.04 BIDES	(BOOL) BIDES	(BOOL) OF1UAR12	W56.07 OF1UAR12																																																						
W20.05 BITMX2	(BOOL) BITMX2	(BOOL) OF1UAR16	W56.08 OF1UAR16																																																						
W20.06 BIR3	(BOOL) BIR3	(BOOL) OF1UAR19	W56.09 OF1UAR19																																																						
W20.07 BIE	(BOOL) BIE	(BOOL) OF1UAR21	W56.10 OF1UAR21																																																						
W20.08 BIE2	(BOOL) BIE2	(BOOL) OF1UAR23	W56.11 OF1UAR23																																																						
W20.10 BINT	(BOOL) BINT	(BOOL) OF1UAR28	W56.12 OF1UAR28																																																						
W20.11 BITMX3	(BOOL) BITMX3	(BOOL) OF1UAR31	W56.13 OF1UAR31																																																						
W20.12 BITRS	(BOOL) BITRS	(BOOL) OF1UAR33	W56.14 OF1UAR33																																																						
W20.13 BID3	(BOOL) BID3																																																								

<p>(*BLOQUE DECISION EMERGENCIA BENAR*)</p> <pre> IF BIMET=TRUE THEN OF1NAR1=TRUE;   ELSIF BIR1=TRUE THEN OF1NAR9 =TRUE;   ELSIF BITMX=TRUE THEN OF1NAR11 =TRUE;   ELSIF BIR2=TRUE THEN OF1NAR13 =TRUE;   ELSIF BID=TRUE THEN OF1NAR15 =TRUE;  END_IF;         </pre>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">VUELTA_DE_A6_A_F1</th> </tr> <tr> <th colspan="4">BENAR</th> </tr> <tr> <th></th> <th>(BOOL) EN</th> <th>(BOOL) EN0</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W20.14 BIR1</td> <td>(BOOL) BIR1</td> <td>(BOOL) OF1NAR9</td> <td>W56.01 OF1NAR9</td> </tr> <tr> <td>W20.15 BITMX</td> <td>(BOOL) BITMX</td> <td>(BOOL) OF1NAR11</td> <td>W56.02 OF1NAR11</td> </tr> <tr> <td>W30.12 BIR2</td> <td>(BOOL) BIR2</td> <td>(BOOL) OF1NAR13</td> <td>56.03 OF1NAR13</td> </tr> <tr> <td>W30.00 BID</td> <td>(BOOL) BID</td> <td>(BOOL) OF1NAR15</td> <td>W56.04 OF1NAR15</td> </tr> <tr> <td>W20.01 BIMET</td> <td>(BOOL) BIMET</td> <td>(BOOL) OF1NAR1</td> <td>W56.00 OF1NAR9</td> </tr> </tbody> </table>	VUELTA_DE_A6_A_F1				BENAR					(BOOL) EN	(BOOL) EN0		W20.14 BIR1	(BOOL) BIR1	(BOOL) OF1NAR9	W56.01 OF1NAR9	W20.15 BITMX	(BOOL) BITMX	(BOOL) OF1NAR11	W56.02 OF1NAR11	W30.12 BIR2	(BOOL) BIR2	(BOOL) OF1NAR13	56.03 OF1NAR13	W30.00 BID	(BOOL) BID	(BOOL) OF1NAR15	W56.04 OF1NAR15	W20.01 BIMET	(BOOL) BIMET	(BOOL) OF1NAR1	W56.00 OF1NAR9																												
VUELTA_DE_A6_A_F1																																																													
BENAR																																																													
	(BOOL) EN	(BOOL) EN0																																																											
W20.14 BIR1	(BOOL) BIR1	(BOOL) OF1NAR9	W56.01 OF1NAR9																																																										
W20.15 BITMX	(BOOL) BITMX	(BOOL) OF1NAR11	W56.02 OF1NAR11																																																										
W30.12 BIR2	(BOOL) BIR2	(BOOL) OF1NAR13	56.03 OF1NAR13																																																										
W30.00 BID	(BOOL) BID	(BOOL) OF1NAR15	W56.04 OF1NAR15																																																										
W20.01 BIMET	(BOOL) BIMET	(BOOL) OF1NAR1	W56.00 OF1NAR9																																																										
<p>(*BLOQUE DECISION EMERGENCIA BEUAB*)</p> <pre> IF BITDC=TRUE THEN OF1UAB1=TRUE;   ELSIF BILAV=TRUE THEN OF1UAB11 =TRUE;   ELSIF BID4=TRUE THEN OF1UAR15 =TRUE;   ELSIF BIDAC=TRUE THEN OF1UAB19 =TRUE;   ELSIF BILAV2=TRUE THEN OF1UAB22 =TRUE;   ELSIF BID5=TRUE THEN OF1UAB24 =TRUE;   ELSIF BIDAC2=TRUE THEN OF1UAB28 AND OF1UAB32=TRUE;   ELSIF BILAV3=TRUE THEN OF1UAB34 =TRUE;   ELSIF BID6=TRUE THEN OF1UAB36 =TRUE;   ELSIF BIETX=TRUE THEN OF1UAB38 =TRUE;   ELSIF BIDAC3=TRUE THEN OF1UAB42 =TRUE;  END_IF;         </pre>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">VUELTA_DE_A6_A_F1</th> </tr> <tr> <th colspan="4">BEUAB</th> </tr> <tr> <th></th> <th>(BOOL) EN</th> <th>(BOOL) EN0</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W30.07 BIDAC2</td> <td>(BOOL) BIDAC2</td> <td>(BOOL) OF1UAB1</td> <td>W57.00 OF1UAB1</td> </tr> <tr> <td>W30.08 BILAV3</td> <td>(BOOL) BILAV3</td> <td>(BOOL) OF1UAB11</td> <td>W57.01 OF1UAB11</td> </tr> <tr> <td>W30.09 BID6</td> <td>(BOOL) BID6</td> <td>(BOOL) OF1UAB15</td> <td>W57.02 OF1UAB15</td> </tr> <tr> <td>W30.10 BIEXT</td> <td>(BOOL) BIEXT</td> <td>(BOOL) OF1UAB19</td> <td>W57.03 OF1UAB19</td> </tr> <tr> <td>W20.00 BIDAC3</td> <td>(BOOL) BIDAC3</td> <td>(BOOL) OF1UAB22</td> <td>W57.04 OF1UAB22</td> </tr> <tr> <td>W30.01 BITDC</td> <td>(BOOL) BITDC</td> <td>(BOOL) OF1UAB24</td> <td>W57.05 OF1UAB24</td> </tr> <tr> <td>W30.02 BILAV</td> <td>(BOOL) BILAV</td> <td>(BOOL) OF1UAB28</td> <td>W57.06 OF1UAB28</td> </tr> <tr> <td>W30.03 BID4</td> <td>(BOOL) BID4</td> <td>(BOOL) OF1UAB32</td> <td>W57.07 OF1UAB32</td> </tr> <tr> <td>W30.04 BIDAC</td> <td>(BOOL) BIDAC</td> <td>(BOOL) OF1UAB34</td> <td>W57.08 OF1UAB34</td> </tr> <tr> <td>W30.05 BILAV2</td> <td>(BOOL) BILAV2</td> <td>(BOOL) OF1UAB36</td> <td>W57.09 OF1UAB36</td> </tr> <tr> <td>W30.06 BID5</td> <td>(BOOL) BID5</td> <td>(BOOL) OF1UAB38</td> <td>W57.10 OF1UAB38</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>(BOOL) OF1UAB42</td> <td>W57.11 OF1UAB42</td> </tr> </tbody> </table>	VUELTA_DE_A6_A_F1				BEUAB					(BOOL) EN	(BOOL) EN0		W30.07 BIDAC2	(BOOL) BIDAC2	(BOOL) OF1UAB1	W57.00 OF1UAB1	W30.08 BILAV3	(BOOL) BILAV3	(BOOL) OF1UAB11	W57.01 OF1UAB11	W30.09 BID6	(BOOL) BID6	(BOOL) OF1UAB15	W57.02 OF1UAB15	W30.10 BIEXT	(BOOL) BIEXT	(BOOL) OF1UAB19	W57.03 OF1UAB19	W20.00 BIDAC3	(BOOL) BIDAC3	(BOOL) OF1UAB22	W57.04 OF1UAB22	W30.01 BITDC	(BOOL) BITDC	(BOOL) OF1UAB24	W57.05 OF1UAB24	W30.02 BILAV	(BOOL) BILAV	(BOOL) OF1UAB28	W57.06 OF1UAB28	W30.03 BID4	(BOOL) BID4	(BOOL) OF1UAB32	W57.07 OF1UAB32	W30.04 BIDAC	(BOOL) BIDAC	(BOOL) OF1UAB34	W57.08 OF1UAB34	W30.05 BILAV2	(BOOL) BILAV2	(BOOL) OF1UAB36	W57.09 OF1UAB36	W30.06 BID5	(BOOL) BID5	(BOOL) OF1UAB38	W57.10 OF1UAB38			(BOOL) OF1UAB42	W57.11 OF1UAB42
VUELTA_DE_A6_A_F1																																																													
BEUAB																																																													
	(BOOL) EN	(BOOL) EN0																																																											
W30.07 BIDAC2	(BOOL) BIDAC2	(BOOL) OF1UAB1	W57.00 OF1UAB1																																																										
W30.08 BILAV3	(BOOL) BILAV3	(BOOL) OF1UAB11	W57.01 OF1UAB11																																																										
W30.09 BID6	(BOOL) BID6	(BOOL) OF1UAB15	W57.02 OF1UAB15																																																										
W30.10 BIEXT	(BOOL) BIEXT	(BOOL) OF1UAB19	W57.03 OF1UAB19																																																										
W20.00 BIDAC3	(BOOL) BIDAC3	(BOOL) OF1UAB22	W57.04 OF1UAB22																																																										
W30.01 BITDC	(BOOL) BITDC	(BOOL) OF1UAB24	W57.05 OF1UAB24																																																										
W30.02 BILAV	(BOOL) BILAV	(BOOL) OF1UAB28	W57.06 OF1UAB28																																																										
W30.03 BID4	(BOOL) BID4	(BOOL) OF1UAB32	W57.07 OF1UAB32																																																										
W30.04 BIDAC	(BOOL) BIDAC	(BOOL) OF1UAB34	W57.08 OF1UAB34																																																										
W30.05 BILAV2	(BOOL) BILAV2	(BOOL) OF1UAB36	W57.09 OF1UAB36																																																										
W30.06 BID5	(BOOL) BID5	(BOOL) OF1UAB38	W57.10 OF1UAB38																																																										
		(BOOL) OF1UAB42	W57.11 OF1UAB42																																																										

### 2.4.4. DIAGNOSTICO Y/O TRATAMIENTO DE FALLOS (D2)

Al módulo D2 se llega por fallos, salto de relés térmicos y magnéticos, y por el incumplimiento de condiciones en los bits de caminos. Una vez solucionado estos fallos *PE'*, *GME'*, se pasa al módulo A5 y de ahí a la parada en estado inicial A1 o de vuelta a la producción normal F1 tal como ocurría con el módulo D1. De hecho el Grafcet (Figura 2.48) sigue la misma lógica que en la elaboración del Grafcet D1; Los bloques de función programados para el reenganche ya están incluidos en la programación final LADDER (lenguaje de contactos).

Figura 2.48:

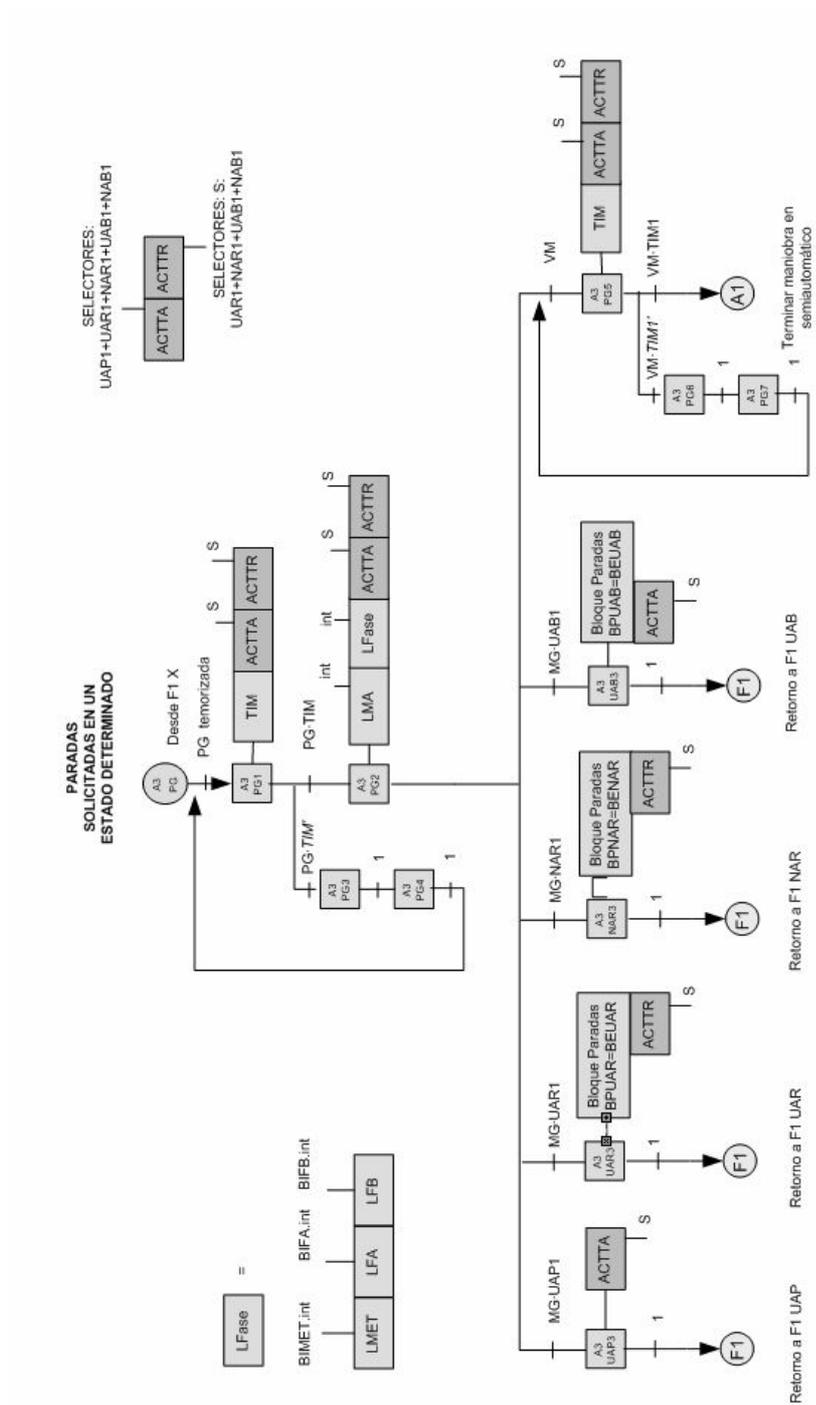


### 2.4.5. PARADAS SOLICITADAS EN UN ESTADO DETERMINADO (A3)

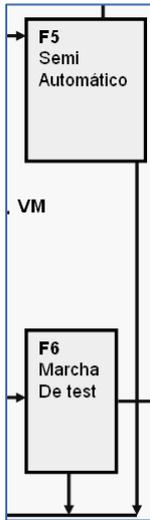


A voluntad del operador se puede, en producción F1, realizar una parada voluntaria mediante PG temp. Después, se puede bien volver a reentrar en el punto conveniente de F1 con los bloques de decisión programados o pasar al módulo A1 (VM), de manera similar a lo que ocurría en D1 y D2 (Figura 2.49)

Figura 2.49:



#### 2.4.6. MANDO MANUAL (M) Y SEMIAUTOMÁTICO (SA) (F5 Y F6)

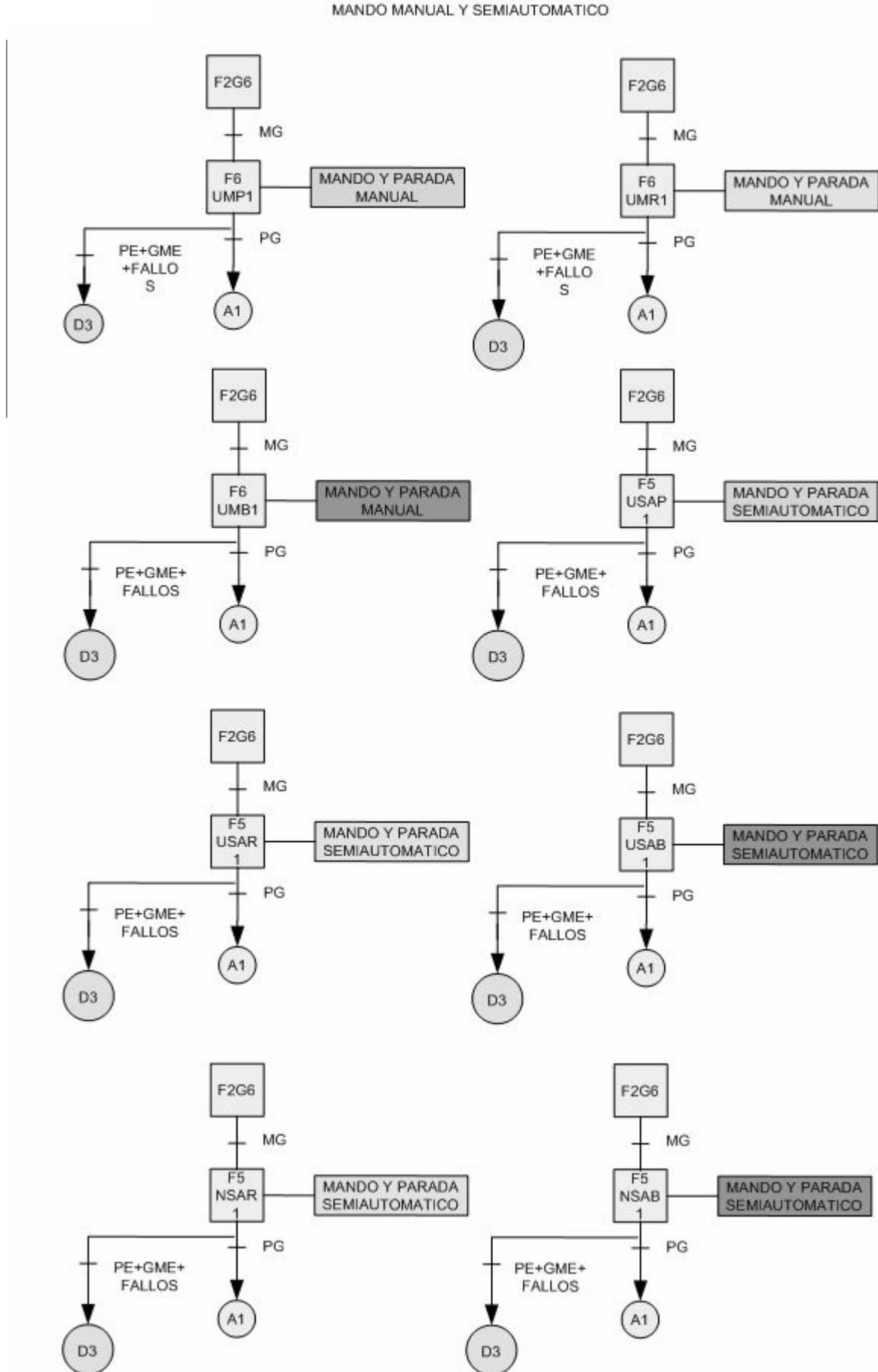


En el GEMMA, F6 representa el mando manual y el F5 el semiautomático. El mando manual permite gobernar el elemento individualmente y sin restricciones, y el semiautomático permite lo mismo pero con las restricciones necesarias para evitar fallos o desastres de maniobra.

La entrada a cada mando se realiza con la combinación correspondiente de selectores y el pulsador MG. Cada mando, anidado en las diferentes etapas de los graficets representados en este apartado (Figura 2.51), debe programarse en lenguaje de contacto o LADDER.

En la Figura 2.50, se muestra un ejemplo representativo; El gobierno de la válvula VSTSP en la etapa F6UMP1 (manual) se realiza mediante los pulsadores de marcha MVSTP y parada de PVSTP y un biestable KVSTP. En el caso de la etapa F5USAP1 (semiautomático), con el pulsador MVSTP se puede abrir la válvula, si previamente cumple una serie de condiciones (que el sensor ATP, BTP, CRTP estén activos). El cierre se realiza con PVSTP. La salida al estado A1 puede realizarse en cualquier momento mediante el pulsador de parada PG.

Figura 2.51:



• **CONDICIONES DEL MANDO SEMIAUTOMÁTICO**

La apertura y conexión de elementos con el mando semiautomático debe cumplir ciertas condiciones previamente; Así en semiautomático si el operador intenta poner en marcha una bomba mediante su pulsador correspondiente nada ocurrirá a menos que haya líquido en el depósito y la válvula que la cebe esté abierta. Estas series de condiciones se resumen a continuación:

<b>CONDICIONES PARA LA MARCHA DE LOS ELEMENTOS EN SEMIAUTOMATICO USAP</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
$RTP = BSTP \cdot BTP \cdot ATP \cdot CVPTP \cdot CVSTSP'$	Tanque de pretratamiento cargado y cerrado
$VPTP = RTP'$	Resistencia apagada
$VSTSP = ATP' \cdot BTP' \cdot RTP'$	Tanque de pretratamiento descargado de aceite y resistencia apagada
$MB1 = BSTP \cdot CRTP' \cdot CRTR' \cdot CVSTSP' \cdot CVSTG' \cdot CVPTR' \cdot CVPTS'$	Resistencias apagadas, salidas del reactor cerradas, sulfúrico cerrado

<b>CONDICIONES PARA LA MARCHA DE LOS ELEMENTOS EN SEMIAUTOMATICO NSAR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
$VPTMX = BG \cdot BTR \cdot CMMTMX' \cdot CVPTS'$	Se puede adicionar el metóxido cuando el mezclador este apagado, haya producto en el reactor y la válvula de sulfúrico esté cerrada
$MMTMX = BTMX \cdot ATMX \cdot CVEME'$	Deposito TMX lleno y la válvula procedente del tanque de metanol cerrada
$VEME = CVMETR' \cdot ATMX'$	Válvulas del camino de metanol en posición para cargar el metanol en el mezclador y nivel limite superior del mezclador OFF
$VPTME = BTME$	Cuando haya metanol suficiente en el tanque de metanol
$RTR = BG \cdot BTR \cdot CTTR \cdot CVSTG' \cdot CVPTS'$	Reactor lleno y cerrado, controlador encendido y sulfúrico cerrado
$VSTG = RTR' \cdot BTR' \cdot CVPTS' \cdot CVPTMX'$	Resistencia apagada, reactor vacío de biodiesel y válvulas de productos a añadir cerradas
$VPTR = BG \cdot CVPTS' \cdot CVSTG'$	Nivel bajo encendido, sulfúrico cerrado y drenaje cerrado

$MB2 = VPTR \cdot CVRPTR \cdot CVPA \cdot CVSTB1' \cdot CVPTB' \cdot CVRTB' \cdot CVSTG' \cdot CVPTS' = BRR \cdot CVPTS'$	Camino de recirculación definido, sulfúrico cerrado y drenaje cerrado = Bit de recirculación y sulfúrico cerrado
$MB3 = CVPTME \cdot CVEME \cdot ATMX' \cdot CVMETR' \cdot CVPTMX'$	Camino de carga de metanol definido, tanque metanol sin llenar , válvula de descarga del mezclador cerrada y válvula de carga directa de metanol al reactor cerrada
$VPA = BG \cdot CVPTS' \cdot CVSTG'$	Nivel bajo encendido, sulfúrico cerrado y drenaje cerrado
$VRPTR = BG \cdot CVPTS' \cdot CVSTG'$	Nivel bajo encendido, sulfúrico cerrado y drenaje cerrado

<b>CONDICIONES PARA LA MARCHA DE LOS ELEMENTOS EN SEMIAUTOMATICO USAR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
$RTP = BSTP \cdot BTP \cdot ATP \cdot CVPTP' \cdot CVSTSP'$	Tanque de pretratamiento cargado y cerrado
$VPTP = RTP'$	Resistencia apagada
$VSTSP = ATP' \cdot BTP' \cdot RTP'$	Tanque de pretratamiento descargado de aceite y resistencia apagada
$MB1 = BSTP \cdot CRTP' \cdot CRTR' \cdot CVSTSP' \cdot CVSTG' \cdot CVPTR' \cdot CVPTS'$	Resistencias apagadas, salidas del reactor cerradas, sulfúrico cerrado
$VPTMX = BG \cdot BTR \cdot CMMTMX' \cdot CVPTS'$	Se puede adicionar el metóxido cuando el mezclador este apagado, haya producto en el reactor y la válvula de sulfúrico esté cerrada
$MMTMX = BTMX \cdot CVEME'$	Deposito TMX lleno al mínimo y la válvula procedente del tanque de metanol cerrada
$VPTME = BTME$	Cuando haya metanol suficiente en el tanque de metanol
$VEME = CVMETR' \cdot ATMX'$	Válvulas del camino de metanol en posición para cargar el metanol en el mezclador
$VMETR = CVEME' \cdot ATR'$	Válvulas del camino de metanol en posición para cargar el metanol en el reactor y nivel limite superior del reactor OFF
$RTR = BG \cdot BTR \cdot CTTR \cdot CVSTG'$	Reactor lleno, drenaje cerrado y controlador encendido.
$VSTG = RTR' \cdot BTR' \cdot CVPTS' \cdot CVPTMX'$	Resistencia apagada, reactor vacío de biodiesel y válvulas de productos a añadir cerradas

VPTR = BG·CVPTS'	Nivel bajo encendido y drenaje cerrado
MB2= CVPTR·CVRPTR·CVPA·CVSTB1'·CVPTB'·CVRTB'·CVSTG'= BRR	Camino de recirculación definido y drenaje cerrado
MB3 =CVPTME·CVEME·ATMX'·CVMETR'·CVPTMX'	Camino de carga de metanol definido, tanque metanol sin llenar , válvula de descarga del mezclador cerrada y válvula de carga directa de metanol al reactor cerrada
VPA = BG·CVPTS'	Nivel bajo encendido y drenaje cerrado
VRPTR = BG·CVSTG'	Nivel bajo encendido y drenaje cerrado

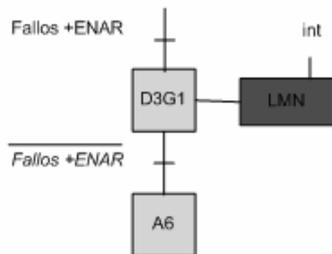
<b>CONDICIONES PARA LA MARCHA DE LOS ELEMENTOS EN SEMIAUTOMATICO SAB</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
RTA = ATA · CVETA'·CVATA'	Tanque de agua cerrado y lleno
VETA = ATA' · CVATA'	Tanque sin llenar y válvula de descarga de agua cerrada
VATA = ATA·CVETA'·ATB'·CMMTB'	Tanque lleno, válvula de admisión de agua cerrada, tanque de lavado sin llenar completamente y mezclador lavador apagado
VPTO = BTO·BAS·BTB·CVSTB2'·CVSTAS'·CVRTB'	Acido suficiente, tanque lavado lleno y salidas cerradas
VRTB = CMMTB'·CVPTB'	Agitador lavador apagado y evacuación de biodiesel cerrada
VPTB = CMMTB'·CVRTB'	Agitador lavador apagado y retorno al tanque lavador cerrado
VPA = CMMTB'·CVRPTR'	Agitador lavador apagado y retorno al reactor cerrado
VPTR = BG ·CMMTB'	Presencia de restos en el reactor y agitador lavador apagado
VSTB1 = BAS · CMMTB'	Presencia de liquido en el tanque lavador y agitador lavador apagado
VSTB2 = BAS · CMMTB'	Presencia de liquido en el tanque lavador y agitador lavador apagado
VSTAS = BAS· CMMTB'	Presencia de liquido en el tanque lavador y agitador lavador apagado

$MB2 = (BTRA2 \cdot BG + BENJ \cdot BAS + BSAL \cdot BAS) \cdot CMMTB'$	Bit de caminos definidos, restos de liquido en los tanques de origen y agitador lavador apagado
$MMTB = BAS \cdot BTB \cdot CVSTB2' \cdot CVRTB' \cdot CVATA' \cdot CVSTAS' \cdot CMB2'$	Reactor lleno y cerrado y bomba apagada

### 2.4.7. TRATAMIENTO DE DEFECTOS (D3)



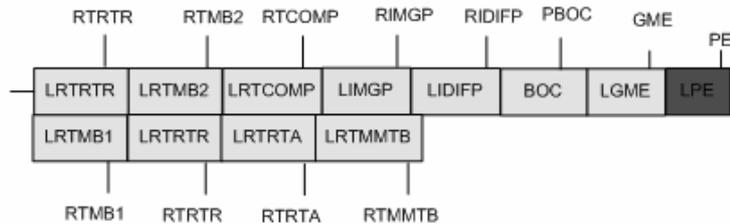
En modo semiautomático o manual, al igual que en automático, pueden originarse emergencias, saltar la alarma del sensor GME, o saltar alguno de los relés magnéticos y/o térmicos. El modo de proceder es sencillo y se muestra en el Graficet Figura 2.51; al darse los fallos o la emergencia, el sistema se paraliza y la luz de maniobra nula parpadea. Una vez arreglados y reestablecidas las condiciones normales se pasa de nuevo módulo A6 y de ahí al A1 directamente al estar la llave general girada:



$$\text{Fallos} + \text{ENAR} = (RtRTR + RtRTP + RtMB1 + RtMB2 + RiCOMP + RtRTA + RtMMTB + IMGP + IDIFF1) + (PE + GME)$$

$$\overline{\text{Fallos} + \text{ENAR}} = (\overline{RtRTR} \cdot \overline{RtRTP} \cdot \overline{RtMB1} \cdot \overline{RtMB2} \cdot \overline{RiCOMP} \cdot \overline{RtRTA} \cdot \overline{RtMMTB} \cdot \overline{IMGP} \cdot \overline{IDIFF1}) \cdot (\overline{PE} \cdot \overline{GME})$$

$$\text{ENAR} = \text{PE} + \text{GME}$$



## 2.5. CONSIDERACIONES GENERALES PREVIAS AL PASO GRAFCET – LENGUAJE DE CONTACTOS (LADDER)

El paso de las maniobras expresadas en Grafcet al lenguaje de contactos requiere conocer bien el hardware instalado y su conexionado, ambos descritos en los planos. A su vez éstos han sido optimizados de cara a la programación. Esto significa que el software y el hardware van relacionados de forma complementaria, es decir, cuanto más elaborado sea el software menos hardware se necesitará y viceversa.

A continuación, se resumen las consideraciones realizadas en materia de software, hardware y conexionado basadas en criterios de experiencia, seguridad, economía y relación directa con la filosofía de programación. Estas permiten entender mejor el sistema y ayudar en el paso de lenguaje Grafcet a lenguaje de contactos:

### A) REALIMENTACIÓN

En la automatización con PLC, es norma general realimentar mediante un contacto auxiliar el estado final del elemento de control, que confirme como recibida y ejecutada la orden de efectuada. Así en Fig. nº se muestra que el PLC da la orden de apertura a la bobina de una electroválvula o contactor de un motor y, mediante un contacto auxiliar, se lleva al autómatas el estado final de la orden. Estos contactos están expresados en la programación con la letra C antes de las iniciales de las válvulas. Ej : CVPTP.



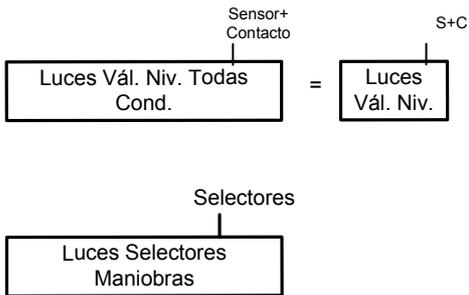
### B) ESTADO DE LA MANIOBRA

En cada instante mediante el PLC y los diferentes estados de posición de selectores, luces indicadoras del panel y elementos de control del cuadro el operador puede saber el punto de estado de realización de la maniobra, para poder seguir con criterios adecuados después de una interrupción. Esto se consigue por un lado mediante la entrada de todos los

sensores y pulsadores del proceso, almacenando dicha información en registros de mantenimiento (HR= Hold Register) en la memoria del PLC y por otro mediante bits de trabajo o biestables SR por software (KEEP) que almacenan en un bit el punto de trabajo y la maniobra seleccionada.

**C) LUCES INDICADORAS DE ESTADO:**

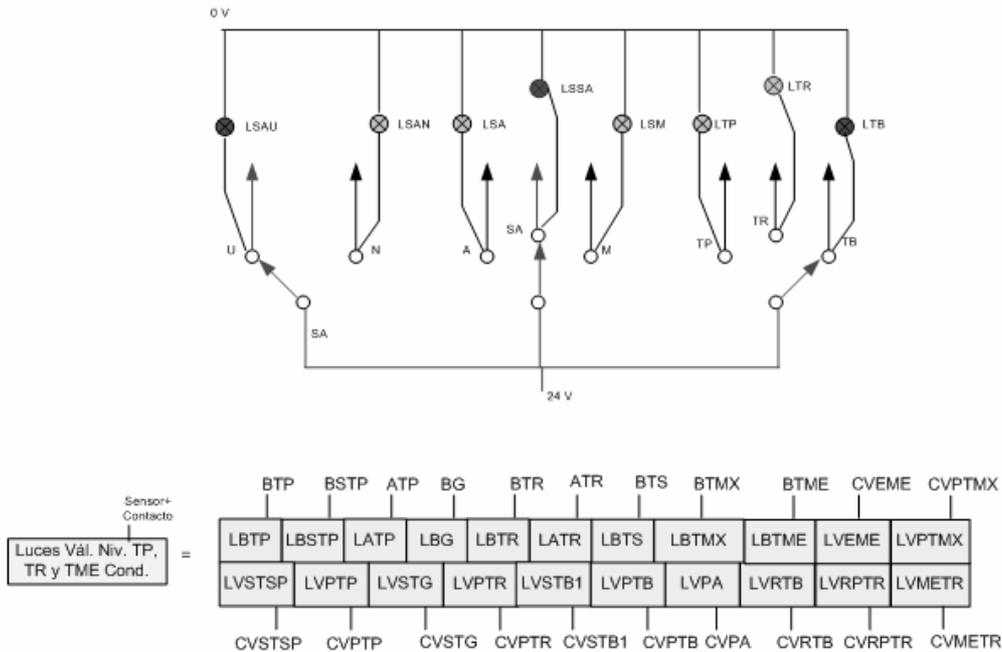
**Figura 2.53:**



Las luces del cuadro muestran los estados de los elementos del proceso. Algunas las enciende el PLC, como resultado de una confirmación de estado de una válvula y otras las encienden directamente los contactos de los elementos, sin pasar por el PLC (Figura 2.54). Esto tiene la ventaja por un lado el no necesitar más módulos de salida y por otro que se encenderán independientemente de la etapa del Grafcet donde nos encontremos (Figura 2.55). Es el caso por ejemplo de los selectores de maniobra, de los relés térmicos, de los contactos auxiliares y de los sensores. (Ver planos nº 7 y 19 )

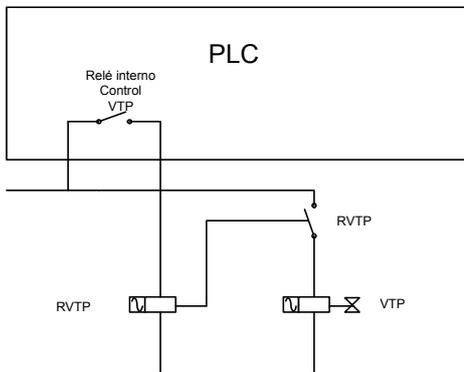
Es el caso por ejemplo de los selectores de maniobra, de los relés térmicos, de los contactos auxiliares y de los sensores. (Ver planos nº 7 y 19 )

**Figura 2.54:**      **Figura 2.55:**



## D) RELÉ AUXILIAR INTERMEDIO

Figura 2.56:

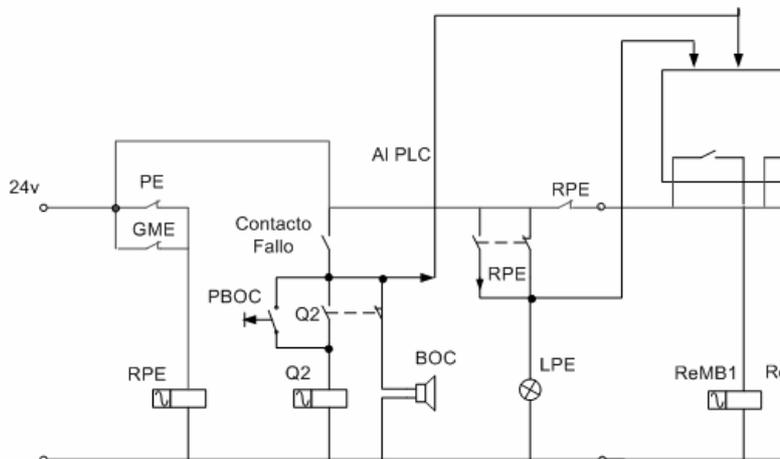


La incorporación de los minirelés auxiliares intermedios se justifica por la necesidad de proteger los débiles contactos de los relés de trabajo internos del autómata. Esta medida es práctica y económica pues la sustitución de los mismos en caso de avería puede hacerse fácilmente y por un coste realmente bajo. De esta manera, el PLC delega la apertura y el cierre de los elementos alimentados a corriente alterna y sus contactos internos no tienen que soportar los picos de corriente de conexión.

## E) GESTIÓN DE LAS EMERGENCIAS (Relé maestro de control RPE)

Este esquema eléctrico (Figura 2.57) representa la forma en que se corta la corriente de alimentación de los elementos de actuación en caso de emergencia. Con este circuito se consigue que el PLC no corte la corriente si se produce una parada de emergencia o en el caso de que salte la protección de alguno de los equipos, por lo que se consigue que la emergencia en sí sea la que corte la corriente.

Figura 2.57:



Se realimenta al autómatas para que este reconozca la situación de emergencia y este actúe en consecuencia. El esquema topológico del circuito empleado es el que aparece a continuación

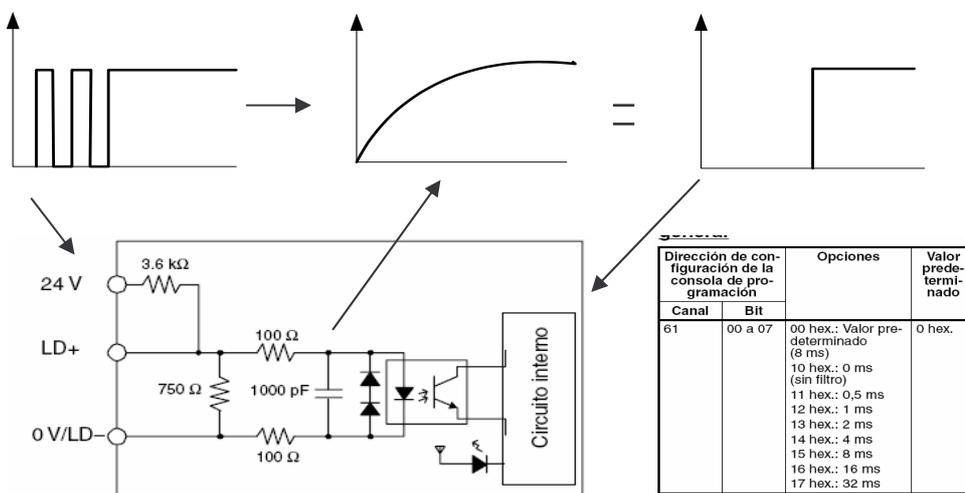
En ningún caso el PLC controla la emergencia, solo recibe información de cuando se produce y es el relé RPE el que deja sin tensión de 24 v a las salidas, que siguen gobernadas por el PLC pero sin acción final posible sobre el elemento controlado. La normativa no permite que la seguridad de las emergencias dependa del funcionamiento o no del PLC.

Esto puede verse en el plano nº 18. Si se pulsa el pulsador de emergencia PE, éste abre el contacto RPE dejando sin corriente a los relés auxiliares intermedios (ReMB1 por ej) que no se inmutarán a pesar de la conmutación del relé interior del PLC.

### F) CIRCUITO DE ELIMINACIÓN DE REBOTES A LA ENTRADA DEL PLC

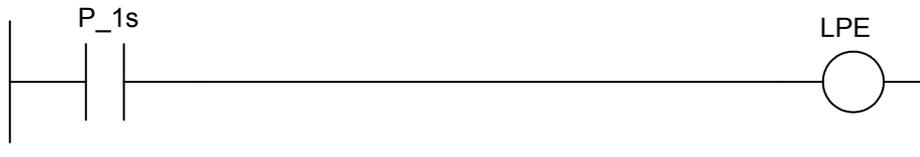
En las entradas digitales es fundamental garantizar que solo entre un 1 lógico al PLC y evitar señales falsas por rebotes. Para ello puede ajustarse la constante de tiempo, del filtro de primer orden paso bajo (RC) de la unidad de entrada, por software en el canal 61 del PLC. Esto puede llevarse a cabo mediante la programación de los bit 00 a 07 y evitar así las entradas falsas de nivel alto o ruidos (1 lógico) como consecuencia de rebotes en la señal de entrada.(Ver Figura2.58). Ej: Para una constante de tiempo de 4 ms correspondería el nº 14 hex en el canal 61.

Figura 2.58:



### G) INTERMITENCIAS DE BOCINA O LUCES:

Figura 2.59 :



Se consiguen mediante la puesta en serie de contactos de un tren de pulsos a la salida correspondiente. Existe un abanico de intervalos de tiempo permitidos tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 2.8: Intervalos de tiempo entre cada pulso

Reloj de 1 minuto	P_1min
Reloj de 0.02 segundos	P_0_02s
Reloj de 0.1 segundos	P_0_1s
Reloj de 0.2 segundos	P_0_2s
Reloj de 1 segundo	P_1s

### H) PROGRAMACIÓN Y AJUSTE DE SEÑALES ANALÓGICAS<sup>[22], [50]</sup>

La lectura, procesamiento, y ajuste de las señales analógicas, efectuadas por la unidad analógica y el PLC, implican una serie de pasos que conviene tener en cuenta a la hora de la programación. La señal del proceso acondicionada es convertida por dicha unidad a dígitos “0 o 1” y almacenada en la memoria del PLC.

En la Figura 2.60 se expresa la correspondencia entre las posiciones de memoria del PLC y las de la unidad analógica. Los sensores refrescan continuamente, los datos que van a ser digitalizados y almacenados en la memoria de la unidad analógica, y ésta los transfiere continuamente a la memoria de trabajo CIO del PLC. A su vez, el autómatas transfiere los parámetros de configuración necesarios para el comportamiento adecuado de la unidad analógica. Estos parámetros se almacenan en posiciones de memoria prefijadas en el autómatas cuyas direcciones se expresan en la Figura 2.61. La transferencia de estos

parámetros se puede hacer manualmente o por programación, siendo esta última opción la elegida en el proyecto.

Figura 2.60: Conexión entre PLC y unidades A/D. Esquema de memoria

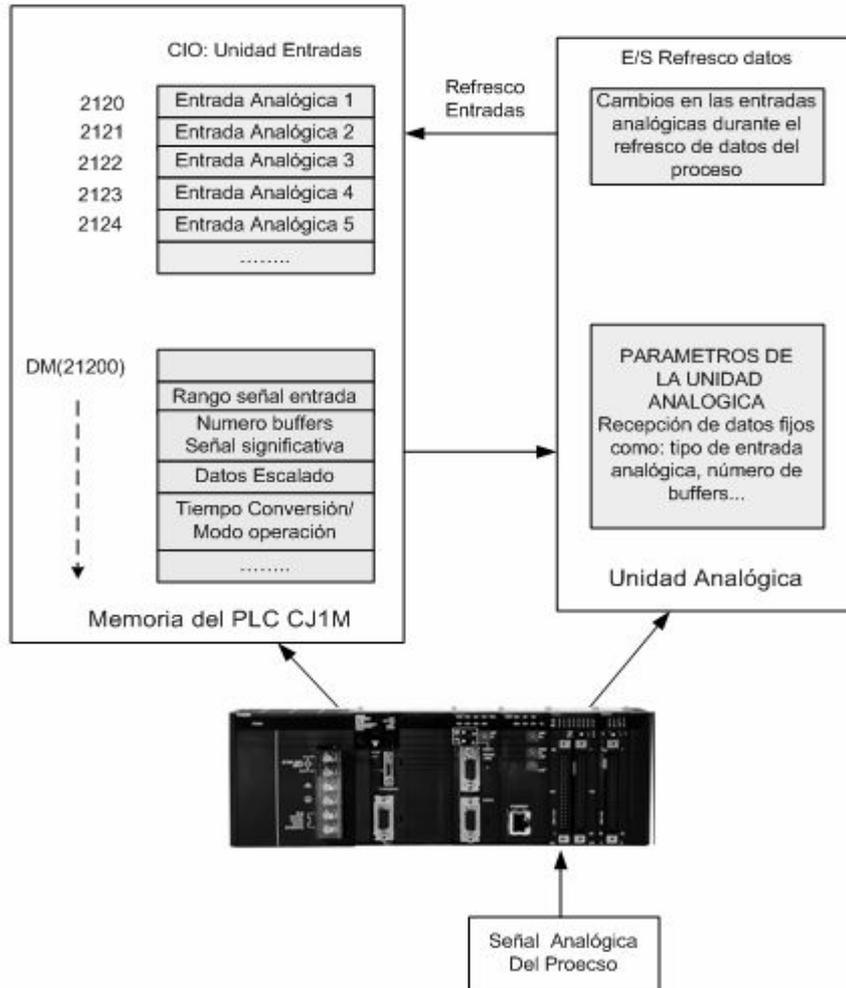
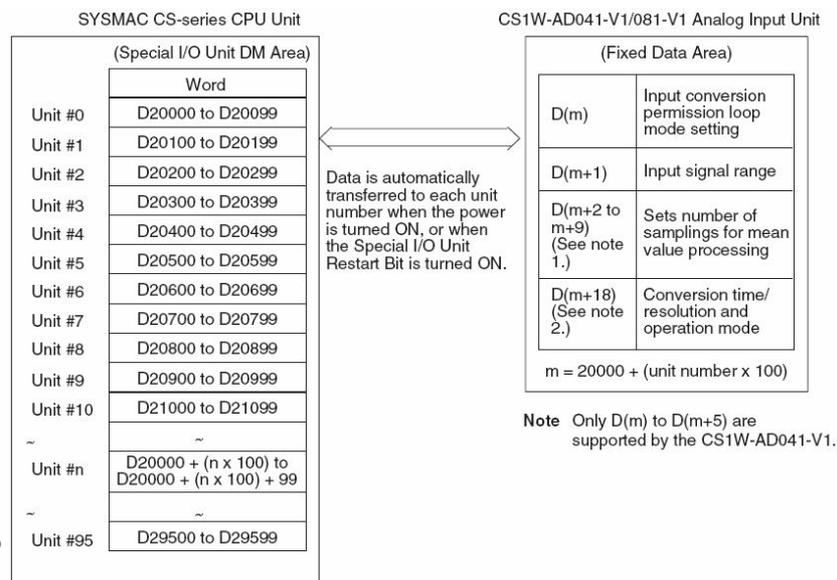


Figura 2.61: Detalle de la transmisión de parámetros de configuración de la unidad A/D



A continuación se aborda la configuración de estos parámetros que permitirán funcionar al binomio PLC – Unidad analógica digital de una forma óptima :

### H.1) POSICIÓN Y NÚMERO DE ENTRADAS CONECTADAS (INPUT CONVERSION):

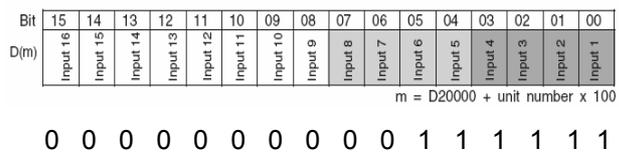
El PLC tiene que saber en que parte de su memoria se van a volcar las lecturas efectuadas por la unidad analógica de los sensores analógicos conectados, una vez convertidas las señales a digital. Por otro lado, conviene señalar que la dirección de la memoria del PLC asignada a las lecturas analógicas depende de la posición que ocupa dicha unidad en le rack de expansión del PLC. En concreto, la unidad analógica CJ1W AD081 está colocada en la posición 12 del rack, y se comunica con la dirección o tabla de memoria del PLC calculada de esta forma:  $\text{Data Memory} = \text{DM } 20000 + (n \times 100) = 20000 + (12 \times 100) = 21200$ .

En este proyecto se van a conectar en principio los sensores en las entradas indicadas en la Tabla 2.9, correspondiendo un “0” en las no usadas y un “1” en las usadas. Esto implica un contenido de DM (21200) = 0000000000111111 (Binario) = 00 3F (Hexadecimal) para que la unidad analógica sepa las entradas y tipo que tiene conectadas.

Tabla 2.9:

Sensor Nivel TP (NTP)	Entrada 1
Sensor pH (SPH)	Entrada 2
sensor Metanol (GME)	Entrada 3
Sensor TTP	Entrada 4
Sensor TTR	Entrada 5
Sensor TTA	Entrada 6

Figura 2.62:



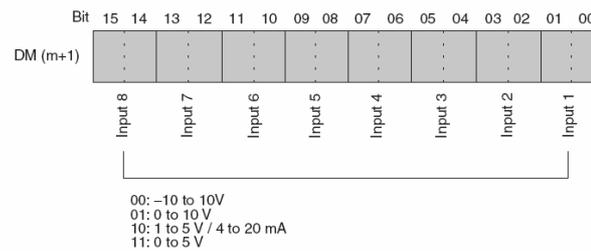
### H.2) NIVELES DE TENSIÓN O EN INTENSIDAD:

Las señales de los sensores analógicos pueden en ambos tipos. Para tener en cuenta esto en el conector de la unidad AD081 existen físicamente unos interruptores (ver plano nº 9) para decidir el tipo de entrada: Así si viene en tensión hay que ponerlo en la posición OFF y si es en intensidad en ON (caso de todos los sensores analógicos de la planta).

### H.3) RANGO DE LA SEÑAL DE ENTRADA (INPUT SIGNAL RANGE)

Esto se configura en la dirección de memoria D(m+1) siendo  $m = 20000 + n * 100$ , es decir en DM(21201). En este caso como todas las señales son de 4-20 mA, hay que poner "10" (tal como muestra la Figura 2.63) en los casilleros correspondientes de dicha memoria. Esto es : DM(21201) = (000000101010101010) (Binario) = 0AAA

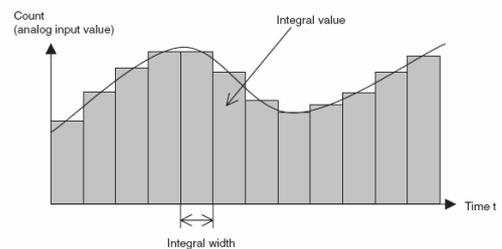
Figura 2.63:



### H.4) PERIODO DE MUESTREO (CONVERSIÓN TIME /RESOLUTION SETTING):

El periodo de muestreo es uno de los parámetros fundamentales de la precisión de la conversión de la señal analógica digital, ya que define el número de muestras que van a ser tomadas. El fabricante recomienda, para una resolución de 12 bits ( $2^{12} = 4096$  muestras), un tiempo de 1 mseg por cada entrada a muestrear. Así para un caso de 3 entradas corresponde un periodo de 3 mseg (Integral width) (Figura 2.64).

Figura 2.64:



El tiempo de conversión y la resolución (nº de bits) E se realiza configurando los 8 primeros bits de la posición de memoria D(m+18) = 20118 (Figura 2.65)

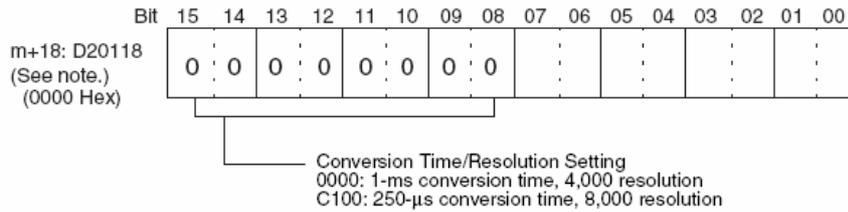
Figura 2.65: Dirección de memoria D(m+18)

CS1W-AD041-V1/AD081-V1

Bit	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
D (m+18)	Conversion time/resolution setting								Operation mode setting 00: Normal mode C1: Adjustment mode							

$$m = D20000 + (\text{unit number} \times 100)$$

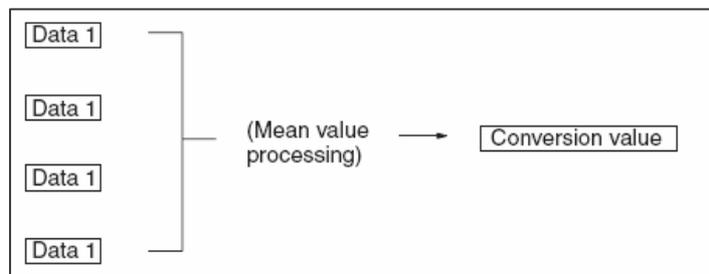
**Figura 2.66: Configuración de periodo de muestreo de D(m+18)**



### H.5) VALOR PRINCIPAL PROCESADO (MEAN VALUE PROCESSING)

La unidad analógica procesa el valor promedio de las muestras tomadas en cada ciclo de scan del PLC (mayor que el tiempo de muestreo) y almacenadas en buffers, cuyo número depende del valor que se

**Figura 2.67:**



asigne en posiciones DM (m+2) indicadas en la tabla nº. Así para 4 datos D1, D2, D3 y D4 a leer en el canal 1 suponiendo que se opta por 4 buffers, es necesario escribir en la memoria DM(21202) el nº 0002(hex) (Tabla 2.10).

El valor significativo final presentado por el sistema sería, tal como se ha dicho, el promedio  $(D1+D2+D3+D4)/4$ .

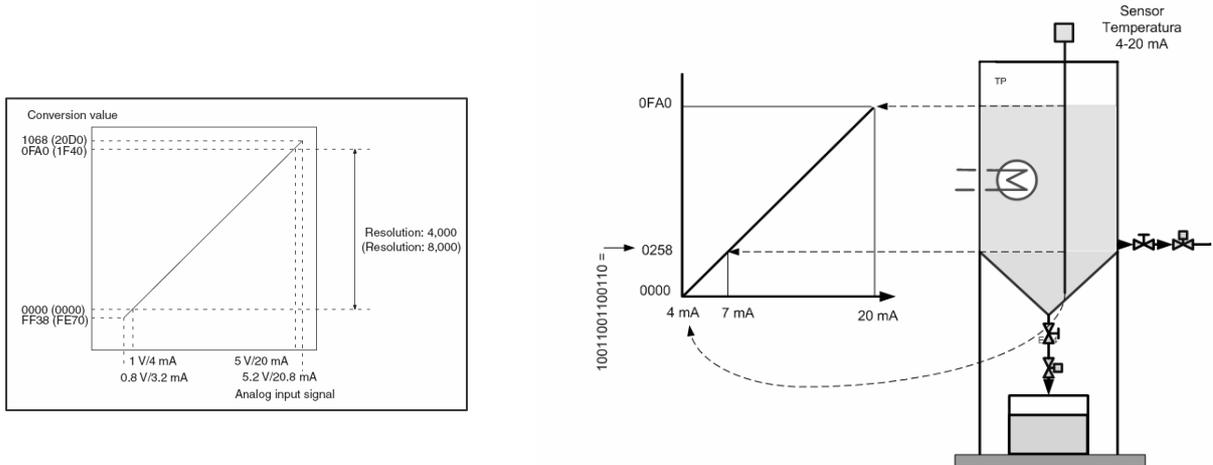
**Tabla 2.10:**

Address	CS1W-AD161	CS1W-AD081-V1	CS1W-AD041-V1	Set value
D(m+2)	---	Input 1	Input 1	0000: Mean value processing with 2 buffers 0001: No mean value processing 0002: Mean value processing with 4 buffers 0003: Mean value processing with 8 buffers 0004: Mean value processing with 16 buffers 0005: Mean value processing with 32 buffers 0006: Mean value processing with 64 buffers
D(m+3)	Input 1	Input 2	Input 2	
D(m+4)	Input 2	Input 3	Input 3	
D(m+5)	Input 3	Input 4	Input 4	
D(m+6)	Input 4	Input 5	Cannot be used.	
D(m+7)	Input 5	Input 6		
D(m+8)	Input 6	Input 7		
D(m+9)	Input 7	Input 8		

### H.6) AJUSTE DEL CAMPO DE MEDIDA :

Los sensores analógicos del proceso tienen un campo de medida, en intensidad, de 4 mA a 20 mA. Es importante hacer coincidir el nivel más bajo de la variable medida con el nivel más bajo de la señal del sensor, esto es 4mA, y el nivel más alto de la variable con los 20 mA (Figuras 2.68 y 2.69).

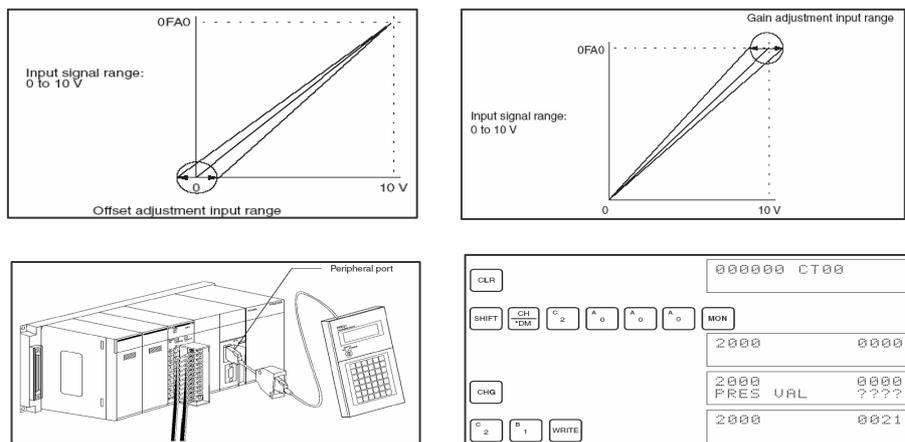
Figuras 2.68 y 2.69:



### H.7) AJUSTE DEL OFFSET Y LA GANANCIA :

Finalmente hay que proceder al calibrado de la señal del sensor que puede venir desajustada en el OFFSET, la ganancia y el escalado. Esto se puede realizar a pie de planta mediante consolas de programación y un protocolo que ofrece el fabricante de la unidad analógica del PLC.

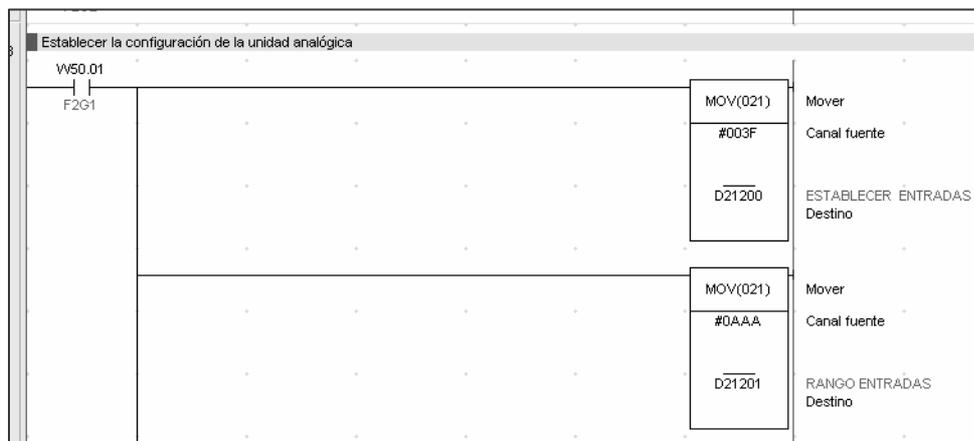
Figuras 2.70:



## H.8) PROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD ANALÓGICA EN LENGUAJE LADDER:

- *Programación de los parámetros fundamentales* : Para programar las cuestiones anteriormente citadas, el método clásico de programación en lenguaje ladder consiste en preparar la unidad analógica transfiriendo, mediante una instrucción MOV, los parámetros de configuración a la posición de memoria del PLC encargada de dicha tarea.

Figura 2.71:



- *Lectura y análisis de la señal analógica por la unidad de entradas del PLC*: Para que el PLC tenga en su memoria CIO las entradas analógicas procesadas, es necesario transferirlas antes desde la unidad analógica a cada canal de lectura correspondiente. Estos canales están direccionados por el rango numérico dado por “CIO 2000+(12\*10)” a “CIO 2000+(12\*10) + 9”. A su vez estas direcciones se corresponden con la zona de trabajo del PLC tal como muestra la tabla 2.11. Esto es  $D20000 + (12 \times 100)$  a  $D20000 + (12 \times 100) + 99 = D21200$  a  $D21299$

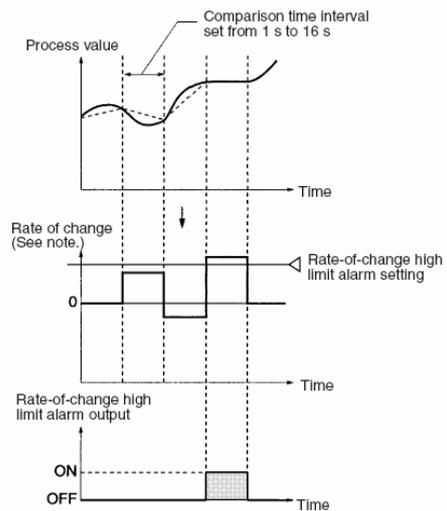
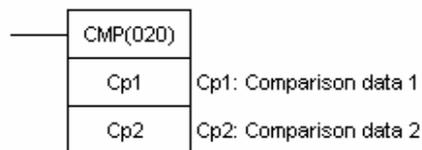
Tabla 2.11: Correspondencia memoria CIO – memoria de trabajo

Switch setting	CS1W-AD041-V1/AD081-V1		
	Unit number	Special/O Unit Area addresses	Special I/O Unit DM Area addresses
n	Unit #n	CIO 2000 + (n x 10) to CIO 2000 + (n x 10) + 9	D20000 + (n x 100) to D20000 + (n x 100) + 99

- *Análisis de las lecturas y activación de alarmas:* De cara a la toma de decisiones de la vigilancia de variables como la temperatura, la programación consistirá en comparar, mediante la instrucción CMP, el valor almacenado en la memoria DM del PLC con el valor deseado. Esta instrucción es capaz de decidir si el valor Cp1 leído por el sensor, y que está almacenado en la memoria DM del PLC es mayor, menor, o igual que el valor Cp2 deseado como valor de alarma del proceso.

**Figuras 2.72:**  
**Esquema de funcionamiento de CMP**

### CMP(020) - Comparar

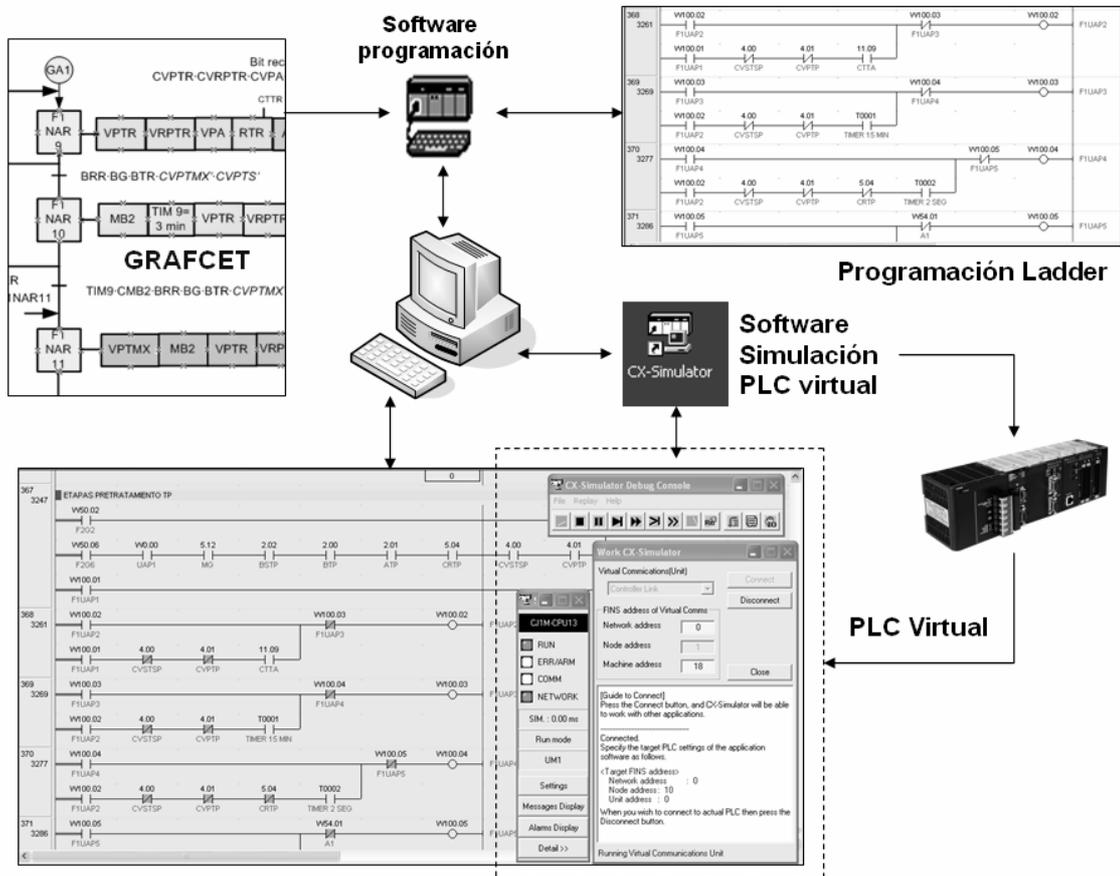


## 2.6. PASO DE GRAFCET A LENGUAJE LADDER [8], [49], [50]

Con todos los Grafcets elaborados y teniendo en cuenta las consideraciones realizadas en el apartado anterior, se está en disposición de pasar la información tratada a lenguaje ladder mediante el software “CX-Programmer” de Omron. Este software está diseñado para la programación de autómatas de la misma marca y posee un complemento, el CX-Simulator. Ambos constituyen un “PLC virtual”, con el cual pueden simularse las instrucciones en lenguaje de contactos confeccionadas, y permiten la detección de fallos de programación. En la Figura 2.73 puede apreciarse más claramente.

El lenguaje LADDER se basa en los contactos pero se complementa con una gran variedad de bloques funcionales propios del autómata y otros programables. El listado de todas las instrucciones en este lenguaje se hallan incluidas en el Anexo A.VII.

Figura 2.73: Programación del PLC



## 2.7. DEPURACION DE ERRORES Y MEJORA DEL PROGRAMA

Una vez instaurado el sistema de automatización en la planta viene la fase de ensayo. El ingeniero y programador deben comenzar una serie de pruebas (afine de sensores, niveles de tensión, corrección de offset, calibrado), de manera que permita un “feed-back” que proporcione indicios de los aspectos a pulir en la programación o en la instalación del hardware y la instrumentación.

Se ajustarán las temporizaciones de la programación conforme a la realidad del proceso, por ejemplo: tiempos de cebado de bombas, resto líquido en vaciado de depósitos desde la indicación del sensor, tiempos de dosificación, etc.

## **2.8. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA AUTOMATIZACION DE LA PLANTA**

### **A) Controladores y temporizadores :**

La selección de los controladores y temporizadores externos se justifica en base a los mismos motivos que el autómeta; La coherencia en el fabricante y el lenguaje de programación es un factor determinante. Respecto a los modelos, se han seleccionado aquellos que permiten desarrollar las acciones programadas de acuerdo con las estrategias de automatización consideradas.

### **B) Electroválvulas :**

Las electroválvulas a seleccionar deben cumplir una serie de características generales y particulares dependiendo de la aplicación:

- Las dimensiones de las válvulas deben ser coherentes con las conducciones del resto del sistema y con los cálculos hidráulicos.
- Deben ser “todo o nada” pues no se busca regulación de caudal sino simplemente paso del fluido, y normalmente cerradas para que en caso de desconexión o emergencia los fluidos queden confinados en los depósitos.
- Los materiales en contacto con el fluido deben ser resistentes a la corrosión, así como sus guarniciones, membranas y clapets.
- Deben estar indicadas para que el fluido que circula pueda hacerlos sin dificultades las presiones diferenciales mínimas establecidas a ambos lados de su cuerpo.
- Deben permitir el paso de fluidos con una viscosidad determinada.
- Deben estar preparadas para funcionar correctamente dentro de los rangos de temperatura del líquido circulante y temperatura ambiente.
- Su alimentación debe ser a 24 v cc.

- Deben incluir la opción de montaje de bobinas con cabezas antideflagrantes para aumentar la seguridad del sistema.

En la planta se han seleccionado hasta tres modelos distintos de válvulas, utilizando las hojas técnicas incluidas en el Anexo AII-5 y la tabla de compatibilidades de materiales incluidas en el anexo A.V. Todas las cumplen las exigencias ya citadas:

- La válvula Ascojoucomatic 2/2 Serie 210 es seleccionada sobre todo por su versatilidad gracias a los amplios rangos de viscosidad, presión diferencial admisible, temperatura y opciones de fabricación integra en acero inoxidable.
- La válvula Ascojoucomatic 2/2 Serie 030 es seleccionada por ser indicada por conseguir que el fluido circule a altos caudales requiriendo bajas presiones diferenciales.
- La válvula Ascojoucomatic 2/2 Serie 272 es seleccionada por su alta resistencia al ácido, gracias a su construcción en acero A316L y sus guarniciones y clapets de Teflón, y su oferta de diámetros pequeños.

Respecto a la cabeza antideflagrante seleccionada respeta la normativa ATEX para elementos clasificados en zonas potencialmente explosivas (ver apartado 2.12). Así mismo su envolvente de acero inoxidable la hace resistente a agresiones externas como la humedad, escapes, el calor, los golpes, etc. Incluye, además, una amplio rango de bobinas a seleccionar de acuerdo con las potencias y las válvulas elegidas.

### **C) Sensores de nivel :**

Hasta tres tipos diferentes de sensores de nivel han sido seleccionados en este proyecto atendiendo a los siguientes requisitos:

- Fácil montaje, calibración e instalación.
- Resistencia a la corrosión ocasionada por los contenidos de los tanques de la planta.

- Rangos de temperatura de funcionamiento dentro de las temperaturas alcanzadas por los fluidos en los tanques.
- Funcionamiento óptimo teniendo en cuenta las características de los fluidos cuyos niveles se requiere medir.
- Material clasificado para su uso en atmósferas explosivas atendiendo a la normativa ATEX.

Las razones más destacadas, de acuerdo con los requisitos expuestos, para la selección de los sensores descritos en la memoria descriptiva son :

- Para el sensor magnético “Kobold -Medura MIL.100”, su diseño optimizado para medir dos o más niveles puntuales de forma digital, su construcción en acero inoxidable y su fácil calibración. Utilizado en casi todos los tanques.
- Para el sensor “Kobold-Mesura . mod RFS-11A”, su construcción en acero inoxidable y su pequeño tamaño óptimo para depósitos reducidos.
- Para el sensor “E+H Liquicap M”, su fiable funcionamiento a la hora de medir niveles en fluidos con partículas en suspensión.

#### **D) Sensor de temperatura :**

Seleccionado por su construcción en acero inoxidable y su protección antideflagrante.

#### **E) Sensor de pH :**

Seleccionado gracias a su polivalencia, resistencia a la corrosión y temperatura, y fácil y rápido montaje gracias a sus extremos roscados.

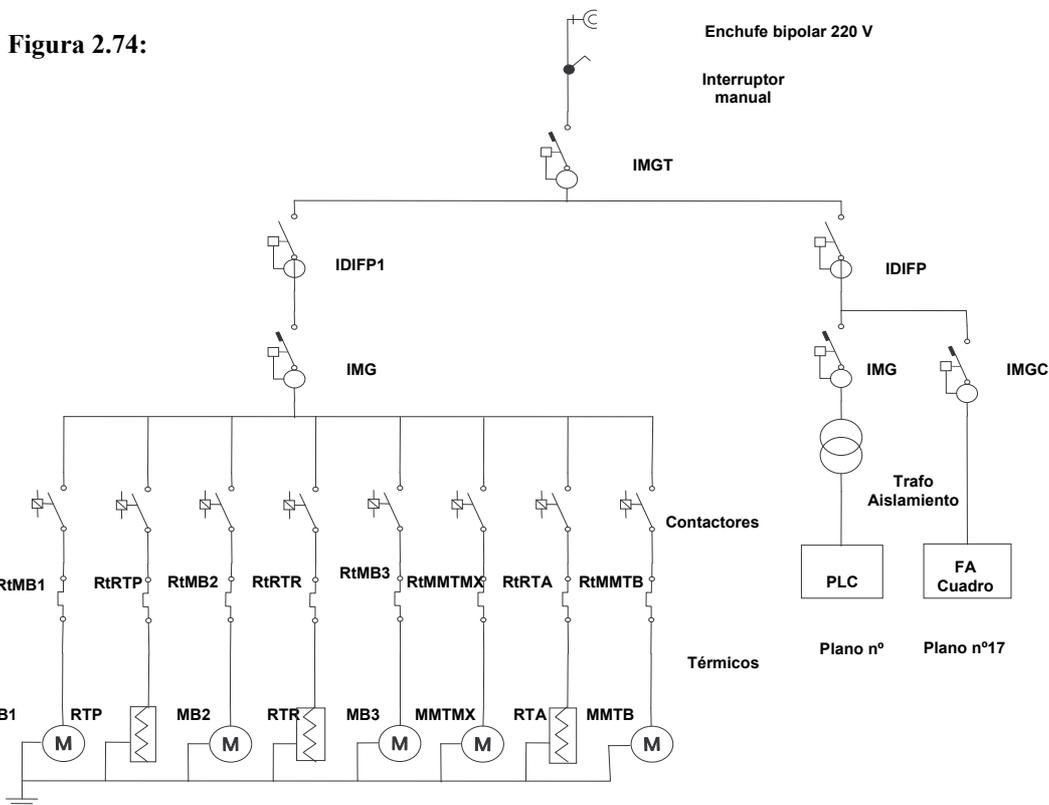
#### **F) Sensor de metanol GME :**

Seleccionado para aumentar la seguridad en planta. Su fácil montaje, sus cartuchos intercambiables, sus diversas formas de configuración entre las cuales se contempla su

conexión a autómatas sin mediadores, y sus dimensiones, lo hacen ideal para la tarea que se le encomienda.

## 2.9. CALCULOS ELECTRICOS BASICOS <sup>[53]</sup>

El cálculo de los elementos de alimentación y protección del cuadro eléctrico requiere el análisis de las intensidades máximas circulantes por cada sección de diagrama unifilar eléctrico (Figura 2.74).



### A) CÁLCULO ELÉCTRICO DE LOS ELEMENTOS ALIMENTADOS A CA :

Las intensidades de los motores y resistencias calculadas a partir de sus potencias  $P = U * I * \cos \phi$  se muestran en la Tabla 2.12 .

**Tabla 2.12: Potencias e intensidades de los elementos**

<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>In</b>
MB1	0,37 kW	1,86
MB2	0,55 kW	2,77
MB3	0,37 kW	1,86
RTP	3 kW	13,63
RTR	3 kW	13,63
RTA	3 kW	13,63
MMTMX	0,186 kW	1
MMTB	0,25 kW	1,26

Los elementos de alimentación y protección deben superar la intensidad que supone la suma de los consumos de los elementos conectados a ellos mismos, teniendo en cuenta la simultaneidad más desfavorable; en el caso de los relés térmicos y contactores de cada elemento operacional alimentado, la intensidad circulante por cada uno de estos elementos será la intensidad nominal del aparato a gobernar. En el caso de los interruptores magnético-térmicos IMGP, IMGGM e IMGCC, y los interruptores diferenciales IDIFP e IDIFM, hay que considerar la suma de las intensidades de algunos de los elementos ya que el proceso de producción está dividido en tres subprocesos no simultáneos. El proceso de reacción que es el que genera un mayor consumo y es el considerado para la intensidad de los mismos.

De acuerdo con esto, los interruptores seleccionados, en consecuencia, tienen las siguientes características:

**Tabla 2.13: Características de los interruptores**

<b>Int Diferencial IDIFP</b>	II, 230 v, 25 A, 300 mA
<b>Int Diferencial IDIFM</b>	II, 230 v, 25 A, 30 mA
<b>Int Magnetotermico IMGP</b>	II, 230V, 25 A, Icc= 10 KA
<b>Int Magnetotermico IMGGM</b>	II, 230V, 20 A, Icc= 10 KA
<b>Int Magnetotermico IMGCC</b>	II, 230V, 15 A, Icc= 10 KA

Otros requisitos que deben cumplir son :

- Estar sobredimensionados y soportar las máximas intensidades posibles.
- Poder de corte de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación en caso del peor caso posible.
- Ser selectiva su apertura en caso de fallo. Es decir, se debe abrir el elemento más cercano al fallo y en caso de no reaccionar este, hacerlo el superior. Los fabricantes dan unas tablas de selectividad, pero en esta instalación tan sencilla no hace falta tenerlas en cuenta ya que se cumple la selectividad al ser los aparatos de tamaños distintos en In y no cruzarse las líneas de disparo de los relés térmicos de los elementos escalonados.

Respecto a los contactores de alimentación seleccionados:

**Tabla 2.14: Características de los contactores**

<b>Contactador MB1</b>	II, 230V, 9A +NA
<b>Contactador MB2</b>	II, 230V, 9A +NA
<b>Contactador MB3</b>	II, 230V, 9A +NA
<b>Contactador MMTMX</b>	II, 230V, 9A +NA
<b>Contactador MMTB</b>	II, 230V, 9A +NA
<b>Contactador RTP</b>	II, 230V, 20A +NA
<b>Contactador RTR</b>	II, 230V, 20A +NA
<b>Contactador RTA</b>	II, 230V, 20A +NA

Se opta por los contactores más pequeños de serie de la casa OMRON, que permiten tener un relé térmico de 9 A conectable a su salida. Estos soportan holgadamente las intensidades de las bombas. Es interesante trabajar con pocos modelos de contactores para facilitar el mantenimiento de la instalación.

## B) CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA PARTE DE CONTROL:

Son dos elementos los que hay que calcular en la parte de control : El transformador de aislamiento y la fuente de alimentación de 24 v cc.

- **Transformador de aislamiento:**

Es el que protege a los elementos de control y debe ser capaz de soportar su consumo. Tiene que ser capaz de alimentar a las dos fuentes de alimentación del Automata de 25 w de aporte y de 50 w de consumo cada una. Se opta por un trafo 230/230 v CA y de 150 watio.

- **Fuente de alimentación 24 v cc general del cuadro :**

Para elegir la potencia de la fuente de alimentación de todos los elementos que van o salen del cuadro, se deben sumar los consumos de los mismos que pueden estar alimentados simultáneamente en el proceso de mayor consumo y que aparecen en la tabla a continuación:

**Tabla 2.15:**

Nº	Elementos	Consumo	Total W
3	Bobina Relés Auxiliares	0,3 w	9
3	Bobina Contactores	10 w	30
23	Luces 16 mm	0,24 w	5,5
12	Luces León panel HMI	1,5 w	30
1	Contador	5 w	5
1	Temporizador	5 w	5
1	Control ON-OFF	5 w	5
1	Control PID	5 w	5
1	Visualizador	5 w	5
20	Sensores	0,24 w	4,8
5	Electroválvulas	2,5 w	7,5
		Total	121,8

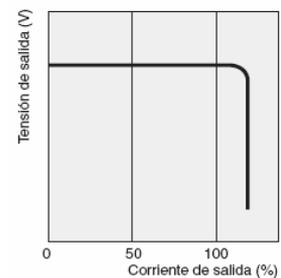
Las características de la fuente elegida justifican la selección:

- La fuente está constituida por 3 módulos de 60W separados 2 cm entre cada uno de ellos. Esto significa  $3 \cdot 60 = 180 \text{ w} > 121,8 \text{ w}$ , con lo que se dispone de un 48% de seguridad, o lo que también es importante que trabajan aproximadamente a un 66 % de su capacidad a una temperatura ambiente de 55°C.

- Cada módulo de la fuente de alimentación dispone de una

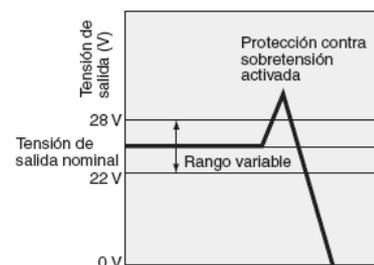
**Figura 2.75:**

función de protección contra sobrecargas, que protege el circuito y la misma fuente de los posibles daños causados por sobrecorriente. Si la corriente de salida sobrepasa el 105% mín. de la corriente nominal (100% mín. de la corriente nominal para operación en paralelo), se activa la función de protección y disminuye la tensión de salida. Cuando la corriente de salida vuelve a caer dentro del rango nominal, la protección contra sobrecarga se desactiva automáticamente.



- Cada módulo de la fuente de alimentación dispone de una función de protección contra sobretensión que protege el circuito y la fuente de alimentación de los posibles daños causados por sobretensión. Cuando la tensión de salida es excesiva, se interrumpe la salida y se puede restablecer desconectándola al menos durante 1 minuto y volviéndola a conectar después.

**Figura 2.76:**



## 2.10 CABLEADO E INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN

En este apartado, justifican las consideraciones técnicas tenidas en cuenta en la instalación de acometida a los sensores y electroválvulas de la planta y de los tubos de protección.

Estos elementos están alimentados en corriente continua de 24 V de seguridad para evitar accidentes al personal y disminuir al máximo el riesgo de explosión. Se ha elegido cable de alimentación de instrumentación de dos tipos:

- Multipar de aislamiento de 500 V y de PVC retardante a la llama, forrado con malla de cobre o de aluminio para las acometidas a las electroválvulas y sensores digitales ON-OFF.
- Multipar par trenzado apantallado para los sensores analógicos, con objeto de proteger las medidas de los sensores de inducciones o ruidos provenientes de campos magnéticos del arranque de motores.

La caída de tensión es insignificante debido a las siguientes consideraciones:

- Las distancias son muy cortas.
- Las secciones de los conductores elegidas están sobredimensionadas, ya que se ha atendido el aspecto mecánico de robustez de cara a la colocación de bornes terminales de conexión y evitar así soldaduras innecesarias que dañarían las propiedades del cable por un lado y por otro la rotura involuntaria de los mismos.
- El PLC dispone de una tolerancia de un 15% sobre los 24 V que definen el “1” lógico en su entrada, es decir que soporta una caída de 3,06 v y que en ningún caso se produce.

Para la acometida general, se han previsto una serie de líneas (Ver Plano nº 23 y 24), que van protegidas por tubo de PVC rígido roscado resistente a la llama, y cajas de derivación estancas ATEX. Desde allí parten acometidas individuales en tubos coarrugados flexibles de PVC, de la suficiente holgura para permitir la retirada o reparación del elemento alimentado, sin tensionar mecánicamente la instalación. Son del suficiente diámetro interior, de acuerdo al REBT, para permitir su tendido o retirada cómodamente sin dañar su aislamiento.

Para su trayectoria se ha elegido el nervio central tanto superior e inferior del armazón de la planta, que permite por un lado protegerla de golpes involuntarios y por otro una optimización de las distancias de acometida.

## **2.11. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA INTERIOR DEL CUADRO DE MANDO Y CONTROL <sup>[54]</sup>**

Consultada las características técnicas de los elementos de control, todos indican una temperatura de trabajo óptima comprendida entre -10°C y 55 °C. Para conseguir el grado de protección deseada de los elementos que están dentro del cuadro, este debe ser estanco y no tener ventilación natural ni forzada para que nunca penetren en él vapores de metanol. Para ello hay que asegurar que el calor que generan los elementos no provoca un aumento inaceptable de la temperatura interior para los elementos que contiene, al ser evacuado por disipación natural a través de las paredes del mismo, para una temperatura ambiente determinada.

La casa Himel, fabricante de cuadros, ofrece un protocolo de cálculo para ver la temperatura que alcanza el interior del cuadro y que se expresa a continuación (Anexo A.V):

- Área disponible en cuadro accesible por todos los lados:

$$S= 1,8* 1* (0,8*0,26)+1,4 * 0,8 * 0,26= 2,6 \text{ m}^2$$

- Potencia calorífica disipada por los componentes en funcionamiento: 190 w

- Temperatura ambiente máxima : 35 °C

Temperatura ambiente mínima: 15°C

Temperatura interna media deseada: 50°C max.

Temperatura interna máxima:  $T_{max} = (Potencia / (K * S)) + 35 \text{ °C} = 48,2 \text{ °C}$

que sería la temperatura alcanzada en el interior del cuadro debido al proceso de producción más desfavorable.

Hay dos elementos en el cuadro que son la fuente de alimentación y el relé de estado sólido, donde la temperatura del cuadro define el % de carga y la intensidad máxima de trabajo respectivamente.

- *Cálculo de la intensidad de carga max para el SSR:* Este relé debe gobernar la alimentación de la resistencia calefactora de 3 Kw, que en 220 V supone una intensidad de 13 A. Para el modelo elegido G3PA-220B, la intensidad para una temperatura de 40°C sería de 20 A > 13 A, y para una temperatura de 48,2 °C soportaría 17 A > 13 A.(Figura 2.77)
- *Carga máxima de la fuente de alimentación de corriente continua:* Como se indica en la figura la fuente de alimentación trabajando a 40°C podría dar el 100% de la carga, pero a 48,2 °C (temperatura interior del cuadro) solo podría dar el 80 %, pero en nuestro caso es suficiente ya que solo se necesita que trabaje al 66 %, quedando todavía un margen de ampliación. (Figura 2.78)

Figura 2.77:

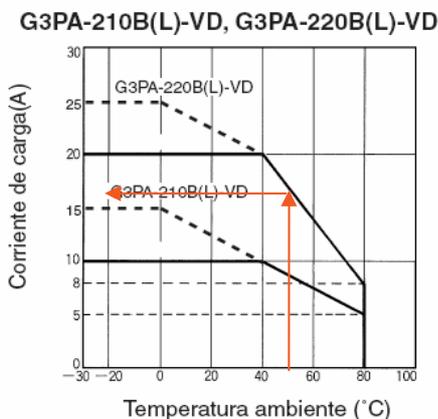
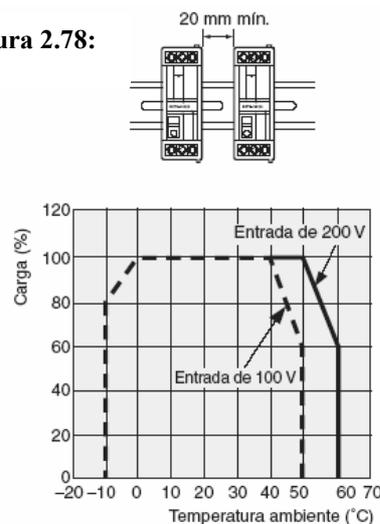


Figura 2.78:



Para homologar la temperatura en todo el recinto interior del cuadro se puede disponer de un ventilador de PC que remueva el aire

## 2.12. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

Una vez abordado el cálculo de interruptores magnetotérmicos y diferenciales que constituyen el primero de los pilares fundamentales en cuestión de seguridad descritos en el apartado 3.4 de la memoria descriptiva, se justifican los dos restantes que buscan la prevención de explosiones, incendios y atmósferas tóxicas.

### A) PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES E INCENDIOS <sup>[21], [34]</sup>:

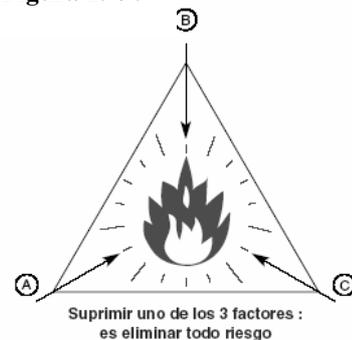
Estos dos pilares buscan la eliminación de dos de los tres elementos que pueden originar explosiones. Estos son:

- El oxígeno del aire = Siempre presente (A)
- El combustible (gas, vapores, nieblas o polvos) (B)
- Una fuente de inflamación : Aparatos / instalaciones eléctricas o cualquier fuente de calor (C)

Así el carácter antideflagrante de los actuadores de la automatización suprimirá en buena medida el factor C, y la paralización del sistema gracias al sensor de metanol GME informará de la presencia del factor B y evitará la interacción del factor B con el factor C. De esta manera el sistema se asegura doblemente.

Para acometer estas medidas, se deben seleccionar equipos clasificados para su funcionamiento en este tipo de atmósferas, sin que ello ocasione una explosión. El mercado ofrece una amplia gama de esta clase de equipos, que se ajustan a casi todos los tipos de sistemas constituidos por diferentes combinaciones de tipos de atmósferas explosivas y distribución física de plantas industriales. Debido a esta gran variedad de equipos ofertados, se hace necesaria una clasificación. Esta está tipificada en la directiva ATEX 94/9/CE basándose en una serie de características que se analizan a continuación para el caso particular del sistema tratado en este proyecto:

Figura 2.79:



### A.1) ZONAS :

En primer lugar debe caracterizarse las zonas de la planta en las que se vayan a disponer los equipos eléctricos a instalar. Para ello se utiliza la siguiente tabla:

**Tabla 2.16:**

**Grupo I** : Material destinado a las minas con grisú.

**Grupo II** : Material destinado a lugares sometidos a ambientes explosivos diferentes a las minas con grisú.

Zona	Categorías	Presencia ambientes explosivos
<b>Aparatos del Grupo II : (Noción de Grupo, ver página 8)</b>		
zona 0	Categoría 1 G (G por Gas)	<b>Permanente, frecuente</b>
zona 20	Categoría 1 D (D por Dust [polvo en inglés])	o durante largos periodos
zona 1	Categoría 2 G (o Categoría 1 G, si es necesario)	<b>Intermitente</b>
zona 21	Categoría 2 D (o Categoría 1 D, si es necesario)	en servicio normal ( <b>probable</b> )
zona 2	Categoría 3 G (o Categorías 1 G o 2 G, si es necesario)	<b>Episódico</b> o durante cortos
zona 22	Categoría 3 D (o Categorías 1 D o 2 D, si es necesario)	periodos (nunca en servicio normal)

Se seleccionarán equipos con una protección para zonas 1 y 21 como mínimo ya que los escapes de metanol fuera del sistema no serán frecuentes, pero podrán producirse en servicio normal de forma accidental. Esto se traduce en que los equipos elegidos serán de grupo II, categorías 2G y 3G. La categoría 2G cubre la categoría 3G.

### A.2) MODOS DE PROTECCIÓN :

Existen diversas medidas de protección para dotar a un equipo eléctrico de carácter antideflagrante. Dependiendo del mecanismo de protección el equipo estará indicado para su aplicación en zonas 0,1, o 2:

Tabla 2.17:

Símbolo del modo	Zonas de aplicación			Definición	Representación simplificada
	0	1	2		
"d"		●	●	Los componentes que pudieran inflamar una atmósfera explosiva son encerrados en una carcasa que resiste la presión desarrollada por una explosión interna de una mezcla explosiva, y que impide la transmisión de esta explosión hacia la atmósfera explosiva en donde se encuentra la carcasa.	
"e"		●	●	Medidas para evitar, con un elevado coeficiente de seguridad, la posibilidad de temperaturas excesivas y la aparición de arcos o chispas en el interior y sobre la parte externa del material eléctrico que no se produce en funcionamiento normal.	
"i"	"ia"	●	●	Circuito en el que ninguna chispa ni efecto térmico producido en las condiciones de prueba prescritas por la norma (funcionamiento normal y caso de anomalía) es capaz de provocar la inflamación de una atmósfera explosiva dada.	
	"ib"		●		
"m"		●	●	Modo de protección en la que aquellos componentes que pudieran causar la inflamación de una atmósfera explosiva a causa de chispas o recalentamientos, son encerrados en un envolvente de manera que esta atmósfera explosiva no pueda inflamarse.	
"n"			●	Modo de protección aplicado a un material eléctrico de manera que en funcionamiento normal y en ciertas condiciones anormales especificadas en la presente norma, no pueda inflamar un ambiente explosivo circundante. Hay 5 categorías de materiales : Sin producción de chispas (nA), producción de chispas (nC), revestimientos con respiración limitada (nR), energía limitada (nL) y recintos con sobrepresión interna simplificada (nP).	
"o"		●	●	Material eléctrico sumergido en aceite.	
"p"		●	●	Sobrepresión interna, mantenida con relación a la atmósfera, con un gas neutro de protección.	
"q"		●	●	Carcasa rellena de un material pulverulento.	
"c"	●	●	●	La norma establece exigencias de construcción reconocidas seguras para evitar las fuentes de inflamación como chispas de fricción y calentamiento. Se aplica a los aparatos en los que hay movimiento y fricción (embragados, frenos, rodamientos, resortes...).	

De acuerdo con la tabla todos los modos de protección están indicados para la zona 2. Respecto a la zona 1 todos están indicados excepto el modo "n". Se opta por tanto por no considerar el modo "n" entre las posibilidades de protección a seleccionar.

No todos los sensores, electroválvulas y resto de equipos eléctricos están disponibles en todas las formas de protección por lo que, consideradas las formas de protección válidas, solo queda procurar seleccionar equipos eléctricos que no difieran mucho en sus protecciones eléctricas. Se busca así una uniformidad en modelos y alternativas de

reparación en caso de avería. Por ello casi todo los elementos seleccionados tienen protecciones “e”, “i” y “m” o una combinación de ellas.

### A.3) GRUPOS DE EXPLOSIÓN Y CLASES DE TEMPERATURA:

Las mezclas gaseosas de gases provenientes del líquido inflamable manejado en la planta y el aire se clasifican en “grupos de explosión”. Esta clasificación se basa en la naturaleza de los gases y en la temperatura de superficie del material eléctrico que podría inflamar una atmósfera de dicho gas con aire.

Las “clases de temperatura”, por su parte, son rangos de temperatura máxima de superficie alcanzadas por el material eléctrico en servicio. Así, deben seleccionarse equipos con una “clase de temperatura” menor que la temperatura de inflamación por superficie definida por el grupo de explosión definido:

**Tabla 2.18:**

Grupo de explosión	Clase de temperatura (temperatura de superficie máxima permitida)					
	T1 (450 °C)	T2 (300 °C)	T3 (200 °C)	T4 (135 °C)	T5 (100 °C)	T6 (85 °C)
Temperatura de ignición > 450 °C	300 - 450 °C	200 - 300 °C	135 - 300 °C	100 - 135 °C	85 - 100 °C	
<b>I</b>	Metano					
<b>IIA</b>	Acetona	i-amilacetato	Amilalcohol	Acetaldehído		
Energía de ignición mayor de 0.18 mJ	Amoniaco	n-butano	Gasolinas			
	Benceno	n-Butanol	Gasóleo			
	Étilacetato	1-buteno	Aceite de calefacción			
	Metano	Propilacetato	n-hexano			
	Metanol	i-propanol				
	Propano	Vinilclorido				
	Tolueno					
<b>IIB</b>	Cianuro de	1.3-butadieno	Dimetileter	Dietileter		
Energía de ignición 0.06 a 0.18 mJ	Hidrógeno	1.4-dioxano	Étilglicol			
	Coal gas (lighting gas)	Etileno	Sulfuro de hidrogeno			
		Óxido de etileno				
<b>IIC</b>	Hidrógeno	Acetileno				Disulfuro de carbón
Energía de ignición menor de 0.06 mJ						

Para el metanol el grupo de explosión es el IIA y la clase de temperatura “T1”. Este es uno de los grupos menos restrictivos, por lo que los equipos IIB y IIC con T2,T3,T4, y T6 se adaptarían a las aplicaciones IIA T1 pues la cubrirían sobradamente. A pesar de ello, se han seleccionado, en la medida de lo posible, los equipos clasificados más cercanos al grupo de explosión definido por el metanol por criterios económicos.

Una vez especificados las zonas, modos de protección, grupos de explosión y clases de temperatura, hay que expresarlas conforme a la directiva ATEX mediante un código identificativo. Este supondrá una guía para buscar el equipo que mejor se adapte a las condiciones expuestas en este apartado. Por ejemplo :

**CE 0081 Ex II 2 G EEx d IIC T4**

Donde :

- “CE” : es el código de marcaje que demuestra la conformidad del producto con las directivas europeas.
- “0081” : es el nº de organismo notificado para otorgar un certificado CE.
- Logo Ex : marcaje “Epsilon x” para un material en atmósferas explosivas.
- II 2G : Símbolo específico de protección contra las explosiones. Especifica la zona y su categoría
- EEx d : Modo de protección
- II C : Grupo de explosión
- T4 : Clase de temperatura

Siguiendo este esquema y de acuerdo con el análisis realizado en este apartado para el metanol y la planta piloto de biodiesel, el material y los equipos eléctricos seleccionados fuera del cajón estanco deben poseer el siguiente código, o en su defecto, códigos más restrictivos :

**Ex II 2 B EEx e ,i ,m...(excepto “n”) II A T1**

#### **B) PREVENCIÓN DE ATMÓSFERAS TÓXICAS:**

El sensor de metanol GME tiene una doble función pues, además de paralizar la planta en caso de concentraciones de metanol y aire que pudieran originar una explosión, de una manera indirecta también alerta al operador de la existencia de metanol en el aire, lo que es perjudicial para la integridad física del operador debido a la toxicidad de esta sustancia. Consecuentemente, el sensor deberá ser calibrado para paralizar la producción y

alarmar al detectar la concentración en aire más restrictiva de entre las concentraciones que originen atmósferas explosivas y las concentraciones que originen atmósferas tóxicas, de acuerdo con los valores presentes en las hojas de seguridad de metanol presentes en el anexo A.VI.

### **III. ANEXOS COMPLEMENTARIOS**

## **INDICE**

Pag.

<b>ANEXO A.I. Información técnica de los elementos de control.....</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO A.II. Información técnica de los elementos operacionales.....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO A.III. Información técnica de los elementos de señalización y mando.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO A.IV. Información técnica de los elementos de alimentación y protección eléctrica.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO A.V. Tablas y gráficos.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO A.VI. Hojas de seguridad de compuestos químicos.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A.VII. Bibliografía.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO A.VIII. Listado de programación LADDER.....</b>	<b>88</b>

## ANEXO I

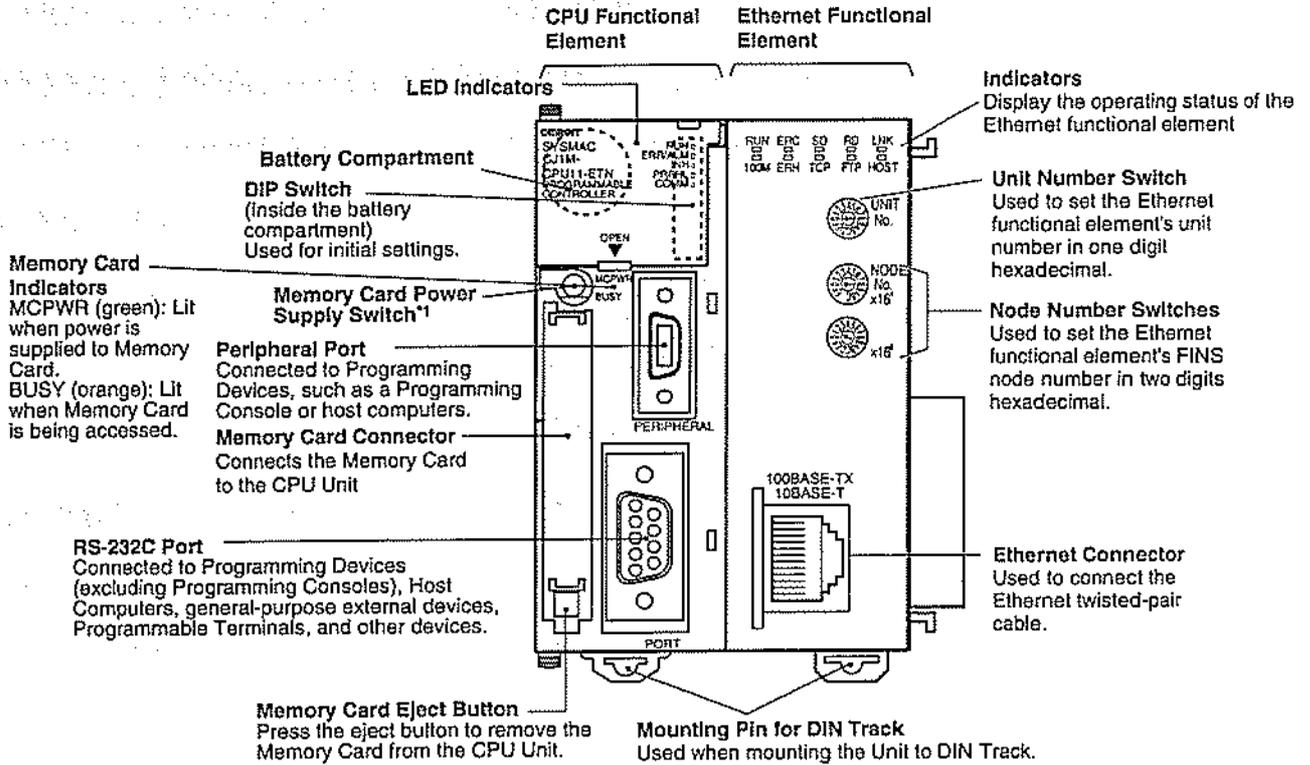
# INFORMACIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS CONTROL

## ÍNDICE

	Pag.
<b>ANEXO I.1</b> Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN.....	3
<b>ANEXO I.2</b> Unidad entrada digital CJ1W-ID211.....	6
<b>ANEXO I.3</b> Unidad salida digital CJ1W-OC211 .....	7
<b>ANEXO I.4</b> Unidad entrada analógica CJ1W-AD081 .....	8
<b>ANEXO I.5</b> Fuente alimentación del PLC CJ1W-PD025 .....	10
<b>ANEXO I.6</b> Unidad control de E/S CJ1W-IC101 .....	11
<b>ANEXO I.7</b> Unidad interfaz de E/S CJ1W-II101 .....	11
<b>ANEXO I.8</b> Controlador ON-OFF : E5CSV-R1TD-500 .....	13
<b>ANEXO I.9</b> Controlador PID E5CN-Q2MT-500 .....	15
<b>ANEXO I.10</b> Relé estado sólido G3PA-220B-VD-5-24cc y cartucho G32A-A20-VD .....	17
<b>ANEXO I.11</b> Temporizador-contador H8GN-AD .....	18
<b>ANEXO I.12</b> Visualizador K3GN-ND-2 24 VDC .....	20
<b>ANEXO I.13</b> Software CX PROGRAMMER PLC: WS02-CXPC1-EV .....	22

## ANEXO I.1 Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN

### CJ1M-CPU1□-ETN CJ1M CPU Units with Ethernet Functions



\*1: Press the power supply switch to disconnect power before removing the Memory Card. Also, press the Memory Card Power Supply Switch to perform an easy backup operation.

#### CPU Functional Element

Model	Program capacity	I/O points	Data Memory	Expansion Racks
CJ1M-CPU11-ETN	5 Ksteps	160 points	32 Kwords (No Extended Data Memory)	None
CJ1M-CPU12-ETN	10 Ksteps	320 points		1 max.
CJ1M-CPU13-ETN	20 Ksteps	640 points		

#### Ethernet Functional Element

Model	Physical layer	Maximum number of nodes in FINS network	Communications service
CJ1M-CPU11-ETN	100BASE-TX, 10BASE-T	254	<ul style="list-style-type: none"> <li>FINS communications service</li> <li>FTP server</li> <li>Automatically adjusted clock information.</li> <li>Web functions</li> </ul>
CJ1M-CPU12-ETN			
CJ1M-CPU13-ETN			

## ANEXO I.1 Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN

## 1-2 Specifications

## 1-2-1 Performance Specifications

## CPU Functional Element

Item		Specification		
Model		CJ1M-CPU13-ETN	CJ1M-CPU12-ETN	CJ1M-CPU11-ETN
Functional element version		Ver. 3.0 or later		
I/O points		640	320	160
User program memory		20 Ksteps	10 Ksteps	5 Ksteps
Maximum number of Expansion Racks		1 max.	Not supported.	
Data Memory		32 Kwords		
Extended Data Memory		Not supported.		
Pulse functions		Not supported.		
Interrupt inputs		2	1	
PWM output points		None		
Maximum subroutine number		1,024	256	
Maximum jump number for JMP instruction		1,024	256	
Function blocks (FB)	Maximum number of definitions	128		
	Maximum number of instances	256		
Flash memory	Function block program memory	256 Kbytes		
	Comment file	64 Kbytes		
	Program index file	64 Kbytes		
	Symbol tables	64 Kbytes		

## Ethernet Functional Element Transfer Specifications

Item		Specification	
Functional element version		Ver. 1.0 or later	
Media access method		CSMA/CD	
Modulation method		Baseband	
Transmission paths		Star form	
Baud rate		100 Mbit/s (100Base-TX)	10 Mbit/s (10Base-TX)
Transmission media		Unshielded twisted-pair (UDP) cable Categories: 5, 5e Shielded twisted-pair (STP) cable Categories: 100 $\Omega$ at 5, 5e	Unshielded twisted-pair (UDP) cable Categories: 3, 4, 5, 5e Shielded twisted-pair (STP) cable Categories: 100 $\Omega$ at 3, 4, 5, 5e
Transmission distance		100 m (distance between hub and node)	
Number of cascade connections		2	4
CPU Bus Unit System Setup Area capacity		994 bytes (See note 2.)	

## ANEXO I.1 Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN

### Especificaciones comunes

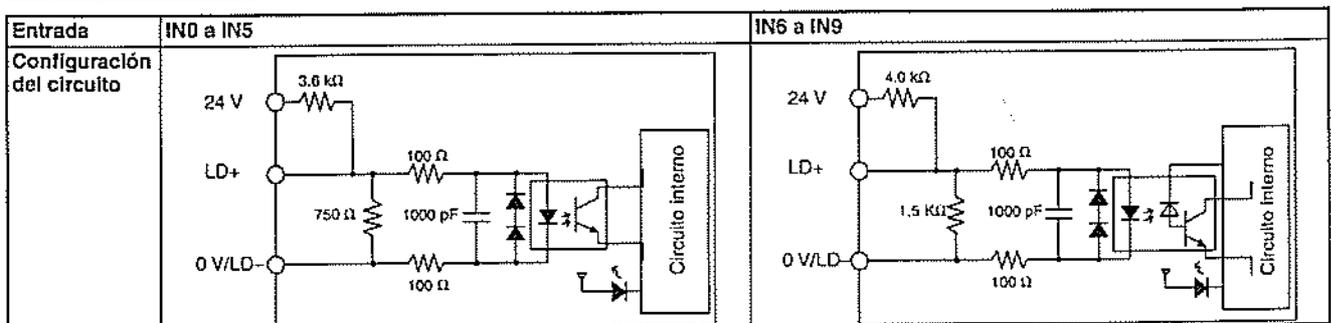
Item	Especificación	
Método de control	Programa almacenado	
Método de control de E/S	Es posible scan cíclico y proceso inmediato.	
Programación	Diagrama de relés	
Longitud de instrucción	de 1 a 7 pasos por	
Instrucciones de diagramas de relés	Aprox. 400 (códigos de función de 3 dígitos)	
Tiempo de ejecución	Instrucciones básicas	0.1 $\mu$ s mín.
	Instrucciones especiales	0.3 $\mu$ s mín.
Tiempo de supervisión	0.5 ms	
Método de conexión de unidades	Sin bastidor o soporte (Las unidades se unen con conectores)	
Método de montaje	Montaje en carril DIN (no se pueden montar con tornillos)	
Número de tareas	288 (tareas cíclicas: 32, tareas de Interrupción: 256)	
Tipos de Interrupción	Interrupciones programadas: Interrupciones generadas en un momento programado por el reloj integrado en la CPU. Interrupciones de E/S: Interrupciones de unidades de entrada de interrupción o de entradas integradas (sólo CJ1M-CPU22/23). Interrupciones de alimentación OFF: Interrupciones ejecutadas cuando se pone a OFF la alimentación de la CPU. Interrupciones externas: Interrupciones de unidades de E/S especiales y de unidades de Bus de CPU.	
Llamada a subrutinas desde tareas múltiples	Soportada utilizando subrutinas globales.	

### Especificaciones de hardware

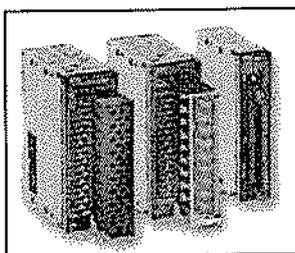
#### Especificaciones de entrada

Item	Especificaciones				
Número de puntos de entrada	10 puntos				
Tipo de entrada	Entrada 24-Vc.c. o entrada driver de línea (seleccionable por cableado)				
		Entrada 24-Vc.c.		Entrada driver de línea	
	Puntos de entrada	IN0 a IN5	IN6 a IN9	IN0 a IN5	IN6 a IN9
Tensión de entrada	20.4 a 26.4 Vc.c.			Conforme con driver de línea RS-422 (equivalente a AM26LS31). La tensión de la fuente de alimentación en el lado conectado debe ser 5 V $\pm$ 5%.	
Impedancia de entrada	3.6 k $\Omega$		4.0 k $\Omega$		
Corriente de entrada (tip.)	6.2 mA		4.1 mA		13 mA      10 mA
Tensión de ON (mín.)	17.4 Vc.c. mín/3 mA mín.			-	
Tensión de ON (máx.)	5.0 Vc.c./1 mA máx.			-	
Velocidad de respuesta (para entrada de empleo general)	Tiempo de respuesta a ON	8 ms máx. (Seleccionar 0, 0.05, 1, 2, 4, 8, 16, ó 32 ms en la configuración del PLC)			
	Tiempo de respuesta a OFF	8 ms máx. (Seleccionar 0, 0.05, 1, 2, 4, 8, 16, ó 32 ms en la configuración del PLC)			

#### Configuración del circuito



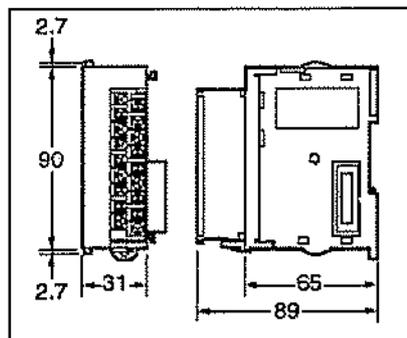
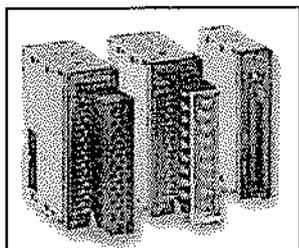
## ANEXO I.2 Unidad entrada digital CJ1W-ID211



Type	Points	Type	Rated voltage	Rated current	Width	I/O bus current consumption	Remarks	Connection type	Model
Input	8	AC in	240 VAC	7 mA	31 mm	80 mA	-	M3	CJ1W-IA201
Input	8	DC in	24 VDC	10 mA	31 mm	80 mA	-	M3	CJ1W-ID201
Input	16	DC in	24 VDC	7 mA	31 mm	80 mA	-	M3	CJ1W-ID211
Input	16	DC in	24 VDC	7 mA	31 mm	80 mA	Inputs start interrupt tasks in PLC program	M3	CJ1W-ID211(SL) CJ1W-INT01
Input	16	DC in	24 VDC	7 mA	31 mm	80 mA	Latches pulses down to 50 ms pulse width	M3	CJ1W-IDP01
Input	32	DC in	24 VDC	4.1 mA	20 mm	90 mA	-	1 x MIL (40 pt)	CJ1W-ID232
Input	64	DC in	24 VDC	4.1 mA	31 mm	90 mA	-	2 x MIL (40 pt)	CJ1W-ID262

El nuevo bloque de terminales de E/S sin tornillos CJ1 va incluido en las siguientes unidades		
Modelo	Tipo	Especificación
CJ1W-ID211 (SL)	16 entradas de c.c.	24 Vc.c., 7 mA
CJ1W-OC201 (SL)	8 salidas de relé	250 Vc.a., 2 A, (máx. 16 A total)
CJ1W-OC211 (SL)	16 salidas de relé	250 Vc.a., 2 A, (máx. 8 A total, 1 común)
CJ1W-OD211 (SL)	16 salidas transistor (disipación)	12-24 Vc.c., 0,5 A, (máx. 5 A total, 1 común)
CJ1W-OD212 (SL)	16 salidas transistor (fuente)	24 Vc.c., 0,5 A, (máx. 5 A total, 1 común)
CJ1W-ADO41-V1 (SL)	4 entradas analógicas	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA
CJ1W-AD081-V1 (SL)	8 entradas analógicas	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA
CJ1W-DA021 (SL)	2 salidas analógicas	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA
CJ1W-DA041 (SL)	4 salidas analógicas	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA
CJ1W-DA08C (SL)	8 salidas analógicas (corriente)	4 a 20 mA
CJ1W-DA08V (SL)	8 salidas analógicas (tensión)	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V
CJ1W-MAD42 (SL)	4 salidas analógicas + 2 salidas analógicas	1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V, -10 a 10 V, 4 a 20 mA
CJ1W-TS561 (SL)	6 entradas de termopar	Tipo J / Tipo K seleccionable
CJ1W-TS562 (SL)	6 entradas RTD	Pt100 / Pt1000 seleccionable

ANEXO I.3 Unidad salida digital CJ1W-OC211



Type	Points	Type	Rated voltage	Rated current	Width	I/O bus current consumption	Remarks	Connection type	Model
output	8	Triac out	250 VAC	0.6 A	31 mm	220 mA	-	M3 (40 pt)	CJ1W-OC201
output	8	Relay out	250 VAC	2 A	31 mm	80 mA	-	M3 Screwless	CJ1W-OC201 (SL) CJ1W-OC201 (SL)
output	16	Relay out	250 VAC	2 A	31 mm	110 mA	-	M3 Screwless	CJ1W-OC211 CJ1W-OC211 (SL)
output	8	DC out (source) *	24 VDC	2 A	31 mm	110 mA	With short-circuit protection, alarm	M3	CJ1W-OD202
output	8	DC out (source) *	24 VDC	0.5 A	31 mm	100 mA	With short-circuit protection, alarm	M3	CJ1W-OD204
output	16	DC out (source) *	24 VDC	0.5 A	31 mm	100 mA	With short-circuit protection, alarm	M3 Screwless	CJ1W-OD212 CJ1W-OD212 (SL)
output	32	DC out (source) *	24 VDC	0.3 A	20 mm	150 mA	With short-circuit protection, alarm	1 x MIL <sup>18</sup> (40 pt)	CJ1W-OD232
output	64	DC out (source) *	24 VDC	0.3 A	31 mm	170 mA	-	2 x MIL (40 pt)	CJ1W-OD262

El nuevo bloque de terminales de E/S sin tornillos CJ1 va incluido en las siguientes unidades:

Modelo	Tipo	Especificación
CJ1W-ID211 (SL)	16 entradas de c.c.	24 Vc.c., 7 mA
CJ1W-OC201 (SL)	8 salidas de relé	250 Vc.a., 2 A, (máx. 16 A total)
CJ1W-OC211 (SL)	16 salidas de relé	250 Vc.a., 2 A, (máx. 8 A total, 1 común)
CJ1W-OD211 (SL)	16 salidas transistor (disipación)	12-24 Vc.c., 0,5 A, (máx. 5 A total, 1 común)
CJ1W-OD212 (SL)	16 salidas transistor (fuente)	24 Vc.c., 0,5 A, (máx. 5 A total, 1 común)

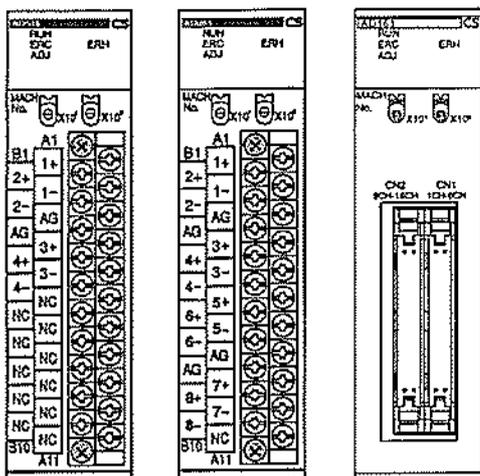
## ANEXO I.4 Unidad entrada analógica CJIW-AD081

### 1-1 Features and Functions

#### CS-series Analog I/O Units

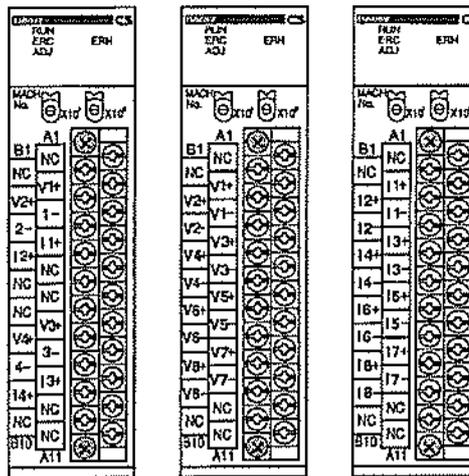
##### Analog Input Units

CS1W-AD041-V1 CS1W-AD081-V1 CS1W-AD161



##### Analog Output Units

CS1W-DA041 CS1W-DA08V CS1W-DA08C



##### Analog I/O Unit

CS1W-MAD44



The SYSMAC CS Series includes CS1W-AD041-V1, CS1W-AD081-V1, and CS1W-AD161 Analog Input Units that convert analog signals to digital signals and transfer them to CS-series CPU Units, and CS1W-DA041, CS1W-DA08V, and CS1W-DA08C Analog Output Units for converting digital data in CS-series CPU Units into analog signals for output, and CS1W-MAD44 Analog I/O Units that have both analog input and output functions.

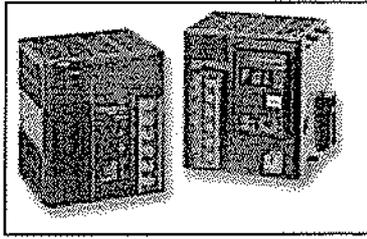
Unit	Analog input		Analog output	
	Maximum input points	Input signal range	Maximum output points	Output signal range
Analog Input Units	CS1W-AD041-V1	4	---	---
	CS1W-AD081-V1	8		
	CS1W-AD161	16		
Analog Output Units	CS1W-DA041	---	4	-10 to 10 V 0 to 10 V 0 to 5 V 1 to 5 V 4 to 20 mA
	CS1W-DA08V	---	8	-10 to 10 V 0 to 10 V 0 to 5 V 1 to 5 V
	CS1W-DA08C	---	8	4 to 20 mA
Analog I/O Units	CS1W-MAD44	4	4	-10 to 10 V 0 to 10 V 0 to 5 V 1 to 5 V 4 to 20 mA

## ANEXO I.4 Unidad entrada analógica CJ1W-AD081

### 2-1-1 Specifications

Item		CS1W-AD041-V1	CS1W-AD081-V1	CS1W-AD161	
Unit type		CS-series Special I/O Unit			
Isolation (See note 1.)		Between I/O and PLC signals: Photocoupler (No isolation between individual I/O signals.)			
External terminals		21-point detachable terminal block (M3 screws)		Two 34-pin MIL connectors	
Affect on CPU Unit cycle time		0.2 ms			
Power consumption		120 mA max. at 5 VDC, 90 mA max. at 26 VDC		150 mA max. at 5 VDC, 55 mA max. at 26 VDC	
Dimensions (mm) (See note 2.)		35 x 130 x 126 (W x H x D)		35 x 130 x 119 (W x H x D)	
Weight		450 g max.			
General specifications		Conforms to general specifications for SYSMAC CS Series.			
Mounting position		CS-series CPU Rack or CS-series Expansion Rack (Cannot be mounted to a C200H Expansion I/O Rack or a SYSMAC BUS Slave Rack.)			
Maximum number of Units (See note 3.)		Refer to the table on page 15.			
Data exchange with CPU Units (See note 4.)		Special I/O Unit Area in CIO Area (CIO 2000 to CIO 2959): 10 words per Unit Special I/O Unit Area in DM Area (D20000 to D29599): 100 words per Unit		Special I/O Unit Area in CIO Area (CIO 2000 to CIO 2959): 20 words per Unit Special I/O Unit Area in DM Area (D20000 to D29599): 200 words per Unit	
Input specifications	Number of analog inputs	4	8	16	
	Input signal range (See note 5.)	1 to 5 V 0 to 5 V 0 to 10 V -10 to 10 V 4 to 20 mA (See note 6.)			
	Maximum rated input (for 1 point) (See note 7.)	Voltage Input: $\pm 15$ V Current Input: $\pm 30$ mA			
	Input impedance	Voltage Input: 1 M $\Omega$ min. Current Input: 250 $\Omega$ (rated value)			
	Resolution	4,000/8,000 (See note 8.)			
	Converted output data	16-bit binary data			
	Accuracy (See note 9.)	23 $\pm$ 2°C	Voltage Input: $\pm 0.2\%$ of full scale Current Input: $\pm 0.4\%$ of full scale		Voltage Input: $\pm 0.2\%$ of full scale Current Input: $\pm 0.2\%$ of full scale
		0°C to 55°C	Voltage Input: $\pm 0.4\%$ of full scale Current Input: $\pm 0.6\%$ of full scale		Voltage Input: $\pm 0.4\%$ of full scale Current Input: $\pm 0.4\%$ of full scale
A/D conversion time (See note 10.)		1.0 ms or 250 $\mu$ s per point max. (See note 8.)			

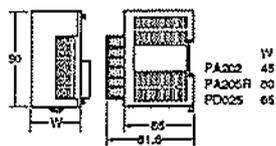
## ANEXO I.5 Fuente alimentación del PLC CJ1W-PD025



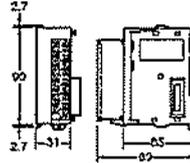
Power supplies

Input range	Power consumption	Output capacity [I] 5 VDC	Output capacity [I] 24 VDC	Max. output power	Features	Width	Model
21.6 to 26.4 VDC	35 W max.	2.0 A	0.4 A	16.8 W	No galvanic isolation	27 mm	CJ1W-PD022
19.2 to 28.8 VDC	50 W max.	5.0 A	0.8 A	25 W		60 mm	CJ1W-PD025
95 to 264 VAC	50 VA max.	2.8 A	0.4 A	14 W		45 mm	CJ1W-PA202
47 to 63 Hz	100 VA max.	5.0 A	0.8 A	25 W	Run output (SPST relay) Maintenance status display	80 mm	CJ1W-PA205R CJ1W-PA205C

F. de alimentación



Unidades de 8/16-pts E/S



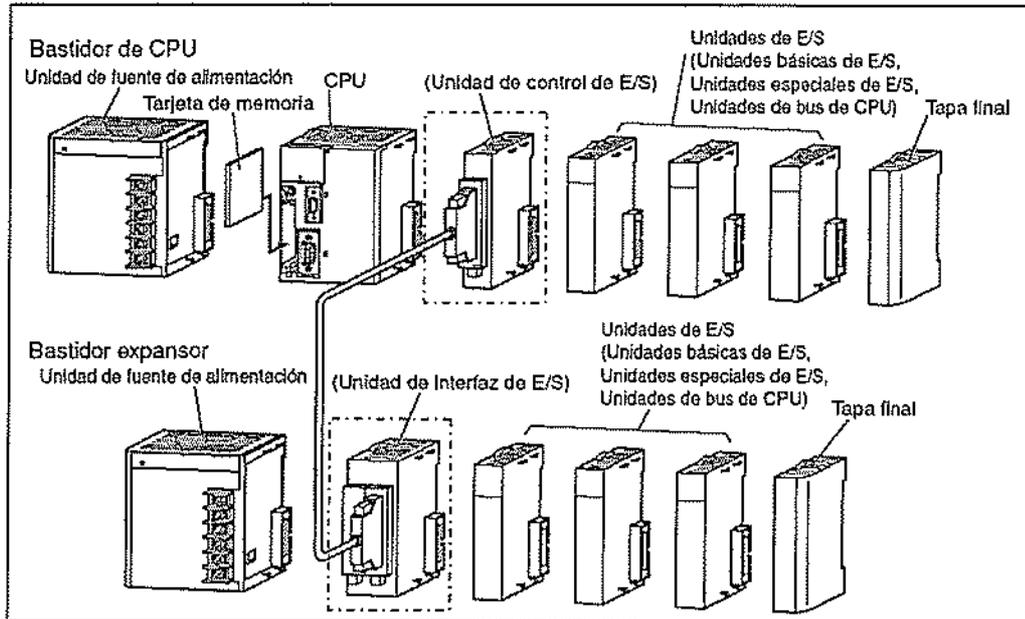
Ancho W (mm) Cuando se utiliza con fuente de alimentación CJ1W-PA202 (AC, 14 W)

Número de unidades de E/S de 31-mm de ancho	CJ1M-CPU12/13	CJ1M-CPU22/23
1	121.7	139.7
2	152.7	170.7
3	183.7	201.7
4	214.7	232.7
5	245.7	263.7
6	276.7	294.7
7	307.7	325.7
8	338.7	356.7
9	369.7	387.7
10	400.7	418.7

## Capacidad de la fuente de alimentación

Modelo		Consumo a 5 V	Consumo a 24 V
CJ1W-PA202	Salida de corriente máxima	2.8 A	0.4 A
	Salida de potencia máxima	14 W	
CJ1W-PA205R	Salida de corriente máxima	5.0 A	0.8 A
	Salida de potencia máxima	25 W	
CJ1W-PD025	Salida de corriente máxima	5.0 A	0.8 A
	Salida de potencia máxima	25 W	

**ANEXO 1.6 y 1.7: Unidad de control de E/S CJ1W-IC101 y Unidad interface CJ1W III101**



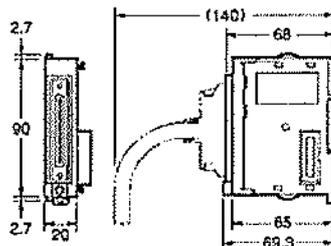
En el primer rack va montado el módulo CJ1W-IC101 compatible con la CPU 13-ETN de Omron y unido mediante cable CS1W-CN con la Unidad Interfaz CJ1W- III101, que se encuentra en el segundo rack de expansión, habilitando la comunicación de todas las unidades de E/S con le PLC central.

Unit	Model number	Width
I/O Control Module	CJ1W-IC101	20
32Basic-point I/O Modules	CJ1W-ID231/232	
	CJ1W-OD231/232	
B7A Interface Unit	CJ1W-B7A22	
	CJ1W-B7A14	
	CJ1W-B7A04	
CompoBus/S Master Module	CJ1W-SRM21	

Alimentación : 5V

Consumo : 0,02 A

**I/O Control Unit**

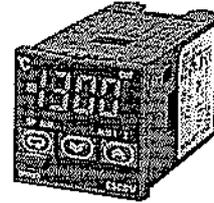


ANEXO I.8 Controlador ON-OFF : E5CSV-R1TD-500

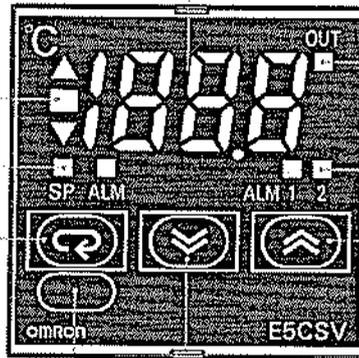
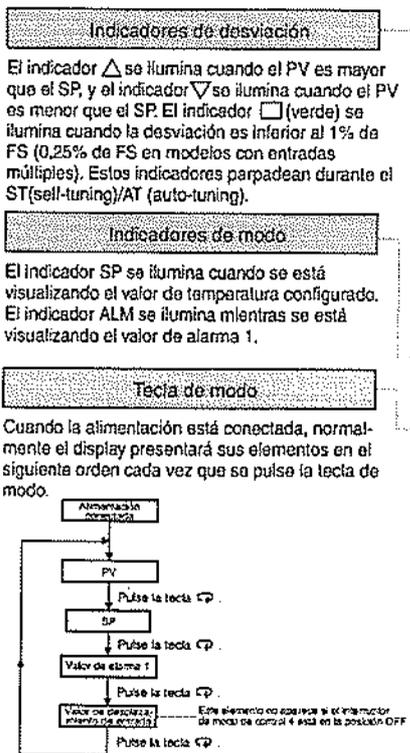
# Controladores de temperatura E5CSV

Controladores de temperatura de fácil configuración mediante interruptor DIP y funciones sencillas en un módulo DIN de 48 x 48 mm

- Fácil configuración con interruptores DIP y rotativos.
- Múltiples entradas (termopar/termorresistencia de platino)
- Display digital de excelente visibilidad, con caracteres de 13,5 mm de altura.
- Compatible con la norma ROHS.



**NEW**



**Tecla de desbloqueo**

Si el interruptor de protección está en la posición ON, el valor configurado podrá modificarse pulsando las teclas Arriba y Abajo mientras se mantiene pulsada la tecla de desbloqueo.

**PV, SP, Valor de alarma, Desplazamiento de entrada**

El display cambiará cada vez que se pulse la tecla  $\square$ .

**Indicador de salida**

Se enciende cuando la salida de control está activada.

**Indicadores de alarma**

ALM1 (Alarma 1): Se enciende cuando la salida de alarma 1 está activada.  
ALM2 (Alarma 2): Prevista para uso futuro.

**Tecla Arriba**

Al pulsar la tecla Arriba se incrementa el valor de SP/alarma. Si mantiene pulsada la tecla, el valor del display continuará incrementándose. Si el interruptor de protección interno está en la posición ON, pulse la tecla Arriba mientras mantiene pulsada la tecla de desbloqueo.

**Tecla Abajo**

Al pulsar la tecla Abajo se disminuye el valor de SP/alarma. Si mantiene pulsada la tecla, el valor del display continuará disminuyendo. Si el interruptor de protección interno está en la posición ON, pulse la tecla Abajo mientras mantiene pulsada la tecla de desbloqueo.

## Modelos disponibles

Tamaño	Tensión de alimentación	Número de puntos de alarma	Salida de control	Entrada múltiple termopar/termorresistencia de platino incl. cubierta de terminales
1/16 DIN 48 x 48 x 78 mm (A x H x F)	100 a 240 Vc.a.	1	Relé	E5CSV-R1T-500
			Tensión (para SSR)	E5CSV-Q1T-500
	24 Vc.a./Vc.c.	1	Relé	E5CSV-R1TD-500
			Tensión (para SSR)	E5CSV-Q1TD-500

ANEXO I.8 Controlador ON-OFF : E5CSV-R1TD-500

## Especificaciones

### Valores nominales

Tensión de alimentación	100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz	24 Vc.a./Vc.c., 50/60 Hz
Margen de tensión de servicio	85% a 110% de la tensión de alimentación nominal	
Consumo eléctrico	5 VA	3 VA/2 W
Entrada de sensor	Modelo de múltiples entradas (termopar/termorresistencia de platino): K, J, L, T, U, N, R, Pt100, JPt100	
Salida de control	Salida de relé	SPST-NA, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva)
	Salida de tensión (para SSR)	12 Vc.c., 21 mA (con circuito de protección contra cortocircuitos)
Método de control	ON/OFF o 2 PID (con auto-tuning)	
Salida de alarma	SPST-NA, 250 Vc.a., 1 A (carga resistiva)	
Método de configuración	Configuración digital con las teclas del panel frontal (configuración de funciones con interruptor DIP)	
Método de indicación	Display digital de 3,5 dígitos y 7 segmentos (altura de caracteres: 13,5 mm) o indicadores de desviación	
Otras funciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección contra cambio de configuración (mediante teclas)</li> <li>• Desplazamiento de entrada</li> <li>• Cambio de unidad de medida de temperatura (°C/°F)</li> <li>• Operación directa/inversa</li> <li>• Alternancia de período de control</li> <li>• 8 modos de salida de alarma</li> <li>• Detección de error de sensor</li> </ul>	
Temperatura ambiente	-10 a 55 °C (sin hielo ni condensación)	
Humedad ambiente	25% a 85%	
Temperatura de almacenamiento	-25 a 65 °C (sin hielo ni condensación)	

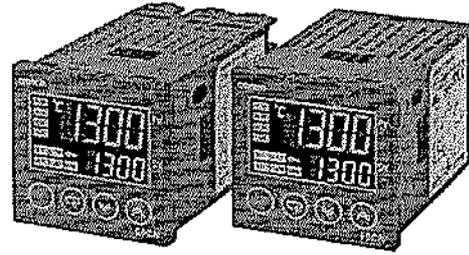
### Características

Precisión de configuración	Termopar (ver nota 1):	(±0,5% del valor de indicación ó ±1 °C; el que sea mayor) ±1 dígito máx.
Precisión de la indicación (a temperatura ambiente de 23 °C)	Termorresistencia de platino (ver nota 2):	(±0,5% del valor de indicación ó ±1 °C; el que sea mayor) ±1 dígito máx.
Variaciones debidas a fluctuaciones de la temperatura	Entradas de termopar R:	(±1% de PV ó ±10°C, el que sea mayor) ±1 dígito máx.
Variaciones debidas a fluctuaciones de la tensión de alimentación	Otras entradas de termopar:	(±1% de PV ó ±4°C, el que sea mayor) ±1 dígito máx.
	Entradas de termorresistencia de platino:	(±1% de PV ó ±2°C, el que sea mayor) ±1 dígito máx.
Histéresis (de control ON/OFF)	0,1% de FS	
Banda proporcional (P)	1 a 999°C (ajuste automático mediante auto-tuning/self-tuning)	
Tiempo de integral (I)	1 a 1.999 s (ajuste automático mediante auto-tuning/self-tuning)	
Tiempo de derivada (D)	1 a 1.999 s (ajuste automático mediante auto-tuning/self-tuning)	
Rango de salida de alarma	Alarma de valor absoluto:	Idéntica al intervalo de control
	Otros:	0% a 100% de FS
	Histéresis de alarma:	0,2°C o °F (fija)
Período de control	2/20 s	
Período de muestreo	500 ms	
Resistencia de aislamiento	20 MΩ mín. (a 500 Vc.c.)	
Rigidez dieléctrica	2.000 Vc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto entre terminales portadoras de corriente de distinta polaridad	
Resistencia a vibraciones	Desperfecto	10 a 55 Hz, 20 m/s <sup>2</sup> durante 10 minutos en cada una de las direcciones X, Y y Z
	Destrucción	10 a 55 Hz, 0,75 mm de amplitud durante 2 horas en cada una de las direcciones X, Y y Z
Resistencia a golpes	Desperfecto	100 m/s <sup>2</sup> , 3 veces en cada una de las 6 direcciones
	Destrucción	300 m/s <sup>2</sup> , 3 veces en cada una de las 6 direcciones
Vida útil	Eléctrica	100.000 operaciones mínimo (modelos de salida relé)
Peso	Aprox. 120 g (sólo controlador)	
Grado de protección	Panel frontal: Equivalente a IP66; carcasa posterior: IP20; terminales: IP 00	
Protección de memoria	EEPROM (memoria no volátil) (operaciones de escritura: 1.000.000)	
CEM	EM irradiadas:	EN 55011 Grupo 1, Clase A
	EM conducidas:	EN 55011 Grupo 1, Clase A
	Inmunidad a descargas electrostáticas:	EN 61000-4-2: descarga por contacto de 4 kV (nivel 2) descargas por aire de 8 kV (nivel 3)
	Inmunidad a campo de irradiación electromagnética:	EN 61000-4-3: 10 V/m (80-1000 MHz; modulación de amplitud de 1,4-2,0 GHz) (nivel 3) 10 V/m (modulación por impulsos de 900 MHz)
	Inmunidad contra perturbaciones conducidas:	EN 61000-4-6: 3 V (0,15 a 80 MHz) (nivel 2)
	Inmunidad contra ruido (ruido transitorio rápido):	EN 61000-4-4
	Inmunidad contra ráfagas:	22 kV en línea de alimentación (nivel 3), 1 kV en línea de señal de E/S (nivel 3)
Inmunidad contra sobretensiones:	EN 61000-4-5: Línea de alimentación: Modo normal de 1 kV; Modo común de 2 kV Línea de salida (salida relé): Modo normal de 1 kV; Modo común de 2 kV	
Inmunidad contra caída/corte de tensión:	EN 61000-4-11, 0,5 ciclos, 100% (tensión nominal)	
Homologaciones	UL 61010C-1 (listado), CSA C22.2 n° 1010-1	
Cumple las normas:	EN 61326, EN 61010-1, IEC 61010-1, VDE 0108 Parte 100 (protección de dedos) con la cubierta de terminales montada.	

ANEXO I.9 Controlador PID E5CN-Q2MT-500

# Controladores digitales de temperatura E5CN/E5CN-U

Este controlador de temperatura de empleo general de 48x48 mm y líder en ventas ahora es incluso mejor. También están disponibles el cable de conversión USB serie y el software de soporte.



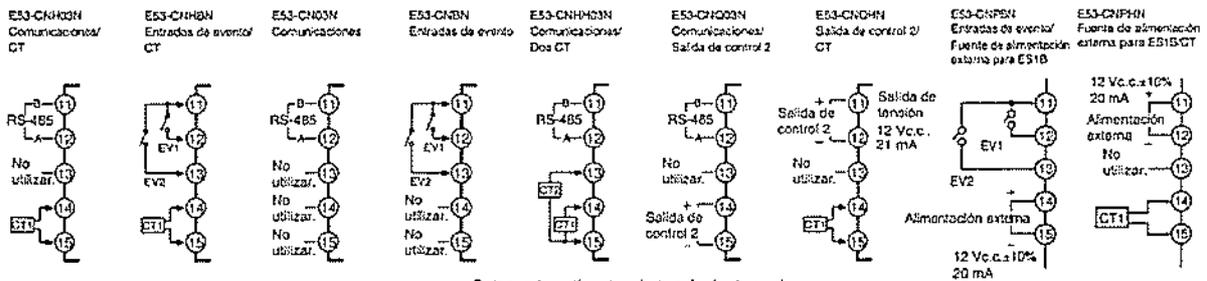
- Controladores disponibles con entradas analógicas.
- Muestreo más rápido a 250 ms.
- Salida transfer para facilitar el envío a registradores.
- Salidas de tensión (para SSR) para control de calor y frío. Se pueden utilizar para alarmas con el fin de ofrecer tres salidas de alarma.
- Disponibilidad de modelos con detección de rotura de calentador trifásico y de fallo SSR.
- Configuración sencilla gracias a los displays de 11 segmentos.
- Conexión a termopar o termorresistencia de platino con el mismo modelo.
- Visualización sencilla a distancia con display PV con función de cambio de tres colores.
- El indicador de protección de la configuración informa al operario si la protección está activada.
- Dispone de salida manual.
- Disponibilidad de Controlador con salida relé de larga vida útil.
- Disponibilidad de modelos con fuente de alimentación externa para termosensor de infrarrojos ES1B



Nota: Consulte la página 40 para obtener información sobre los cambios en relación con modelos anteriores.

## Controladores con entradas de temperatura (entrada múltiple)

Tamaño	Tensión de alimentación	Número de puntos de alarma	Salidas de control	Modelo
1/16 DIN 48 x 48 x 78 (A x Al. x P)	100 a 240 Vc.a.	0	Relé	E5CN-RMT-500
			Tensión (para SSR)	E5CN-QMT-500
			Corriente	E5CN-CMT-500
		2	Relé	E5CN-R2MT-500
			Tensión (para SSR)	E5CN-Q2MT-500
			Corriente	E5CN-C2MT-500
	24 Vc.a./Vc.c.	0	Relé	E5CN-RMT-500
			Tensión (para SSR)	E5CN-QMT-500
			Corriente	E5CN-CMT-500
		2	Relé	E5CN-R2MT-500
			Tensión (para SSR)	E5CN-Q2MT-500
			Corriente	E5CN-C2MT-500



## ANEXO I.9 Controlador PID E5CN-Q2MT-500

## Especificaciones

## ■ Valores nominales

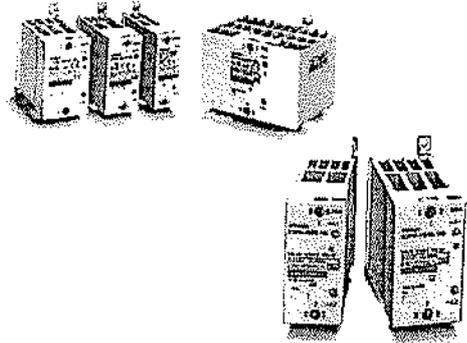
Elemento		Tensión de alimentación	100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz	24 Vc.a., 50/60 Hz o 24 Vc.c.
Rango de tensión de operación		Entre el 85% y el 110% de la tensión de alimentación nominal		
Consumo	E5CN	7,5 VA máx. (E5CN-R2T: 3.0 VA a 100 Vc.a.)		5 VA/3 W máx. (E5CN-R2T: 2,7 VA a 24 Vc.a.)
	E5CN-U	6 VA máx.		3 VA/2 W máx.
Entrada de sensor		<p>Modelos con entradas de temperatura</p> <p>Termopar: K, J, T, E, L, U, N, R, S o B</p> <p>Termorresistencia de platino: Pt100 o JPt100</p> <p>Sensor infrarrojo de temperatura: 10 a 70°C, 60 a 120°C, 115 a 165°C o 160 a 260°C</p> <p>Entrada de tensión: 0 a 50 mV</p> <p>Modelos con entradas analógicas</p> <p>Entrada de corriente: 4 a 20 mA o 0 a 20 mA</p> <p>Entrada de tensión: 1 a 5 V, 0 a 5 V o 0 a 10 V</p>		
Impedancia de entrada		Entrada de corriente: 150 $\Omega$ , entrada de tensión: 1 M $\Omega$ (Utilice una conexión 1:1 cuando conecte el ES2-HB.)		
Salida de control	Salida de relé	E5CN	SPST-NA, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva), vida útil eléctrica: 100.000 operaciones; mínima carga aplicable: 5 V, 10 mA	
		E5CN-U	SPDT, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva), vida útil eléctrica: 100.000 operaciones; mínima carga aplicable: 5 V, 10 mA	
	Salida de tensión	E5CN E5CN-U	Salida de tensión: 12 Vc.c. $\pm$ 15% (PNP), corriente de carga máx.: 21 mA, con circuito de protección contra cortocircuitos	
	Salida de corriente	E5CN	4 a 20 mA c.c./0 a 20 mA c.c.; carga: 600 $\Omega$ máx.; resolución: aprox. 2.700	
	Salida de larga vida útil	E5CN	SPST-NA, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva), vida útil eléctrica: 1.000.000 de operaciones, tensión de alimentación de la carga: 75 a 250 Vc.a. (no pueden conectarse cargas de c.c.), carga mínima aplicable: 5 V, 10 mA, corriente de fuga: 5 mA máx. (250 Vc.a., 60 Hz)	
Salida de alarma		SPST-NA, 250 Vc.a., 1 A (carga resistiva), vida útil eléctrica: 100.000 operaciones; mínima carga aplicable: 1 V, 1 mA		
Entrada de evento	Entrada de contacto	ON: 1 k $\Omega$ máx. OFF: 100 k $\Omega$ mín.		
	Entrada de estado sólido	ON: Tensión residual: 1,5 V máx. OFF: Corriente de fuga: 0,1 mA máx.		
		Salida de corriente: Aprox. 7 mA por punto		
Fuente de alimentación externa para ES1B		12 Vc.c. $\pm$ 10%, 20 mA, dispone de protección contra cortocircuitos.		
Método de control		Control ON/OFF o 2-PID (con auto-tuning)		
Método de configuración		Configuración digital mediante el teclado del panel frontal		
Método de indicación		Display digital de 11 segmentos e indicadores individuales (también son posibles los displays de 7 segmentos) Altura de caracteres: PV: 11 mm, SV: 6.5 mm		
Otras funciones		Salida manual, control de calor/frío, salida transfer (en algunos modelos), alarma de rotura de lazo, multi SP, limitador de MV, filtro digital de entrada, ajuste automático, desplazamiento de entrada de temperatura, marcha/paro, funciones de protección, etc.		
Temperatura ambiente de funcionamiento		-10 a 55°C (sin formación de hielo ni condensación), para garantía de 3 años: -10 a 50°C		
Humedad ambiente de funcionamiento		25% a 85%		
Temperatura de almacenamiento		-25 a 65°C (sin formación de hielo ni condensación)		

ANEXO I.10 Relé estado sólido G3PA-220B-VD-5-24cc y cartucho G32A-A20-VD

# Relé de estado sólido de potencia G3PA-(VD)

Relés extremadamente finos integrados con disipador de calor

- Reducción de tamaño conseguida mediante el diseño óptimo del disipador de calor.
- Posibilidad de montaje con tornillos o en carril DIN.
- Posibilidad de montaje contiguo para terminales de unión. (Excepto en los modelos G3PA-260B-VD y G3PA-450B-VD-2).
- Aplicable con cargas trifásicas.
- Cartuchos del dispositivo de potencia sustituibles.
- Conforme con la norma VDE 0160 (protección de dedos), con una rigidez dieléctrica de 4.000 V entre entrada y carga.
- Conforme con las normas VDE 0805, IEC 950.
- Homologado por UL, CSA y VDE (aislamiento reforzado).

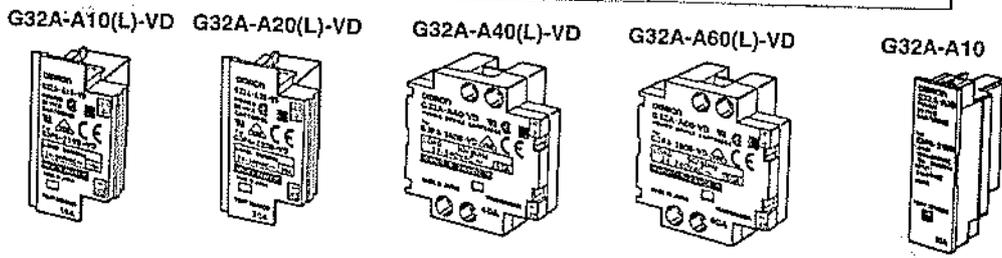


## Tabla de selección

### Modelos disponibles

Modelo	Aislamiento	Función de paso por cero	Indicador	Carga de salida aplicable	Tensión nominal de entrada
G3PA-210B-VD	Acoplador Fototriac	Sí	Sí	10 A a 24 hasta 240 Vc.a.	5 a 24 Vc.c.
G3PA-220B-VD				20 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-240B-VD				40 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-260B-VD				60 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-210BL-VD	No	No	No	10 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-220BL-VD				20 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-240BL-VD				40 A a 24 hasta 240 Vc.a.	
G3PA-260BL-VD				60 A a 24 hasta 240 Vc.a.	

Nombre	Corriente de carga	Tensión de carga	Modelo	SSR aplicable	Conforme con la norma VDE
Cartucho del dispositivo de potencia	10 A	19 a 264 Vc.a.	G32A-A10-VD 5-24 c.c.	G3PA-210B-VD 5-24 c.c.	Sí
			G32A-A10L-VD 5-24 c.c.	G3PA-210BL-VD 5-24 c.c.	
			G32A-A10-VD 24 c.a.	G3PA-210B-VD 24 c.a.	
	20 A		G32A-A20-VD 5-24 c.c.	G3PA-220B-VD 5-24 c.c.	
			G32A-A20L-VD 5-24 c.c.	G3PA-220BL-VD 5-24 c.c.	
			G32A-A20-VD 24 c.a.	G3PA-220B-VD 24 c.a.	
	40 A		G32A-A40-VD 5-24 c.c.	G3PA-240B-VD 5-24 c.c.	
			G32A-A40L-VD 5-24 c.c.	G3PA-240BL-VD 5-24 c.c.	
			G32A-A40-VD 24 c.a.	G3PA-240B-VD 24 c.a.	



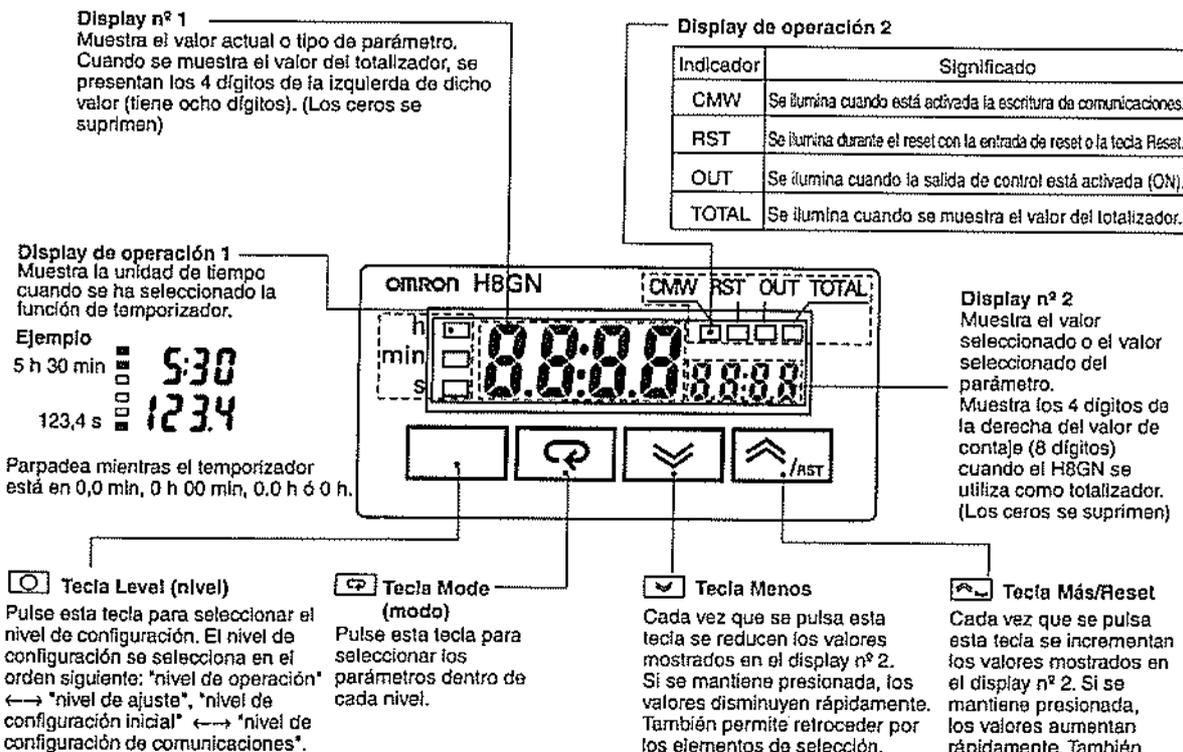
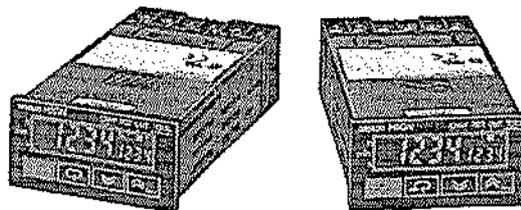
ANEXO I.11 Temporizador-contador H8GN-AD

# Temporizador/Contador con preselección H8GN

El contador con preselección/temporizador más pequeño y compacto del mundo

Formato DIN 1/32 mm con comunicaciones

- Sólo 48 x 24 x 83 mm (An x Al x F)
- Conmutable entre funcionamiento de contador con preselección de 4 dígitos y temporizador de 4 dígitos.
- Mientras se utiliza el contador con preselección, se puede conmutar el display para monitorizar el valor del totalizador (8 dígitos).
- Preescala incorporada para el funcionamiento de contador.
- Disponibilidad de modo cíclico con relación ON/OFF ajustable que se puede utilizar para efectuar control cíclico para funcionamiento de temporizador.
- Cuatro valores preseleccionados que se puede cambiar mediante las teclas del panel frontal (banco de SV).
- Bloque de terminales con protección de dedos conforme con la norma VDE0106/P 100.
- Superficie de panel compatible con NEMA4/IP66.
- Conforme con las normas de seguridad de UL, CSA e IEC, así como marcado CE.
- Manual de instrucciones en seis idiomas.



## ANEXO I.11 Temporizador-contador H8GN-AD

### Especificaciones

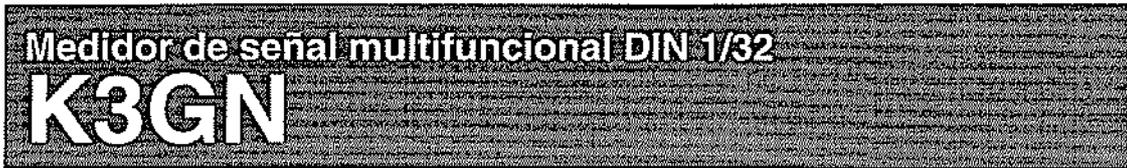
#### ■ Valores nominales

Tensión de alimentación nominal		24 Vc.c.
Rango de tensión de funcionamiento		85% a 110% de la tensión de alimentación nominal
Consumo		1,5 W máx. (para carga de c.c. máx.) (corriente de pico: 15 A máx.)
Método de montaje		Instalación en panel
Conexiones externas		Terminales de tornillos (tornillos M3)
Par de apriete de tornillo de terminal		0,5 N·m máx.
Accesorio		Junta de estanqueidad, soporte para instalación en panel
Display		LCD transmisor negativo de 7 segmentos; visualización de tiempo (h, min, s); CMW, OUT, RST, TOTAL Valor actual (rojo, altura de caracteres de 7 mm); valor seleccionado (verde, altura de caracteres de 3,4 mm)
Dígitos		PV: 4 dígitos SV: 4 dígitos Cuando se muestra el valor del totalizador: 8 dígitos (Los ceros se suprimen)
Backup de memoria		EEPROM (memoria no volátil) (operaciones de escritura: 100.000 veces)
Contador	Velocidad de conteo máxima	30 Hz ó 5 kHz (ver nota)
	Rango de conteo	-999 a 9.999
	Modos de entrada	Adelante, Atrás, individual, entradas en diferencia de fase
	Modos de salida	N, F, C o K
Temporizador	Rangos de tiempo	0,000 a 9,999 s, 0,00 a 99,99 s, 0,0 a 999,9 s, 0 a 9999 s, 0 min 00 s a 99 min 59 s, 0,0 a 999,9 min, 0 h 00 min a 99 h 59 min, 0,0 h a 999,9 h, 0 h a 9999 h
	Modos de temporizador	Tiempo transcurrido (UP), tiempo restante (DOWN)
	Modos de salida	A, B, D, E, F o Z
Entradas	Señales de entrada	Para contador: CP1, CP2 y reset Para temporizador: inicio, puerta y reset
	Método de entrada	Entrada sin tensión (abriendo y cerrando el contacto) Impedancia de cortocircuito (ON): 1 K $\Omega$ máx. (aprox. 2 mA de corriente a 0 $\Omega$ ) Tensión residual de cortocircuito (ON): 2 Vc.c. máx. Impedancia de circuito abierto (OFF): 100 k $\Omega$ mín. Tensión aplicada: 30 Vc.c. máx.
	Inicio, reset, puerta	Ancho mínimo de señal de entrada: 1 ó 20 ms (seleccionable)
	Reset de alimentación	Tiempo mínimo de alimentación desconectada: 0,5 s
Salida de control		Salida de contacto SPDT: 3 A a 250 Vc.a./30 Vc.c., carga resistiva ( $\cos\phi = 1$ )
Carga mínima aplicada		10 mA a 5 Vc.c. (nivel de fallo: P, valor de referencia)
Sistema de reset		Reset externo, manual y de alimentación (para temporizador en modo A, B, D, E o Z)
Tiempo de espera de sensor		260 ms máx. (no se pueden recibir entradas durante el tiempo de espera de sensor si están desactivadas las salidas de control)

#### ■ Funciones de E/S

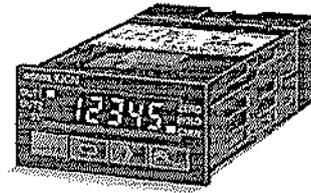
Entradas	Entradas del contador	CP1/CP2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrada de señales de conteo.</li> <li>Recibir entradas de incremento, decremento, individual y diferencia de fase.</li> <li>En los modos de incremento y decremento, CP1 se utiliza para la entrada de conteo y CP2 para la entrada de prohibición de conteo.</li> </ul>
		Reset	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restablece el valor actual (el valor del totalizador no se restablece). (En los modos de incremento o incremento/decremento el valor actual vuelve a 0; en modo de decremento el valor actual vuelve al valor seleccionado.)</li> <li>La entrada de conteo no se recibe durante el reset.</li> <li>El indicador RST está iluminado durante el reset.</li> </ul>
	Entradas de temporizador	Inicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inicia la temporización.</li> </ul>
		Reset	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restablece el temporizador (en modo de tiempo transcurrido, el tiempo vuelve a 0; en modo de tiempo restante, el tiempo vuelve al valor seleccionado).</li> <li>Durante el reset, se para la temporización y se desactiva la salida de control.</li> <li>El indicador RST está iluminado durante el reset.</li> </ul>
Salidas	OUT	Puerta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prohíbe la operación de temporización.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>La salida se efectúa según la configuración de modo de salida cuando se alcanza el valor seleccionado.</li> </ul>

## ANEXO I.12 Visualizador K3GN-ND-2 24 VDC



### Medidor digital de panel compacto e inteligente

- Un solo medidor de panel para una amplia variedad de aplicaciones.
  - 3 funciones principales:
    - Medidor de proceso (entrada de tensión/corriente c.c.).
    - Procesador RPM/tacómetro (entrada de frecuencia).
    - Display de datos digital para PC/PLC (comunicaciones RS-485).
- Fácil configuración
  - Amplio abanico de entradas analógicas: aplicable con todas las señales analógicas estándar.
    - 6 rangos de entrada disponibles: 4 a 20 mA/0 a 20 mA, 1 a 5 Vc.c./0 a 5 Vc.c., ±5 Vc.c., ±10 Vc.c.
  - 5 KHz máx. rango de frecuencia de los impulsos de entrada.
  - Escalado en un amplio rango de unidades de ingeniería.
  - Operación de salida programable, ajuste de la posición del punto decimal, función teaching para el rango de entrada, supresión de ceros a la izquierda, proceso de valor promedio.
- Diseño avanzado y compacto
  - Carcasa DIN 1/32 muy compacta: 48(an) x 24(al.) x 83(f) mm
  - pantalla de 5 dígitos con color de visualización programable en rojo o verde.
  - Buena visibilidad: Pantalla LCD retroiluminada de alto contraste.
  - Alta protección contra el agua y el polvo: Panel frontal compatible con la norma NEMA4X/IP66.
- Salidas seleccionables: 2 salidas de relé, 3 salidas de transistor, RS-485 y combinaciones de las anteriores.
- Alta precisión: ±0,1% de fondo de escala.
- Fácil de configurar desde el panel frontal o mediante RS-485.
- Cumple con las normas EN/IEC con marcado CE y homologación UL/CSA.



## Estructura de la referencia

### ■ Composición de la referencia

K3GN -    24 VDC  
                   1      2      3

#### 1. Tipo de entrada

ND: tensión/corriente c.c., NPN

PD: tensión/corriente c.c., PNP

#### 2. Tipo de salida

C: 2 salidas de contacto de relé (SPST-NO)

T1: 3 salidas de transistor (colector abierto NPN)

T2: 3 salidas de transistor (colector abierto PNP)

#### 3. Tipo de salida de comunicaciones

### ■ Lista de modelos

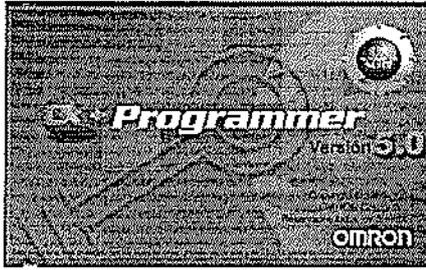
Tipo de entrada	Tensión de alimentación	Salida	Comunicaciones	
			Sin comunicaciones	RS-485
Tensión/corriente c.c., NPN	24 Vc.c.	Relés duales (SPST-NO)	K3GN-NDC 24 Vc.c.	K3GN-NDC-FLK24 Vc.c.
		Colector abierto de tres NPN	K3GN-NDT1 24 Vc.c.	K3GN-NDT1-FLK24 Vc.c.

## ANEXO I.12 Visualizador K3GN-ND-2 24 VDC

## ■ Características

Señal de entrada	Tensión (1 a 5 V, 0 a 5 V, $\pm 5V$ , $\pm 10 V$ ) Corriente (4 a 20 mA, 0 a 20 mA)	Contacto sin tensión (máx. 30 Hz con duración de impulso ON/OFF de 16 ms mín). Colector abierto (máx. 5 kHz con duración de impulso ON/OFF de 90 ms mín).	Display de datos digital (mediante comunicación RS-485)
Conversión A/D	Método integral doble resolución de 14 bits	---	
Período de muestreo	250 ms	---	
Período de actualización de pantalla	Período de muestreo (tiempos de muestreo multiplicados por el número de tiempos de media si se selecciona el proceso de valor promedio).		
Método de medición de impulsos	---	Medición periódica	---
Sensores conectables	---	Tensión residual ON: 2,5 V máx. Corriente de fuga OFF: 0,1 mA máx. Corriente de carga: Debe tener una capacidad de conmutación de 15 mA mín. Debe poder conmutar confiablemente corrientes de carga de 5 mA máx.	
Máx. de dígitos visualizados	5 dígitos (-19999 a 99999)		
Display	Display digital de 7 segmentos, altura de caracteres: 7,0 mm		
Visualización de polaridad	"-" se visualiza automáticamente con una señal de entrada negativa.		
Visualización de ceros	Los ceros de la izquierda no se visualizan.		
Función de escala	Programable con las teclas del panel frontal (rango de visualización: -19999 a 99999). La posición del punto decimal se puede ajustar a voluntad.		
Controles externos (ver nota 1)	HOLD: (valor de la medición retenido) ZERO: (cero forzado)	---	
Ajuste de histéresis	Programable con las teclas del panel frontal (de 0001 a 9999).		
Otras funciones	Pantalla de color programable Operación de salida programable Valores de teaching Cálculo de valor medio (media simple) Configuración de bloqueo Control de escritura por comunicaciones (sólo en modelos con salida de comunicaciones)		
	Ajuste de cero forzado con las teclas del panel frontal Selección de las entradas de control (HOLD/ZERO) mediante las teclas del panel frontal Campo de calibración	Tiempo de compensación al arranque (0,00 a 99,9 s) Tiempo de auto-cero (0,0 a 19,9 s)	
Salida	Relés: 2 SPST-NO Transistores: Colector abierto de 3 NPN Colector abierto de 3 PNP		
	Combinaciones: Salida de comunicaciones (RS-485) + salidas de relé (2 SPST-NO); Salida de comunicaciones (RS-485) + salidas de transistor (colector abierto de 3 NPN); Salida de comunicaciones (RS-485) + salidas de transistor (colector abierto de 3 PNP)		
Comunicaciones	Función de comunicaciones: RS-485		
Retardo de salidas de discriminación (salidas de transistor)	750 ms máx.		
Grado de protección	Panel frontal: NEMA4X para uso interior (equivalente a IP66) Carcasa posterior: Norma IEC IP20 Terminales: Norma IEC IP20		
Protección de memoria	Memoria no volátil (EEPROM) (es posible reescribirla 100.000 veces)		

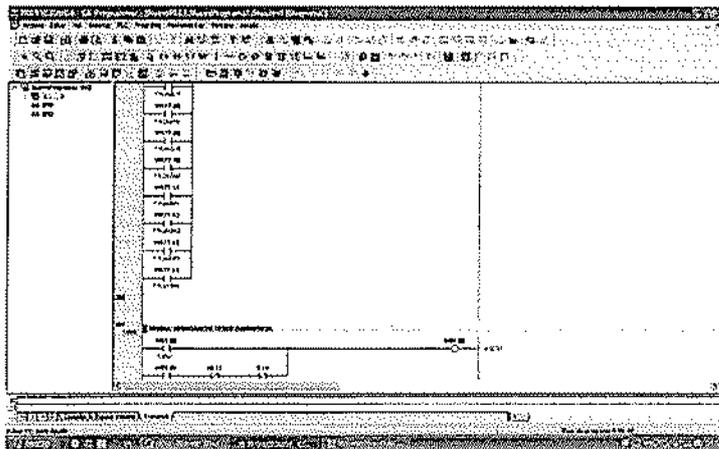
## ANEXO I.13 Software CX PROGRAMMER de programación PLC: WS02-CXPC1-EV



CX-Programmer suministra al usuario un potente entorno de configuración, desarrollo y depuración de aplicaciones, todo ello integrado en su ya clásica y eficaz interfaz visual de fácil manejo. Con el se puede programar todos los tipos de autómatas Omron, desde micro-PLCs hasta las series más potentes como CJ/CS. CX-Programmer proporciona toda la potencia de programación que se necesita, incluso para el desarrollo de sistemas muy complejos y con múltiples dispositivos.

### Nuevas características de la versión 5.0

- Incrementada la gama de PLCs soportados (Ver. 3.0 de las CPU de la serie CJ/CS e incluye la nueva CPU CJIH-CPU67H).
- Soporte para FunctionBlocks (FB) y Structured Text(ST)
- Inclusión de OMRON FB Library que aporta más de 200 FB listos para ser usados.
- Posibilidad de creación de librerías definidas por el usuario.
- Soporte para las nuevas SCU/SCB Ver. 1.2
- Soporte para la nueva área de comentarios que incluyen las CPU Ver. 3.0
- Posibilidad de filtrado de símbolos e introducción de comentarios en los Temporizadores y Contado



## ANEXO II

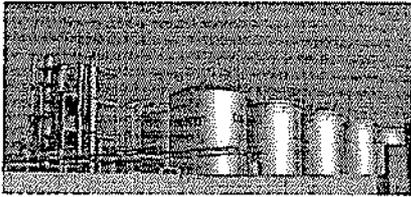
# INFORMACIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS OPERACIONALES

## **INDICE**

	Pag.
<b>ANEXO II.1 Sensor de digital nivel magnético ON-OFF.....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO II.2 Sensor analógico capacitivo de nivel.....</b>	<b>26</b>
<b>ANEXO II.3 Sensor analógico de temperatura.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO II.4 Sensor analógico de PH.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO II.5 Electroválvulas de control.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO II.6 Relés intermedios auxiliares.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO II.7 Contactores y contactos auxiliares.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO II.8 Relé térmico de sobrecarga.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO II.9 Sensor analógico de metanol.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO II.10 Sensor digital de nivel RFS .....</b>	<b>41</b>

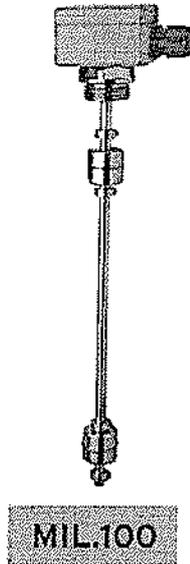
ANEXO II.1 Sensor de digital nivel magnético ON-OFF.

MESURA  
control de nivel



FUNCIONAMIENTO

Un flotador en cuyo interior se encuentra un imán permanente, desliza a través de un tubo guía siguiendo las variaciones del nivel del líquido. En el interior del tubo se encuentra un contacto tipo reed que se acciona por medio del imán del flotador.



NIVEL MAGNÉTICO  
MOD. MIL.100

- Detección puntual de líquidos
- Montaje por racor de 1" GAS
- Hasta 3 puntos por nivel
- No necesita alimentación
- Contactos libres de tensión
- Acero inoxidable AISI-316
- No necesita ajustes

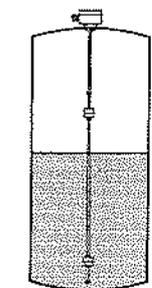
El nivel magnético MIL.100 controla, de forma puntual, el nivel en depósitos que contengan líquidos. El líquido a detectar no debe contener residuos sólidos ni partículas metálicas. Con un equipo se pueden controlar hasta 3 niveles diferentes, pudiéndose escoger contactos NC, NA o conmutados.

Todas las partes en contacto con el líquido son de acero inoxidable AISI-316. No le afectan las espumas ni los vapores. La caja es de aluminio con protección IP.65 y el conexionado se realiza en los bornes que hay en su interior.

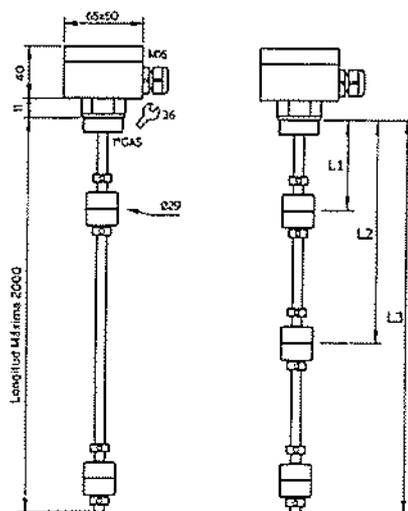
Según se necesite 1, 2 ó 3 flotadores, debe indicarse la longitud L1, L2 ó L3 que son los puntos en los que cambiarán los contactos reed cuando suba el nivel del líquido. También debe indicarse cómo se necesita que esté el contacto (NA o NC) cuando el líquido no alcance el flotador que actúa dicho contacto.

La distancia mínima entre flotadores debe ser de **50 mm**.

Con el amplificador de contactos DSMS, aumenta sensiblemente la duración de los contactos reed. Mediante relés separadores ATEX, de seguridad intrínseca, puede aplicarse en zonas con peligros de explosión. Se dispone de la versión con caja de conexionado ATEX EExia.



AMPLIFICADOR  
DSMS



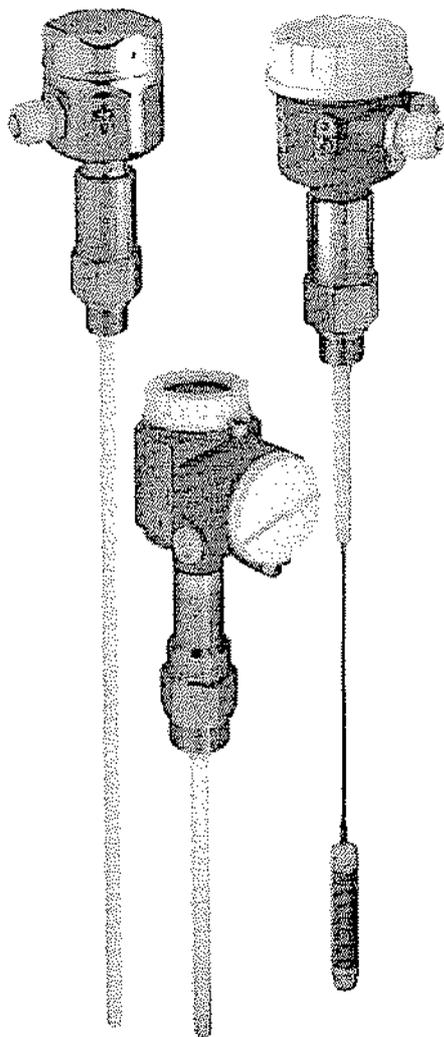
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Contacto: máx. 220 Vca 0,5 A (10 VA)
- Flotador de acero inoxidable AISI-316
- Racor de 1" GAS
- Tubo guía de 8 mm (AISI-316)
- Longitud tubo guía: máximo 2.000 mm
- Temperatura máxima: 120 °C
- Caja aluminio IP 65. Prensaestopas M16
- Distancia mín. entre flotadores: 50 mm
- Densidad del líquido: > 0,7
- Histéresis: 3 mm aproximadamente

ANEXO II.2 Sensor analógico capacitivo de nivel.

## Liquicap M FMI51, FMI52

Capacitive Level Measurement  
For continuous measurement in liquids



### Application

The Liquicap M compact transmitter is used for the continuous level measurement of liquids.

Thanks to its robust and tried-and-tested construction (self-sealing cone), the probe can be used both in vacuums and in overpressure up to 100 bar. The sealing and insulation materials used allow operating temperatures of  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  in the medium container.

The measurement is independent of the dielectric constant (DK) as of a liquid conductivity of  $100\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ . In this way, various liquids can be measured without the need for recalibration.

Used in conjunction with Fieldgate (remote measured value interrogation using Internet technology), Liquicap M provides an ideal solution for inventorying materials and optimising logistics (inventory control).

### Your benefits

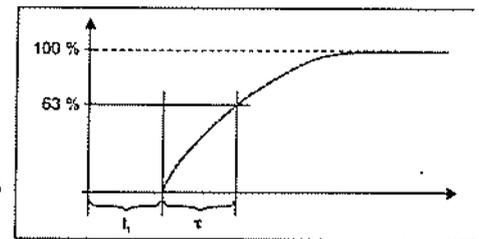
- No calibration needed for media with a conductivity as of  $100\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ . The probes leave the factory calibrated to the ordered probe length (0 %...100 %) thereby facilitating easy and rapid commissioning.
- Menu-guided local configuration via plain text display (optional)
- Universal application thanks to wide range of certificates and approvals
- Use also in safety systems requiring functional safety to SIL2 in accordance with IEC 61508
- Material in contact with the process made of corrosion-resistant material and FDA-listed materials for wetted parts
- Two-stage overvoltage protection against discharge from the container (gas discharger + protective diodes)
- Electronics can be switched for media forming build-up
- Short measured value reaction time
- No need for recalibration after replacing electronics
- Automatic self monitoring of electronics
- Monitors damage to insulation and rod breaking or rope tearing
- Suitable for interface measurement

## ANEXO II.2 Sensor analógico capacitivo de nivel.

### Performance characteristics

Reference operating conditions	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Temperature = +20 °C ±5 °C</li> <li>■ Pressure = 1013 mbar abs. ±20 mbar</li> <li>■ Humidity = 65 % ±20 %</li> <li>■ Medium = tap water (Conductivity ≥ 180 μS/cm related to the full scale value)</li> </ul>
Maximum measured error	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Linearity: 0.25 %</li> <li>■ Reproducibility: 0.1 %</li> </ul>
Influence of ambient temperature	<p>Electronic Insert &lt; 0.06 %/10 K related to the full scale value</p> <p>Separate Housing Change of capacity of the connecting cable 0,015 pF/mK</p>
Start-up settling time	<p>FEI50H 14 s (stable measured value after switch-on procedure)</p> <p>FEI57C 1.5 s (stable measured value after switch-on procedure)</p>

Measured value reaction time	FEI50H $t_i = 0.3$ s
	FEI57C $t_i = 0.3$ s
	Note! Take into account output damping of the switching unit.

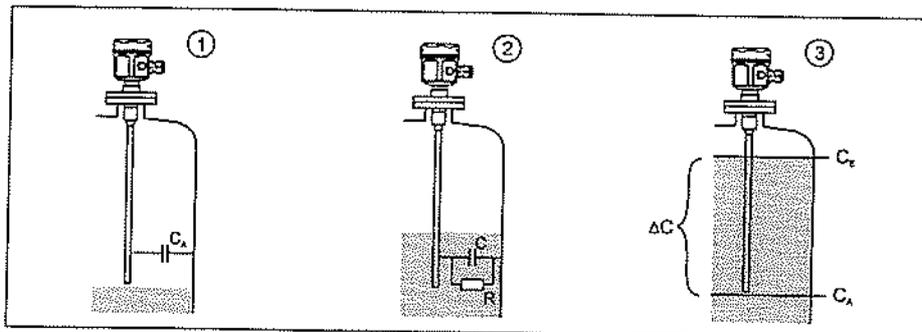


$\tau$  = Integration time  
 $t_i$  = measured value reaction time

The principle of capacitive level measurement is based on the change in capacitance of the capacitor due to the change in the level. The probe and container wall (conductive material) form an electric capacitor. When the probe is in air ①, a certain low initial capacitance is measured. When the container is filled, the capacitance of the capacitor increases the more the probe is covered ②, ③. As a conductivity of 100 μS/cm, the measurement is independent of the value for the dielectric constant (DK) of the liquid. As a result, fluctuations in the DK value do not affect the measured value display. Furthermore, the system also prevents the effect of medium build-up or condensate near the process connection for probes with an inactive length.

Note!

A ground tube is used as a counterelectrode for containers made of non-conductive materials.

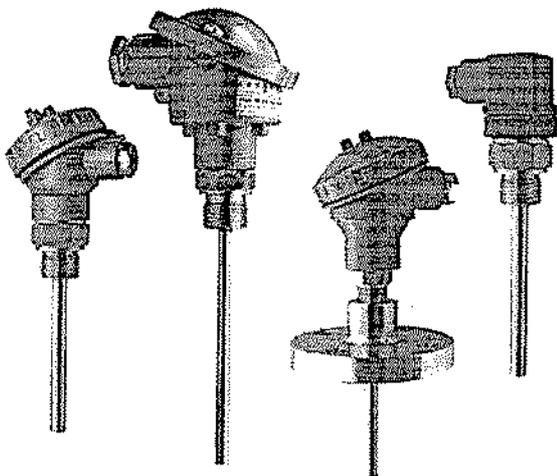
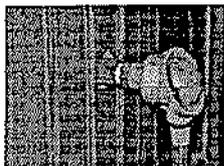


R: Conductivity of liquid  
C: Capacitance of liquid  
 $C_A$ : Initial capacitance (probe not covered)  
 $C_E$ : Final capacitance (probe covered); Change in capacitance  
 $\Delta C$ : Change in capacitance

ANEXO II.3 Sensor analógico de temperatura.



SONDA TEMPERATURA PT100



PT100

- Aplicación general
- Gran variedad de cabezales
- Convertidores 4 a 20 mA
- Racor de 1/2" GAS ó NPT
- Bridas DN, clamp, sanitaria
- Sensor de acero inoxidable

La sonda de temperatura PT100 encuentra su aplicación en multitud de instalaciones que requieran un control seguro y económico de la temperatura del proceso.

Se fabrican con sensores de distinta longitud y grosor. El conexionado se realiza en un cabezal de aluminio Din B ó en cualquiera de los modelos abajo indicados.

Las sondas Pt100 pueden ser **SIMPLES** (con 1 elemento) ó **DOBLES** (con 2 elementos independientes)

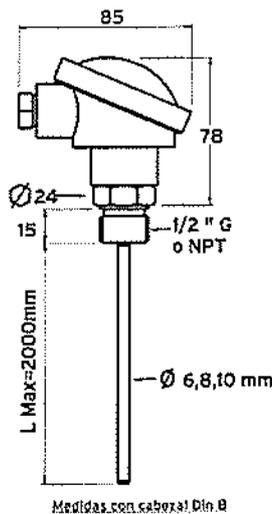
La conexión a proceso se realiza por medio de un racor de 1/2" GAS ó NPT, de acero inoxidable AISI 316 ó con cualquier tipo de brida: DIN, ANSI, sanitaria, clamp, etc.

En el cabezal puede alojarse un convertidor **4 a 20 mA** que se alimenta por 2 hilos, para aquellas aplicaciones que precisen una transmisión de la señal a distancia. Este sistema evita interferencias y errores debido a la longitud del cable de conexionado entre el sensor y el receptor, facilitando la conexión a indicadores, autómatas, ordenador, etc. Existe la versión **ATEX** con convertidor Eexia (seguridad intrínseca).

El rango de ajuste de la salida 4 a 20 mA es muy amplio y va desde -100 a 600 °C. Es imprescindible indicar el rango de temperatura deseado.

TIPOS DE CABEZALES

- DIN B** Aluminio
- BR** Aluminio, poliamida o acero inoxidable
- BBK** Poliamida
- CON** Conector DIN 43650
- BUC** Aluminio
- MINI** Aluminio
- BUCH** Aluminio

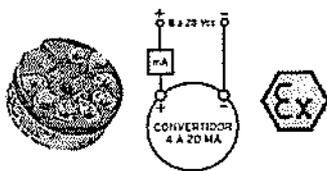


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Cabezal: Aluminio DinB, DinA, BR, BBK, BUC, MINI y conector DIN
- Sensor: Acero inoxidable AISI 316
- Racor: 1/2 "GAS ó NPT AISI 316,
- bridas DIN, ANSI, clamp, sanitaria
- Conexión 2, 3 ó 4 hilos
- Tolerancias: A, B, 1/3 y 1/10 DIN
- Sondas simples y dobles

CONVERTIDOR 4 A 20 MA

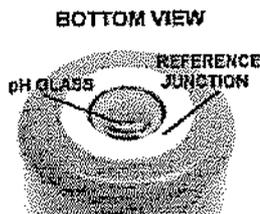
- Alimentación 2 hilos 8 a 28 Vcc
- Temp. ambiente -40° a 85°C
- Precisión 0,1 %.
- Opción ATEX ExII GEexia IIC T1..T6



ANEXO II.4 Sensor analógico de PH.



Flat-surface, Self-cleaning  
pH and ORP Electrodes



Quick Disconnect Design Saves Time and Money

Installs in Seconds, No Tools Needed

Flat Surface Design Resists Coating

CPVC or PVDF Models Available

Available with or without ATC Elements

The submersion pH and ORP electrodes from Sensorex are designed for measurements in tanks, flumes and sewer lines. Submersion designs are also well suited for applications with high suspended solids or where flocculation operations require low velocities or in tanks with high agitation. Where low velocities are present and coating is a problem, the electrode can be mounted at a 45 degree angle facing into the flow so as to obtain increased scrubbing action across the measuring surface.

The cartridge quick disconnect design makes changing electrodes a snap and minimizes down time due to electrode maintenance.

Specifications

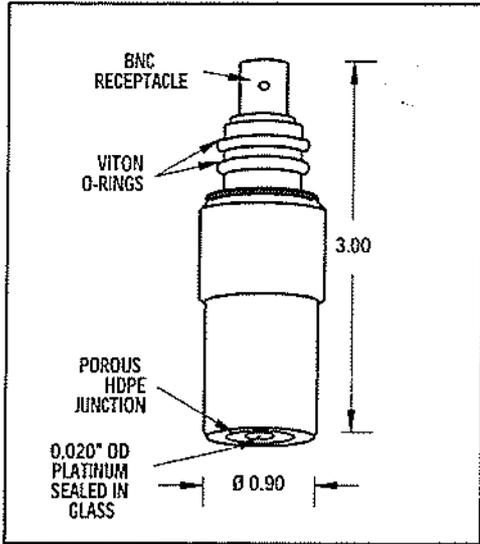
Range	: 0-14pH (0-12pH without Na+ error) +/- 2000mV for ORP
Body material	: CPVC or KYNAR
Reference material:	HDPE for CPVC, KYNAR FOR KYNAR
Max Temperature :	
75C/170F	= 100 psig
81C/180F	= 85 psig
100C/212F	= 50 psig
Pressura	:0-100 psig (7.5 Bar)
Reference Type	:Double Junction



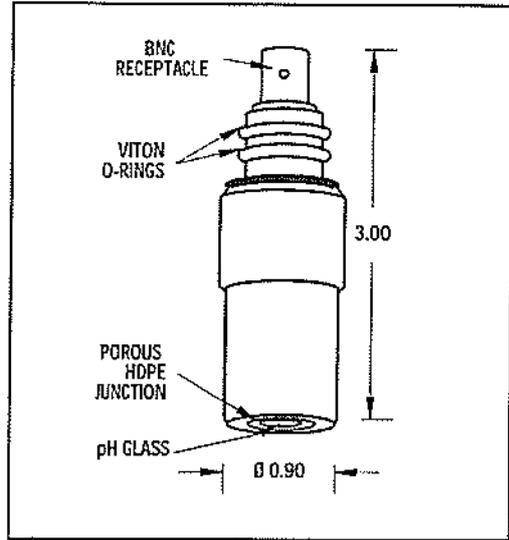
ANEXO II.4 Sensor analógico de PH.

CPVC ELECTRODES

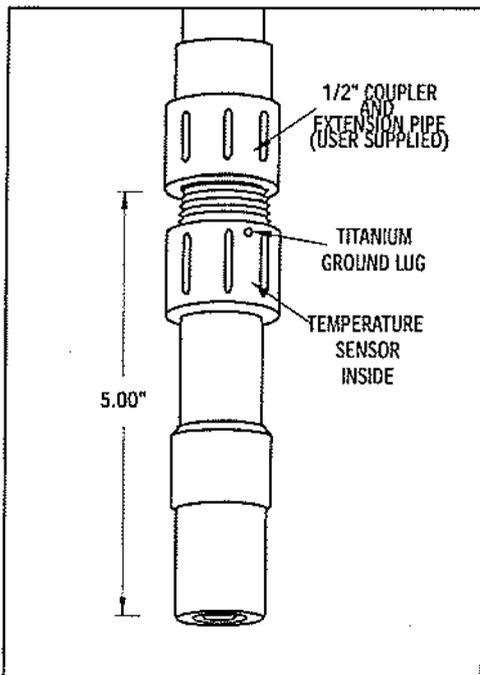
ORP



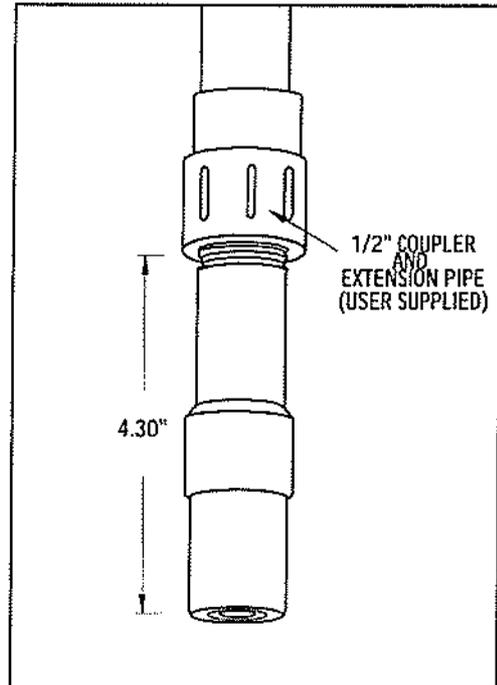
pH



CPVC CABLES WITH ATC



CPVC CABLES WITHOUT ATC



ANEXO II.5 Electroválvulas de control.



**ELECTROVÁLVULA**

normalmente cerrada  
de mando directo

1/4

**INFORMACIÓN GENERAL**

Presión diferencial Ver "Selección del material" [1 bar = 100 kPa]  
Viscosidad máx. admisible 40 cSt (mm<sup>2</sup>/s)  
Tiempo de respuesta 8 - 20 ms (con aire ΔP = 6 bar)

fluidos (*)	rango de temperatura (TS)	guarniciones (*)
agua, aire, gases neutros, aceite	-25°C a +80°C	NBR (nitrilo / buna-n)

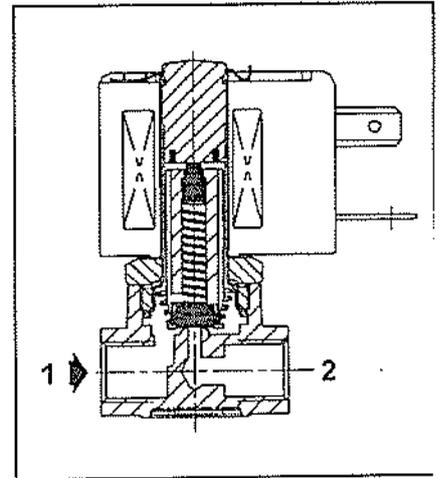
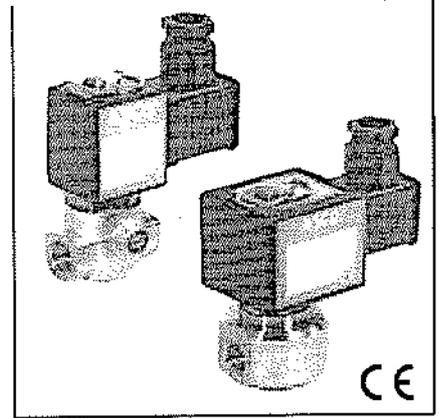
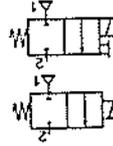
**MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO**

(\*) Comprobar la compatibilidad del fluido con los materiales en contacto

	Cuerpo de latón	Cuerpo de acero inox.
Cuerpo	Latón	AISI 316L (1.4404)
Piezas internas, resorte	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Asiento	Latón	Acero inoxidable
Guarniciones de estanquidad	NBR, FPM o EPDM	NBR, FPM o EPDM
Anillo de desfasado	Cobre	Cobre

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Clase de aislamiento de bobina F  
Conector Desenchufable (Pg 11P)  
Conformidad conector ISO 4400  
Conformidad eléctrica NF C 79-300  
Tensiones standard CC (=) : 24V  
(Otras tensiones y 60 Hz bajo demanda) CA (-) : 24V - 115V - 230V / 50 Hz



tipo de bobina	consumos nominales			rango de temperatura ambiente (TS) (°C)	construcción bobina
	inicial (VA)	mantenido (VA) (W)	caliente/frío (W)		
JMX	23	14	8	8 / 9,7	maledado IP65
CMXX-FT	55	23	10,5	9 / 11,2	

**SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Ø racordaja (G*)	Ø de paso (mm)	coeficiente de caudal Kv (m <sup>3</sup> /h) (l/min)		presión diferencial admisible (bar)						tipo de bobina (- / =)	(M)	código (- / =)		OPCIÓN		
				máxima (PS)								latón	acero inoxidable	FPM	EPDM	
				min.	aire (*)		agua (*)		aceite (*)							
1/4	2,0	0,11	1,8	0	40	15	40	15	40	15	JMX	×	SC E272A001	SC E272A031	V	E
					40	40	40	40	40	40	CMXX-FT	×	SC E272A016	SC E272A046	V	E
					40	40	40	40	40	40	CMXX-FT	●	SC E272A016 MS	SC E272A046 MS	V	E
					40	40	40	40	40	40	CMXX-FT	●	SC E272A016 MS	SC E272A046 MS	V	E
	2,7	0,22	3,6	0	30	4	30	4	30	4	JMX	×	SC E272A002	SC E272A032	V	E
					30	4	30	4	30	4	JMX	●	SC E272A002 MS	SC E272A032 MS	V	E
					40	15	40	15	40	15	CMXX-FT	×	SC E272A017	SC E272A047	V	E
					40	15	40	15	40	15	CMXX-FT	●	SC E272A017 MS	SC E272A047 MS	V	E
	3,8	0,32	5,3	0	15	2	15	2	15	2	JMX	×	SC E272A003	SC E272A033	V	E
					15	2	15	2	15	2	JMX	●	SC E272A003 MS	SC E272A033 MS	V	E
					20	8	20	8	20	8	CMXX-FT	×	SC E272A018	SC E272A048	V	E
					20	8	20	8	20	8	CMXX-FT	●	SC E272A018 MS	SC E272A048 MS	V	E
4,5	0,42	7	0	10	1,5	10	1,5	10	1,5	JMX	×	SC E272A004	SC E272A034	V	E	
				10	1,5	10	1,5	10	1,5	JMX	●	SC E272A004 MS	SC E272A034 MS	V	E	
				16	5	16	5	16	5	CMXX-FT	×	SC E272A019	SC E272A049	V	E	
				16	5	16	5	16	5	CMXX-FT	●	SC E272A019 MS	SC E272A049 MS	V	E	
5,5	0,63	10,5	0	6	1	6	1	6	1	JMX	×	SC E272A005	SC E272A035	V	E	
				6	1	6	1	6	1	JMX	●	SC E272A005 MS	SC E272A035 MS	V	E	
				10	2	10	2	10	2	CMXX-FT	×	SC E272A020	SC E272A050	V	E	
				10	2	10	2	10	2	CMXX-FT	●	SC E272A020 MS	SC E272A050 MS	V	E	

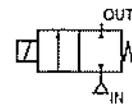
ANEXO II.5 Electroválvulas de control.



**ELECTROVÁLVULA**

normalmente cerrada, de mando directo  
para fluidos a baja presión  
3/8 a 3/4

NC



2/2  
Serie  
030

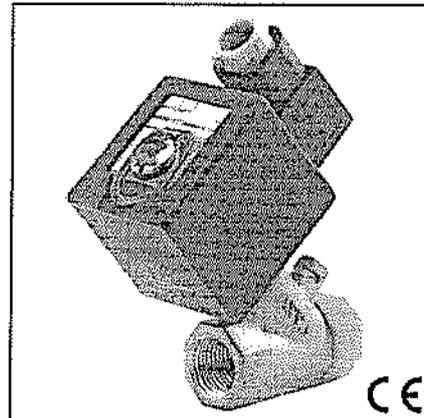
**PRESENTACIÓN**

- Electroválvula conforme a las Directivas CE aplicables
- Electroválvula para bajas presiones con cuerpo de acero inoxidable optimizado para obtener un caudal máximo
- Guarnición flexible para asegurar total estanquidad a bajas presiones
- No requiere presión mínima de funcionamiento

**INFORMACIÓN GENERAL**

Presión diferencial 0 - 1 bar [1 bar = 100 kPa]  
Tiempo de respuesta 5 - 40 ms

fluidos (*)	zona de temperatura (TS)	guarniciones (*)
aire, gases neutros, agua	-20°C a +90°C	NBR (nitrilo / buna-n)



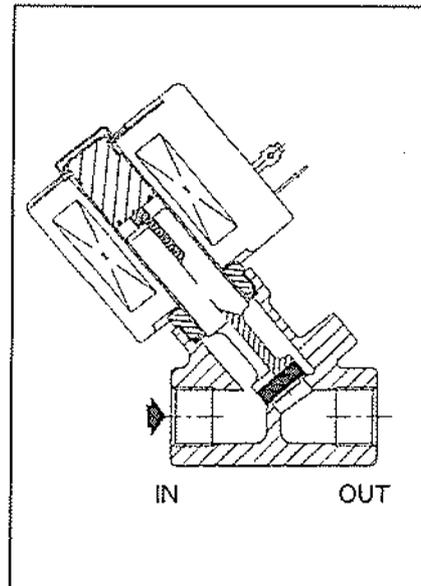
**MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO**

(\*) Comprobar la compatibilidad del fluido con los materiales en contacto

Cuerpo	AISI 303 SS
Tubo-culata	Acero inoxidable
Culata y núcleo móvil	Acero inoxidable
Resorte del núcleo	Acero inoxidable
Guarnición de estanquidad	NBR
Clapet	NBR
Asiento	Acero inoxidable
Anillo de desfasado	Cobre

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Clase de aislamiento de bobina F  
Conector Desenchufable (Pg 11P)  
Conformidad conector ISO 4400  
Conformidad eléctrica CEI 335  
Tensiones standard CC (=) : 24V  
(Otras tensiones y 60 Hz bajo demanda) CA (-) : 24V - 115V - 230V / 50 Hz



tipo de bobina	consumos nominales				zona de temperatura ambiente (TS) (°C)	protección
	inicial	mantenido		caliente/frío		
	-	-	-	=		
	(VA)	(VA)	(W)	(W)		
CM6-FT	34,0	15,6	6,0	7 / 9,7	-20 a +75	moldeado IP65
CMXX-FT	55,0	23,0	10,5	9 / 11,2	-20 a +75	moldeado IP65
CM12-FT	110	33,6	15,4	12 / 16,8	-20 a +75	moldeado IP65

**SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Ø racordaje	Ø de paso	coeficiente de caudal Kv		presión diferencial admisible (bar)				tipo de bobina		código	EN OPCIÓN				
				máxima (PS)							FPM	EPDM	CR	PTFE	
				mín.	aire (*)		agua (*)								
NPT	(mm)	(m³/h)	(l/min)		-	=	-	=	-	=					
3/8	9	1,5	25	0	0,50	0,20	0,35	0,20	CM6-FT	CM6-FT	SC B030A064	V	E	J	
3/8	9	1,5	25	0	1,00	0,25	1,00	0,25	CMXX-FT	CMXX-FT	SC B030B065	V	E	J	
1/2	11	2,4	40	0	0,30	-	0,40	-	CM6-FT	-	SC B030A066	V	E	J	
1/2	11	2,4	40	0	1,00	0,40	1,00	0,40	CM12-FT	CM12-FT	SC B030A067	V	E	J	
3/4	16	4,6	76,7	0	0,17	-	0,17	-	CMXX-FT	-	SC B030C063	V	E	J	



# ELECTROVÁLVULA

normalmente cerrada  
de mando asistido, membrana unida  
3/8 a 1 1/2

## INFORMACIÓN GENERAL

Presión diferencial	0 - 9 bar [1 bar = 100 kPa]
Viscosidad máxima	65 cSt (mm <sup>2</sup> /s)
Tiempo de respuesta	15 - 120 ms

fluidos (*)	temperatura (TS)	guarniciones (*)
aire, gases neutros, agua, aceite	-20°C a +85°C	NBR (nitrilo / buna-n)

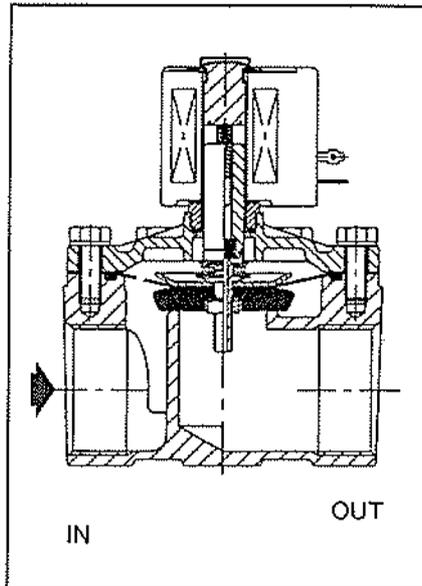
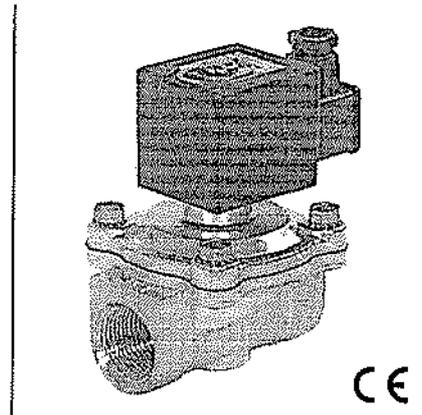
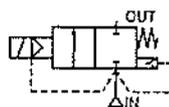
## MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO

(\*) Comprobar la compatibilidad del fluido con los materiales en contacto

Cuerpo	Latón	Acero inox., AISI 304 <sup>1)</sup>
Tubo-culata	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Culata y núcleo móvil	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Resortes	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Asiento	Latón	Acero inoxidable
Guarniciones, membranas y clapets	NBR	NBR
Anillo de desfasado	Cobre	Plata

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Clase de aislamiento de bobina	F o H
Conector	Desenchufable (Pg 11P)
Conformidad conector	ISO 4400
Conformidad eléctrica	CEI 335
Tensiones standard	CC (≅) : 24V
(Otras tensiones y 60 Hz bajo demanda)	CA (-) : 24V - 115V - 230V / 50 Hz



tipo de bobina	consumos nominales				rangos de temperatura ambiente (TS)	protección
	inicial	mantenido		caliente/frío		
	(VA)	(VA)	(W)	(W)	(°C)	
CMXX-FT	55	23,0	10,5	9 / 11,2	-20 a +75	moldeada IP65
CMXX-FB	78	35,0	16,7	-	-20 a +50	moldeada IP65
CM12-FT	110	33,6	15,4	-	-20 a +75	moldeada IP65
CM12-FB	-	-	-	16,8 / 23	-20 a +50	moldeada IP65

## SELECCIÓN DEL MATERIAL

Ø racordaje	Ø de paso	coeficiente de caudal Kv		presión diferencial admisible (bar)								tipo de bobina		código		EN OPCIÓN			
				máxima (PS)												FPM	EPDM	CR	PTFE
				alre (*)	agua (*)	aceite (*)	alre (*)	agua (*)	aceite (*)	alre (*)	agua (*)								
<b>Rp Cuerpo de latón, guarniciones y clapets NBR</b>																			
3/8	16	2,6	43	0	9	3	9	3	-	-	CMXX-FT	CMXX-FT	SC E210C093	SC E210C093	V	E	J		
1/2	16	3,4	57	0	9	3	9	3	-	-	CMXX-FT	CMXX-FT	SC E210C094	SC E210C094	V	E	J		
3/4	19	4,3	72	0	9	3	9	3	-	-	CMXX-FT	CMXX-FT	SC E210D095	SC E210D095	V	E	J		
1	25	11,1	185	0	9	6	9	6	9	6	CM12-FT	CM12-FB	SC E210B154	SC E210B154	V	E	J		
1 1/4	28	12,8	213	0	9	6	9	6	9	6	CM12-FT	CM12-FB	SC E210B155	SC E210B155	V	E	J		
1 1/2	32	19,3	322	0	9	5	9	5	9	5	CM12-FT	CM12-FB	SC E210B156	SC E210B156	V	E	J		
<b>NPT Cuerpo de acero inoxidable, guarniciones y clapets NBR</b>																			
1/2	16	3,4	57	0	9	3	9	3	9	-	CMXX-FB	CMXX-FT	SC B210C087	SC B210C087	V	E	J		
3/4	16	3,9	65	0	9	3	9	3	9	-	CMXX-FB	CMXX-FT	SC B210C088	SC B210C088	V	E	J		
1	25	9,6	160	0	9	7	9	7	9	5	CM12-FT	CM12-FB	SC B210D189	EF B210D189	V	E	J		

ANEXO II.5 Electroválvulas de control.



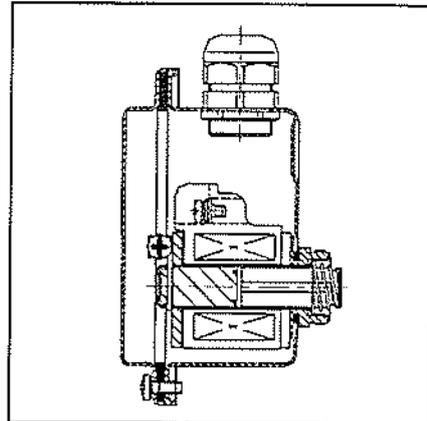
**CABEZA MAGNÉTICA**  
 para ambientes explosivos  
 seguridad aumentada/encapsulado, II 2 G/D EEx em II T6..T3 IP67  
 caja de acero o acero inoxidable



Serie  
**EM**  
**WSEM**

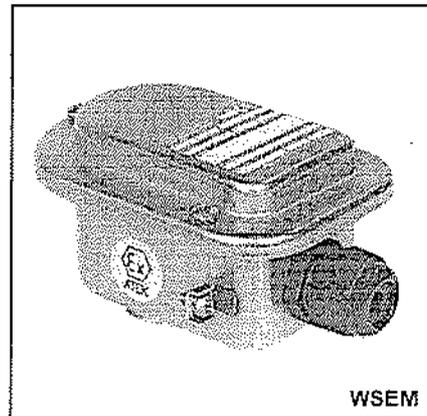
**PRESENTACIÓN**

- Cabeza magnética de seguridad aumentada/encapsulado, para ser utilizada en ambientes explosivos, según Directiva ATEX 94/9/CE
- **Certificado CE : KEMA 98 ATEX 2542**
- El respeto de las exigencias esenciales en lo relativo a seguridad y salud está asegurado por la conformidad a las normas europeas EN 50014, EN 50018, EN 50028 y EN 50281-1-1
- Conexión eléctrica cómoda mediante bornas de tornillo en la bobina
- Versión en corriente continua con protección eléctrica integrada
- La caja está equipada de un prensaestopas para cable no armado de Ø de funda de 7 a 12 mm
- Grado de protección IP67
- Cabeza magnética asociable a una gama extensa de electroválvulas y distribuidoras ASCO/JOUCOMATIC



**CONSTRUCCIÓN**

Caja cabeza magnética	EM	Acero galvanizado (revestimiento epoxy)
	WSEM	Acero inoxidable, AISI 316
Prensaestopas		Poliamida (PA), M20x1.5
Tubo, tubo-culata, núcleo móvil		Acero inoxidable
Anillo de desfasado		Cobre o plata
Placa de características		Poliéster
Conexión de la bobina		Bornas de tornillo solidarias al bobinado
Modo de protección	Ⓜ	II 2 G EEx em II T6..T3 II 2 D IP67 T 85°C a T 200°C



**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Tensiones standard CC (=): 24V  
 (Otras tensiones y 60 Hz bajo demanda) CA (-): 24V - 115V - 230V / 50 Hz

**CLASIFICACIÓN POR TEMPERATURA**

Bobinas CA (-)

Bobinas CC (=)

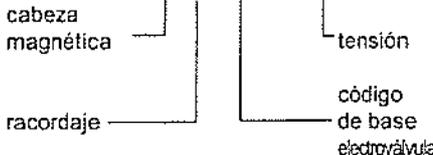
Pn (Wattios)	talla bobina			ambiente máx. °C <sup>1)</sup>			
	M6	MXX	M12	temperatura de superficie			
				T6 85°C	T5 100°C	T4 135°C	T3 200°C
clase de aislamiento F (155°C) 100 % E.D.							
1,2 <sup>2)</sup>			●	60			
1,5 <sup>2)</sup>		●		40	55		
1,9 <sup>2)</sup>		●	●	40	55	90	
3,7 <sup>2)</sup>		●	●	40	55	60	
5,8 <sup>2)</sup>		●	●		40	75	90
6,0	●						40
9,0	●						40
10,0 <sup>2)</sup>		●					40
10,5		●					40
10,8 <sup>2)</sup>		●	●			40	65
13,0 <sup>2)</sup>		●					40
13,6		●					40
16,5 <sup>2)</sup>		●					40

Pn (Wattios)	talla bobina			ambiente máx. °C <sup>1)</sup>			
	M6	MXX	M12	temperatura de superficie			
				T6 85°C	T5 100°C	T4 135°C	T3 200°C
clase de aislamiento F (155°C) 100 % E.D.							
1,3			●	60			
1,7		●		40	55		
1,8		●	●	40	55	90	
3,6		●	●	40	55	90	
5,7		●	●		40	75	90
9,7	●						40
10,7		●	●			40	65
11,0		●					40
11,2		●	●				40
12,5	●						40
14,0		●	●				40
16,8		●	●				40

**PEDIDO**

Las electroválvulas equipadas con esta cabeza magnética antideflagrante serán identificadas haciendo proceder su código del prefijo EM o WSEM.

Ejemplo: WSEM E210D095 230/50  
 EM E210D095 230/50

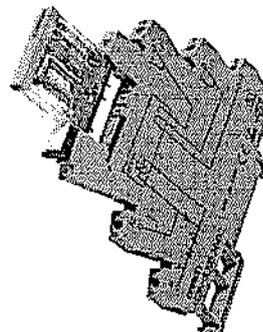


ANEXO II:6 Relés intermedios auxiliares.

# Slim Relay G2RV

## The World's First Industrial Slim Relay

- Large plug-in terminals for reliable connection.
- LED Indicator and mechanical flag to check operation.
- Transparent housing enables checking relay condition.
- Slim outline to save space.
- Push-in terminals and accessories for easy wiring.



### List of Models

Classification		Enclosure rating	Input voltage	Type of connection	Contact form
					SPDT
Plug-in terminals	General-purpose	Unsealed	AC/DC	Screw terminals	G2RV-SL700
				Push-in terminals	G2RV-SL500

### Relay and Socket Combinations

Input voltage	Screw terminals	Push-in terminals
12 VDC	G2RV-SL700-12 VDC	G2RV-SL500-12 VDC
24 VDC	G2RV-SL700-24 VDC	G2RV-SL500-24 VDC
24 VAC/DC	G2RV-SL700-24 VAC/DC	G2RV-SL500-24 VAC/DC
48 VAC/DC	G2RV-SL700-48 VAC/DC	G2RV-SL500-48 VAC/DC
110 VAC	G2RV-SL700-110 VAC	G2RV-SL500-110 VAC
230 VAC	G2RV-SL700-230 VAC	G2RV-SL500-230 VAC

### Characteristics

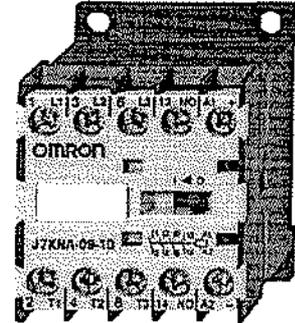
Item	1 pole
Contact resistance	100 mΩ max.
Operate (set) time	20 ms max.
Release time	40 ms max.
Max. operating frequency	Mechanical: 18,000 operations/hr Electrical: 1,800 operations/hr (under rated load)
Insulation resistance	1,000 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	4,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between coil and contacts*; 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of same polarity
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 to 10 Hz, 0.50 mm single amplitude (1.0 mm double amplitude) Malfunction: 10 to 55 to 10 Hz, 0.50 mm single amplitude (1.0 mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> Malfunction: 200 m/s <sup>2</sup> when energized; 100 m/s <sup>2</sup> when not energized
Endurance	Mechanical: 5,000,000 operations min. Electrical : 100,000 Typical; NO 70,000 operations min. ; NC 50,000 operations min.
Ambient temperature	Operating: -40°C to 55°C (with no icing or condensation)
Ambient humidity	Operating: 5% to 85%
Weight	Approx. 35 g
Overvoltage category	III
Pollution degree	2
Contact material	AgSnIn
Creepage distance	7.0 mm
Clearance distance	5.5 mm

ANEXO II.7 Contactores y contactos auxiliares.

# Minicontadores J7KNA

## Contactor principal

- Accionado por c.a. y c.c.
- Contactos auxiliares integrados
- Montaje por tornillos o en carril DIN de 35 mm
- Disponible en 4 y 5.5 kW (AC 3, 380/415 V)
- Versión con 4 polos principales (bobina de 4 kW a.c. y c.c.)
- Contactos auxiliares adecuados para dispositivos electrónicos (DIN 19240)
- Protección de dedos (VBG 4)



## Accesorios

- Contactos auxiliares adicionales de 2 y 4 polos en distintas configuraciones
- Enclavamiento mecánico (sólo en la combinación de contactores inversores)
- Supresores de RC

## Tabla de selección

### Composición de la referencia

#### 1. Minicontadores

J7KNA-□□-□□ □□□□  
1 2 3 4

- 1) Minicontactor
- 2) Corriente nominal de motor (AC3 400 V)  
09: 9A  
12: 12A
- 3) Contacto auxiliar integrado  
10: 1 NA 0 NC  
01: 0 NA 1 NC  
4: 4 polos principales (sin contactos auxiliares)
- 4) W: Contactor de inversión
- 5) Tensión de bobina (accionado por c.a.)<sup>1)</sup>  
24: 24 V c.a. 50/60 Hz  
48: 48 V c.a. 50 Hz  
60: 60 V c.a. 50 Hz  
110: 110-115 V c.a. 50 Hz, 120-125 V c.a. 60 Hz  
230: 220-230 V c.a. 50 Hz, 240 V c.a. 60 Hz  
240: 230 V-240 V c.a. 50 Hz  
400: 380-400 V c.a. 50 Hz, 440 V c.a. 60 Hz

415: 400-415 V c.a. 50 Hz

Tensión de bobina (accionado por c.c.)

- 24D: 24 V c.c.
- 48D: 48 V c.c.
- 60D: 60 V c.c.
- 110D: 110 V c.c.
- 24VS: 24 V c.c. con diodo
- 48VS: 48 V c.c. con diodo
- 110VS: 110 V c.c. con diodo

#### 2. Aux. Módulos de contactos para minicontadores

J73KN-□□□□  
1 2 3

- 1) Módulos de contactos auxiliares
- 2) AM: para minicontactor
- 3) Combinación de contactos NA/NC  
11: 1 NA 1 NC  
02: 0 NA 2 NC  
22: 2 NA 2 NC  
40: 4 NA 0 NC
- 4) para contactores inversores  
v: izquierda  
x: derecha

<sup>1)</sup> Módulo supresor RC

ANEXO II.7 Contactores y contactos auxiliares.

■ Características y datos de ingeniería

Minicontactores

Datos según IEC 947-4-1, VDE 0660, EN 60947-4-1

Contactos principales		Tipo	J7KNA-09-...	J7KNA-12-...
Tensión de aislamiento nominal $U_i$		V c.a.	690 <sup>1)</sup>	690 <sup>1)</sup>
Capacidad de cierre $I_{cl}$	en $U_0 = 690V$ c.a.	A	165	165
Capacidad de corte $I_{cc}$	400V c.a.	A	100	100
$\cos \varphi = 0,65$	500V c.a.	A	90	90
	690V c.a.	A	80	80
<b>Categorías de utilización AC2 y AC3</b>				
<b>Comutación de motores trifásicos</b>				
Corriente nominal de servicio $I_n$	abierto y cerrado	220V	A 12	15
		230V	A 11,5	14,5
		240V	A 11	14
		380-400V	A 9	12
		415-440V	A 8	11
		500V	A 7	9
		660-690V	A 5	6,5
Potencia nominal de servicio de motores trifásicos 50-60 Hz		220-240V	kW 3	4
		380-440V	kW 4	5,5
		500-690V	kW 4	5,5

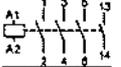
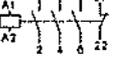
Accionado por solenoide de c.c.

	Valores nominales AC2, AC3			Corriente nominal AC3 AC1		Contactos auxiliares		Tipo	Embalaje	Peso	
	380 V 400 V 415 V kW	500 V 690 V kW	660 V 690 V kW	400 V A	690 V A	NA	NC				
	3 polos, con terminales de tornillo										
	4	4	4	9	20	1	-	J7TKN-A	J7KNA-09-10-□□□□D(-VS)	10	0,19
	5,5	5,5	5,5	12	20	1	-	J7TKN-A	J7KNA-12-10-□□□□D(-VS)	10	0,19
	4	4	4	9	20	-	1	J7TKN-A	J7KNA-09-01-□□□□D(-VS)	10	0,19
	5,5	5,5	5,5	12	20	-	1	J7TKN-A	J7KNA-12-01-□□□□D(-VS)	10	0,19

\*1) con supresor de bobina incorporado (diodo Zener)

\*2) con supresor de bobina incorporado (varistores)

Accionado por solenoide de c.c.

Diagramas de cableado	Número identificativo según DIN EN 50012	Bloques de contactos auxiliares		Contactos con bloque de contactos auxiliares		Contactos adecuados para circuitos electrónicos según la norma DIN 19240 para tensiones nominales de 24 V c.c. (valores de prueba 17 V c.c., 5 mA) Contactos de guía forzada	
		Tipo	NA	NC	Número identificativo según DIN EN 50012		NA
3 polos, con terminales de tornillo							
	10	J73KN-AM-11	1	1	21	1	
		J73KN-AM-02	0	2	12	1	2
		J73KN-AM-22	2	2	32	3	2
	01	J73KN-A-11	1	1	-	1	2
		J73KN-A-02	0	2	-	0	3
		J73KN-A-40	4	0	-	4	1
		J73KN-A-22	2	2	-	2	3

ANEXO II.8 Relé térmico de sobrecarga.

Relé térmico de sobrecarga

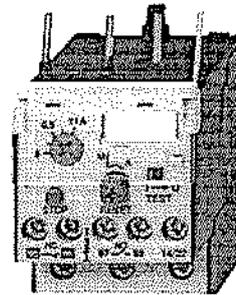
# J7TKN

**Relé térmico de sobrecarga**

- Montaje directo e independiente
- Sensibilidad monofásica según IEC 947-4-1
- Protección de dedos (VBG 4)

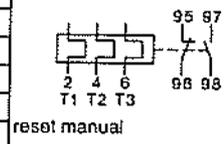
**Accesorios**

- Juegos de barras colectoras
- Accesorio para montaje independiente



**Relés térmicos de sobrecarga para montaje enchufable**

	Rango de ajuste		Tipo	Embalaje piezas	Peso kg/ pieza
	D.O.L. (A)	Estrella triángulo (A)			
Para contactores J7KNA-09..., J7KNA-12..., J7KN-10... a J7KN-22...					
	0,12 - 0,18	-	J7TKN-A-E18	1	0,10
	0,18 - 0,27	-	J7TKN-A-E27	1	0,10
	0,27 - 0,4	-	J7TKN-A-E4	1	0,10
	0,4 - 0,6	-	J7TKN-A-E6	1	0,10
	0,6 - 0,9	-	J7TKN-A-E9	1	0,10
	0,8 - 1,2	-	J7TKN-A-1E2	1	0,10
	1,2 - 1,8	-	J7TKN-A-1E8	1	0,10
	1,8 - 2,7	-	J7TKN-A-2E7	1	0,10
	2,7 - 4	-	J7TKN-A-4	1	0,10
	4 - 6	7 - 10,5	J7TKN-A-6	1	0,10
	6 - 9	10,5 - 15,5	J7TKN-A-9	1	0,10
	8 - 11	14 - 19	J7TKN-A-11	1	0,10
	10 - 14	18 - 24	J7TKN-A-14	1	0,10
	13 - 18	23 - 31	J7TKN-A-18	1	0,10
	17 - 23	30 - 40	J7TKN-A-23	1	0,10
22 - 30	38 - 52	J7TKN-A-30	1	0,10	



**Relés térmicos de sobrecarga**

Datos según IEC 947-4-1, IEC 947-5-1, VDE 0660, EN 60947-4-1, EN 60947-5-1

Tipo	J7TKN-A	J7TKN-B	J7TKN-C	J7TKN-D	J7TKN-E	J7TKN-F
Tensión nominal de aislamiento U <sub>i</sub> <sup>1</sup>	V~	690	690	690	690	750
Temperatura ambiente permisible						
operación	abierto	°C				
almacenamiento		°C				
Clase de disparo según IEC 947-4-1	10A	10A	10A	10A	20	20
Sección del cable						
conector principal	sólido o tranzado	mm <sup>2</sup>	0,75-6 + 0,75-2,5 <sup>2</sup>	0,75-6	0,75-10	4-35 <sup>2</sup>
	flexible	mm <sup>2</sup>	0,75-4 + 0,5-2,5 <sup>2</sup>	1-4	0,75-6	6-25 <sup>2</sup>
	flexible con terminal	mm <sup>2</sup>	0,5-2,5 + 0,5-1,5	0,75-4	0,75-6	4-25
Cables por borna	número		1+1	2	2	1
conector auxiliar	sólido	mm <sup>2</sup>				0,75-2,5 <sup>2</sup>
	flexible	mm <sup>2</sup>				0,5-2,5 <sup>2</sup>
	flexible con terminal	mm <sup>2</sup>				0,5-1,5

ANEXO II.8 Relé térmico de sobrecarga.

Especificaciones

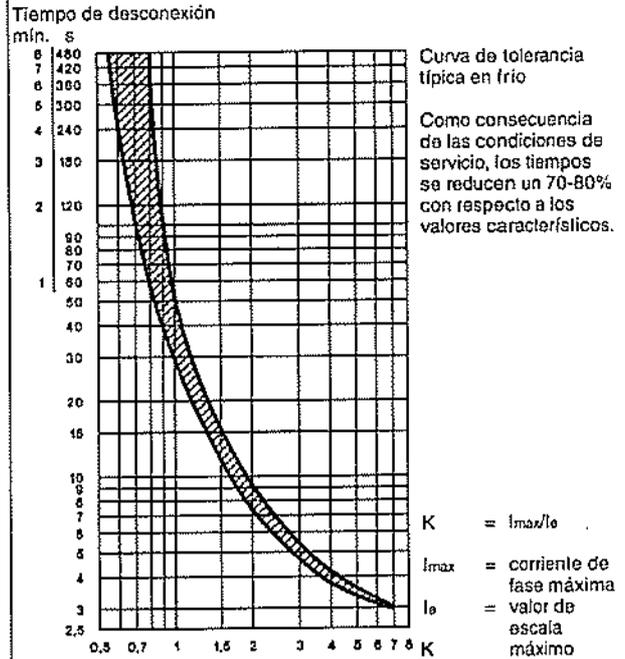
■ Características y datos de ingeniería

Relés térmicos de sobrecarga, tiempos de disparo para selección para motores de grado de protección EEx e

Relés con característica de disparo estándar

Rango de ajuste		El tiempo de disparo depende del múltiplo del ajuste de corriente en frío (tolerancia $\pm 20\%$ del tiempo de disparo).					
A	A	$I_A/I_N$	$I_A/I_N$	$I_A/I_N$	$I_A/I_N$	$I_A/I_N$	$I_A/I_N$
J7TKN-A-...		3	4	5	6	7,2	8
0,12 - 0,18		18,5	10,4	7,2	5,5	4,3	3,6
0,18 - 0,27		16,7	9,8	6,5	5	4,1	3,5
0,27 - 0,4		19,4	12,1	8,2	5,9	4,9	4,2
0,4 - 0,6		18,7	11,2	8	6	4,9	4,1
0,6 - 0,9		19,7	11,6	8,1	6,1	4,9	4,2
0,8 - 1,2		22,9	13,6	10	7,3	6	5,2
1,2 - 1,8		22,2	13,2	9,2	7,6	5,8	5,3
1,8 - 2,7		23	13,7	9,3	7,6	5,7	5,1
2,7 - 4		24	14,4	9,9	7,8	5,9	5,1
4 - 6		24,7	13,8	9,9	7,3	5,6	4,8
6 - 9		22	13,4	8	5,7	4,1	3,5
8 - 11		17,4	9,2	5,9	4,1	2,9	2,3
10 - 14		26,4	12,9	7,6	5,2	3,5	2,8
13 - 18		14,7	7,7	4,8	3,2	2,3	1,7
17 - 23		16,2	8,4	5	3,6	2,4	1,8
22 - 30		16,8	8,5	5	3,6	2,3	1,9
J7TKN-C-42		s	s	s	s	s	s
28 - 42		25,2	13,3	8	5,5	4	3,1
J7TKN-D-...		s	s	s	s	s	s
40 - 52		18,3	9,2	5,6	3,9	2,8	2,2
52 - 65		17,8	8,7	5,2	3,4	2,5	1,9
60 - 74		19,5	13,5	11	10	9,5	8,5
J7TKN-E-...		s	s	s	s	s	s
60 - 90		19,5	13,5	11	10	9,5	8,5
80 - 120		18	11	10	9	8,5	8
J7TKN-F-...		s	s	s	s	s	s
100 - 150		34	26	24	20,5	19	18
140 - 210		30	24	21	18,5	17	16

con carga de dos polos



Quando seleccione una sobrecarga estándar, consulte la curva de disparo. Determine los valores de la relación de corriente de arranque  $I_A/I_N$  y el tiempo  $t_E$  que está marcado en la etiqueta del motor. La sobrecarga debe desconectarse en el tiempo  $t_E$ , lo que significa que la curva de disparo en frío debe estar (20% debido a la tolerancia) debajo del punto de coordinación  $I_A/I_N$  y el tiempo  $t_E$ .

$I_A$  = Corriente de arranque de motor

$I_N$  = Corriente nominal de motor

$t_E$  =  $t_E$  tiempo de motor

ANEXO II.9 Sensor analógico de metanol.



Certificación  
**ISO 9001**

tel 001-281-367-4100  
fax 001-281-292-2860  
www.detcon.com • sales@detcon.com

# Detcon UniTox™

## Sensor de Metanol

Celda Electroquímica

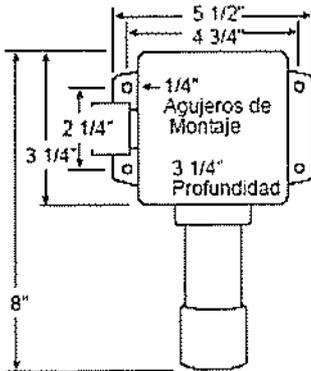
### Modelo DM-200-CH3OH

(realice el pedido con el número de parte 962-12EE00-100)

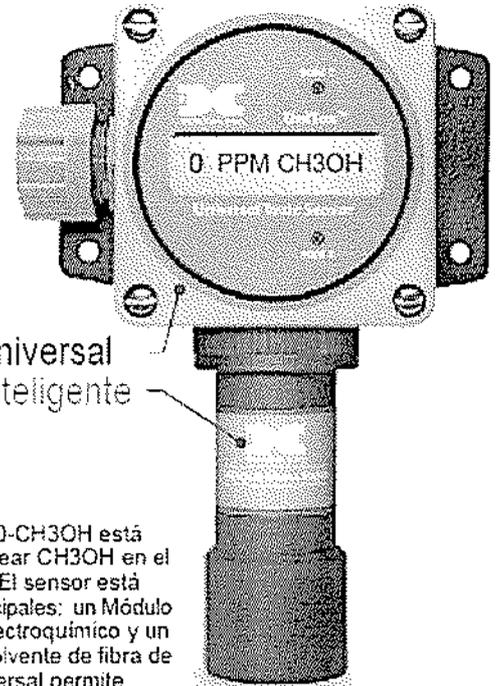
#### ESPECIFICACIONES

- Tipo de Sensor**  
Celda Electroquímica
- Rango de Medición**  
0-100 ppm Metanol  
Disponible en otros rangos
- Habilidad de Repetición**  
±2% Escala Total
- Tiempo de Respuesta / Despeje**  
T90 <140 segundos
- Corrimiento del Span**  
<5% señal perdida por año
- Rango de Temperatura de Operación**  
Sensor: -20°C a +50°C, -4°F a +122°F  
Transmisor: -20°C a +55°C, -4°F a +131°F
- Rango de Humedad de Operación**  
15-90% HR sin condensación
- Salida**  
Lineal 4-20 mA CD
- Voltaje de Entrada**  
11.5-30 VCD  
2 cables de lazo de alimentación
- Consumo de Potencia**  
<1/2 watts @ 24 VCD
- Clasificación Eléctrica**  
NEMA 4X Clase 1, División 1, Grupos A, B, C, D
- Vida del Sensor / Garantía**  
Sensor: 2 años de garantía  
Transmisor: 2 años de garantía

#### DIMENSIONES



www.detcon.com



Módulo Transmisor Universal  
con Módulo Sensor Inteligente  
Salida Estándar 4-20 mA

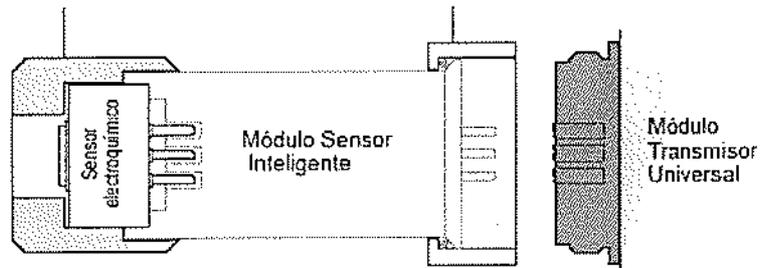
#### DESCRIPCIÓN

El sensor Detcon Modelo DM-200-CH3OH está diseñado para detectar y monitorear CH3OH en el aire en un rango de 0-100 ppm. El sensor está constituido por dos elementos principales: un Módulo Inteligente que aloja el sensor electroquímico y un transmisor universal en una envolvente de fibra de vidrio moldeada. Su diseño universal permite completa intercambiabilidad con cualquier Módulo Sensor Inteligente resultando reducidos los costos de mantenimiento.

- Diseño Intrínsecamente Seguro
- Encapsulado a prueba de intemperie NEMA 4X
- CSA/NRTL (US OSHA Certificado), Cenelec(Pendiente): Clase 1, Div. 1, Grupos A, B, C & D
- 2 cables de lazo de alimentación
- Módulo de Sensor Inteligente cambiabile en campo y fácil de conectar
- Módulo Transmisor Universal se adapta a cualquier Módulo Sensor Inteligente
- Módulos disponibles para hasta 40 distintos tipos de gas
- Sensor electroquímico con enchufe reemplazable en campo
- No intrusivo y cuenta con una simple interfase en el menú
- Diagnóstico incorporado al sistema

Cubierta contra lluvia removible  
para reemplazar al sensor

Collar con rosca para el intercambio  
del Módulo Sensor Inteligente



R110-01

## ANEXO II.10 Sensor de nivel digital RFS-11A

### FUNCIONAMIENTO

Un flotador cilíndrico se desplaza verticalmente siguiendo el nivel del líquido. En su interior se encuentra un imán permanente que hace actuar un contacto reed situado en la parte fija.



- Económico
- Montaje lateral
- Distintos líquidos
- Totalmente en acero inoxidable
- Racor de 1/8" GAS

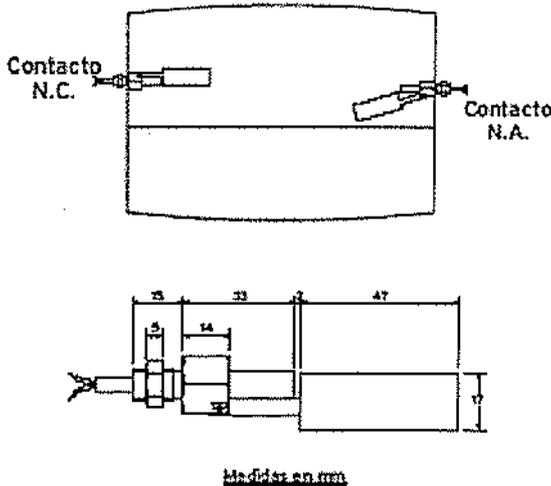
RFS-11A

El nivel magnético RFS-11A se monta de forma lateral desde el interior del depósito mediante una tuerca. Su construcción totalmente en acero inoxidable AISI-304 lo hace idóneo para gran cantidad de líquidos.

El líquido a controlar no debe contener residuos sólidos ni partículas metálicas.

Es muy importante respetar la potencia máxima de conmutación del contacto.

Disponemos de amplificadores que aumentan sensiblemente la capacidad de los contactos reed, alargando su vida de forma considerable.



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Material: Acero inoxidable AISI-304
- Contacto máximo: 250 Vca / 300 Vcc
- Intensidad máxima: 0,5 A
- Potencia máxima: 15 VA
- Presión máxima: 5 bar
- Temperatura: -40 °C a 120 °C
- Densidad líquido: > 0,7
- Montaje con tuerca de 1/8" GAS

## ANEXO III

# INFORMACIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN Y MANDO

**INDICE**

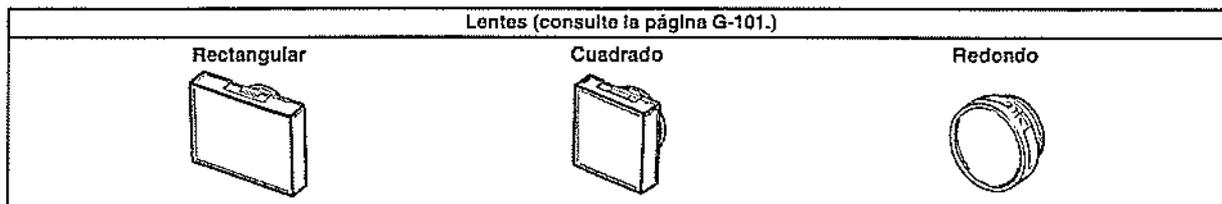
	Pag.
<b>ANEXO III.1 Lámparas de señalización.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO III.2 Pulsadores de marcha y parada.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO III.3 Pulsador seta de emergencia.....</b>	<b>47</b>

## ANEXO III.1 Lámparas de señalización

### ■ Lista de modelos

#### Pedido por separado

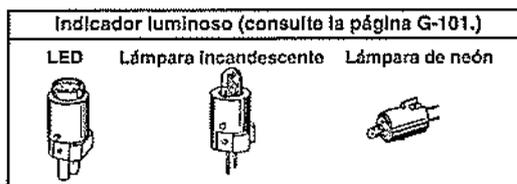
Las lentes, carcasas, indicadores luminosos y zócalos pueden pedirse por separado. Las combinaciones que no se comercialicen como conjuntos pueden crearse combinando piezas individuales. Asimismo, se pueden almacenar las piezas como repuestos para mantenimiento y reparaciones.



Nota: Utilice lentes IP40 en combinación con zócalos IP40, y lentes IP65 en combinación con zócalos IP65.



Modelos con iluminación



### ANEXO III.1 Lámparas de señalización

#### Lentes

Para modelos con LED

Sellado Aspecto	IP40			Resistente a aceites IP65		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Color de la lente						
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A165L-JR	A165L-AR	A165L-TR
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A165L-JY	A165L-AY	A165L-TY
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A165L-JPY	A165L-APY	A165L-TPY
Verde	A16L-JGY	A16L-AGY	A16L-TGY	A165L-JGY	A165L-AGY	A165L-TGY
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A165L-JW	A165L-AW	A165L-TW
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A165L-JA	A165L-AA	A165L-TA

Lámparas incandescentes (con la excepción del verde, las unidades son las mismas que para LED).

Sellado Aspecto	IP40			Resistente a aceites IP65		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Color de la lente						
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A165L-JR	A165L-AR	A165L-TR
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A165L-JY	A165L-AY	A165L-TY
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A165L-JPY	A165L-APY	A165L-TPY
Verde	A16L-JG	A16L-AG	A16L-TG	A165L-JG	A165L-AG	A165L-TG
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A165L-JW	A165L-AW	A165L-TW
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A165L-JA	A165L-AA	A165L-TA

Lámparas de neón

Sellado Aspecto	IP40			Resistente a aceites IP65		
	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 	Rectangular 	Cuadrado 	Redondo 
Color de la lente						
Rojo	A16L-JRN	A16L-ARN	A16L-TRN	A165L-JRN	A165L-ARN	A165L-TRN
Verde	A16L-JGN	A16L-AGN	A16L-TGN	A165L-JGN	A165L-AGN	A165L-TGN
Blanco	A16L-JWN	A16L-AWN	A16L-TWN	A165L-JWN	A165L-AWN	A165L-TWN

#### LED

	Color	Tensión de funcionamiento		
		5 Vc.c.	12 Vc.c.	24 Vc.c.
	Rojo	A16-5DSR	A16-12DSR	A16-24DSR
	Amarillo	A16-5DSY	A16-12DSY	A16-24DSY
	Verde	A16-5DSG	A16-12DSG	A16-24DSG
	Blanco (ver nota).	A16-5DSW	A16-12DSW	A16-24DSW
	Azul	A16-5DA	A16-12DA	A16-24DA

Nota: Utilice el LED blanco si el color de iluminación requerido es blanco o ámbar.

Lámpara incandescente

	Tensión de funcionamiento	5 Vc.a./Vc.c.	12 Vc.a./Vc.c.	24 Vc.a./Vc.c.
	Modelo		A16-5	A16-12

## ANEXO III.2 Pulsadores de marcha y parada

### Terminal sin tornillo

Elemento	Terminal sin tornillo				
Medidas de cables recomendados	cable multifilar de 0,5 mm <sup>2</sup> o cable unifilar de 0,8 mm de diámetro				
Cables utilizables y resistencia a la tracción	Cable multifilar	0,3 mm <sup>2</sup>	0,5 mm <sup>2</sup>	0,75 mm <sup>2</sup>	1,25 mm <sup>2</sup>
	Cable unifilar	0,5 mm diám.	0,8 mm diám.	1,0 mm diám.	---
Resistencia a la tracción		10 N	20 N	30 N	40 N
Longitud de cable expuesto	10 ± 1 mm				

### Dimensiones

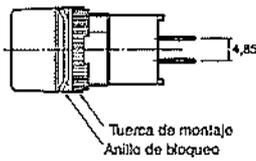
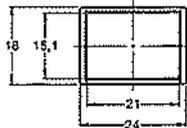
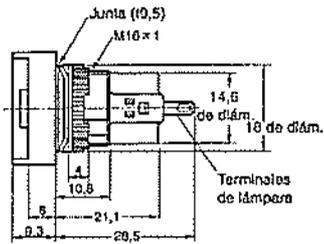
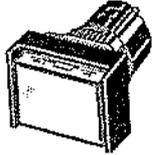
Nota: 1. Todas las dimensiones se expresan en milímetros, a menos que se especifique lo contrario.

2. Consulte información detallada acerca de las dimensiones de sección del panel en la página G-105.

#### Rectangular

##### M16-J

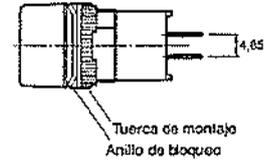
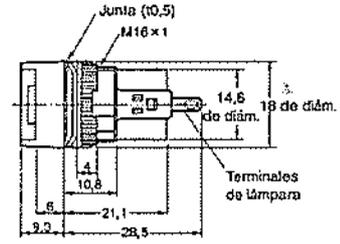
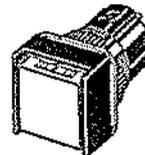
Terminales para soldar



#### Cuadrado

##### M16-A

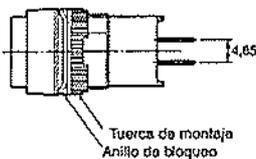
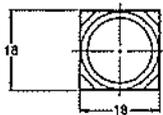
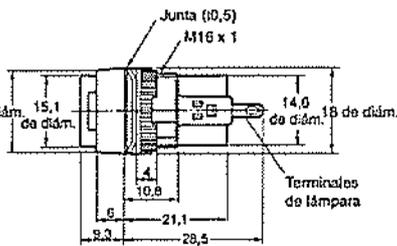
Terminales para soldar



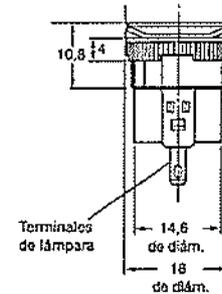
#### Redondo

##### M16-T

Terminales para soldar



#### Dimensiones de los taladros de terminales

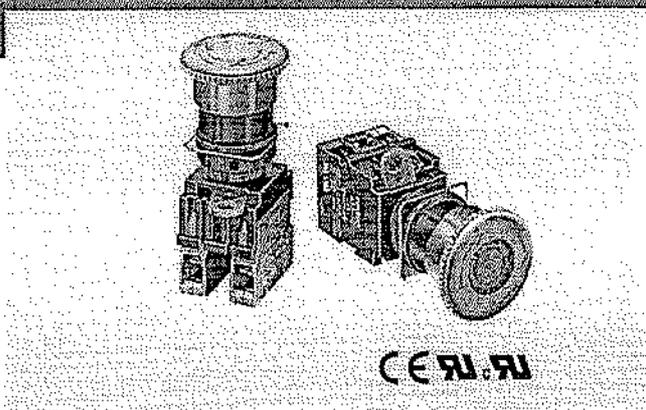


ANEXO III.3 Pulsador seta de emergencia

# Emergency Stop Switch A22E

Install in 22-dia. or 25-dia.  
Panel Cutout

- Direct opening mechanism with minimum contact separation of 3 mm in accordance with EN60947-5-1, ⊕. (only for NC contacts)
- Safety lock mechanism prevents misuse. (No tampering – in accordance with EN 418)
- Easy mounting and removal of Switch Blocks using an incorporated lever.
- Finger protection mechanism on Switch Unit provided as a standard feature.
- Install using either round, forked crimp terminals, or ferrules.



Sealing capability and size	IP65 oil-resistant models		
	Small (30 dia.)	Medium (40 dia.)	Large (60 dia.)
Push-pull	---	A22E-MP 	A22E-LP 
Push-lock, Turn-reset	A22E-S 	A22E-M 	A22E-L 
Push-lock, key-reset	A22E-SK 	A22E-MK 	---

Lighted

Sealing capability and size	IP65
	Medium (40 dia.)
Push-lock, Turn-reset	A22EL-M 

Lamp  
LED

Rated voltage	6 VDC	6 VAC	12 VAC/VDC	24 VAC/VDC	Super-bright 24 VAC/VDC
LED light 					
Red	A22-6DR	A22-6AR	A22-12AR	A22-24AR	A22-24ASR

**ANEXO III.3 Pulsador seta de emergencia**

Item	Appearance	Classification	Model	Remarks	
Switch Blocks		SPST-NO	A22-10	Provided as standard. Order Switch Blocks only when adding or replacing them.	
		SPST-NC	A22-01		
Lamp Sockets		Direct lighting	A22-TN	Used when changing the lighting method.	
		Voltage-reduction lighting	110 VAC		A22-T1
			220 VAC	A22-T2	
Mounting Latches		For momentary-action models	A22-3200	Provided as standard. Order Mounting Latches only when mounting Switch Blocks or Lamp Sockets that are purchased individually.	
		For alternate-action models	A22-3210		
Lock Ring		Rounded shape	A22Z-3350	The body is equipped with a Lock Fitting. This Lock Fitting is used when a more secure lock feature is required.	
Hole Plug		Round	A22Z-3530	Can be plugged into pre-cut panel holes for future expansion. The color is black.	
Control Boxes (Enclosures)		One hole	A22Z-B101	Material: Polycarbonate resin	
		One hole, yellow box (for emergency stop)	A22Z-B101Y		
		Two holes	A22Z-B102		
		Three holes	A22Z-B103		
Connectors		Applicable cable diameter (mm)	7 to 9 dia.	A22Z-3500-1	Plastic connector used to extend a cable from the Switch Box.
			9 to 11 dia.	A22Z-3500-2	
25-dia. Ring		---	A22Z-R25	Can be fit into a 25-dia. hole in the panel. Since this is not attached to the main body, order separately.	
Legend Plates for Emergency Stop		60-dia. black letters on yellow back-ground	A22Z-3466-1	"EMERGENCY STOP" is indicated on the plate.	
		90-dia. black letters on yellow back-ground	A22Z-3476-1		
Lamp Extractor		---	A22Z-3901	Rubber tool used to replace Lamps easily	
Tightening Tool		---	A22Z-3905	Tool used to tighten nuts from the back of the panel	
Lock Plate		---	A22Z-3380	Use to fix the lever on the Switch.	

## ANEXO IV

# INFORMACIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA

*Julio Terrón Gutiérrez*

**INDICE**

	Pag.
<b>ANEXO IV.1 : Interruptor de protección diferencial.....</b>	51
<b>ANEXO IV.2 : Interruptor magnetotérmico.....</b>	52
<b>ANEXO IV.3 : Base enchufe con interruptor alimentación cuadro general.....</b>	53
<b>ANEXO IV.4 : Transformador de aislamiento.....</b>	54
<b>ANEXO IV.5 : Fuente alimentación general del cuadro 24 Vcc.....</b>	56
<b>ANEXO IV.6 : Armario de control.....</b>	57
<b>ANEXO IV.7 : Tubos de protección y accesorios.....</b>	58
<b>ANEXO IV.8 : Cables para la instrumentación.....</b>	60

ANEXO IV.1 : Interruptor de protección diferencial.



Protección diferencial

Interruptor automático diferencial

¡DPN Vigi

UNE EN 61009. Curva C 4500 / 30 y 300 mA instantáneos



Funciones

Principales aplicaciones

El interruptor automático diferencial monobloque ¡DPN Vigi! efectúa la protección completa de los circuitos de distribución terminal (sobrecorrientes y defectos de aislamiento), con una anchura de tan sólo 36 mm:

- Protección de personas contra los contactos indirectos (30 o 300 mA).
- Protección de las instalaciones contra el riesgo de incendio (300 mA).
- Protección complementaria de las personas contra los contactos indirectos (30 mA).

La versión 30 mA es selectiva con los dispositivos diferenciales selectivos ID o Vigi 300 mA situado aguas arriba. Está inmunizado contra los disparos intempestivos debidos a las sobretensiones transitorias (rayos, maniobras de la aparatada de maniobra de potencia en la red, etc.).

Descripción

Características

- Calibre In: 10 a 25 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Poder de corta (según UNE EN 61009): 4,5 kA.
- Curva de disparo:
  - Curva C: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.
  - Visualización del defecto diferencial en el frontal del aparato.
- Endurancia o número de ciclos (A-C):
  - Mecánica: 20.000.
  - Eléctrica: ≤ 20 A      20.000  
                  25 A            10.000
- Cierre brusco.
- Acoplables todos los auxillares de la gama Clario, C60 e ID.
- Visualización del defecto diferencial en el frontal del aparato.
- Seccionamiento con corte plenamente aparente.
- Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
- Homologación: conforme a la Norma UNE EN 61009.
- Peso (g): 190.
- Anchura total del aparato: 36 mm.
- Clase AC.
- Inmunidad a disparos intempestivos: 250 A cresta según onda 8/20 µs.

Conexión

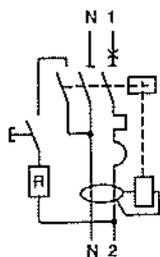
- Borne de caja con lengüeta antierror, con capacidad para cables rígidos de hasta 16 mm<sup>2</sup> (conforme con la Norma EN 50.027).

Accesorios mecánicos

- Admite 2 tipos de accesorios comunes con las gamas C60 e ID:
- Encavamiento para candado.
  - Etiquetas engatillables para identificación del aparato.

Referencias

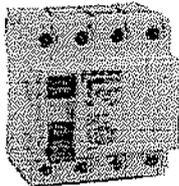
Tipo	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencia	Ancho en pasos de 9 mm
1P+N	10	30	21615	4
	16	30	21616	4
	20	30	21617	4
	25	30	21618	4
	10	300	21625	4
	16	300	21626	4
	20	300	21627	4
	25	300	21628	4



ANEXO IV.1 : Interruptor de protección diferencial.



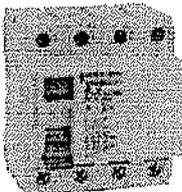
23018



23042



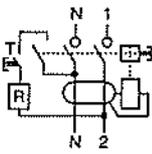
23524

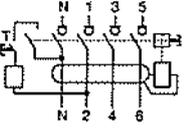


23526

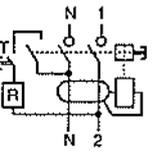
Referencias							
Tipo	Tensión (V)	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias ID	Referencias		
					clase AC	clase A	clase A *gr

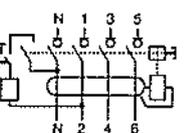
Instantáneos

Tipo	Tensión (V)	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias ID	Referencias		
					clase AC	clase A	clase A *gr
2P 	230	25	10	-	23008	-	-
		25	30	(1) 15249*	23009*	23249	23523*
		40	30	(1) 15261*	23014*	23253*	23524*
		63	30	-	23018*	23258*	23525*
		80	30	-	23020*	-	-
		25	300	-	23011*	23251	-
		40	300	-	23016*	23255*	-
		63	300	-	23021*	23261*	-
		80	300	-	23030*	-	-
		100	300	-	23034*	-	-
		25	500	-	23012	-	-
		40	500	-	23017	-	-
		63	500	-	23022	-	-
80	500	-	23026	-	-		

Tipo	Tensión (V)	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias ID	Referencias		
					clase AC	clase A	clase A *gr
4P 	415	25	30	-	23038*	-	23526*
		40	30	-	23042*	23303*	23529*
		63	30	-	23047*	23308*	23530*
		25	300	-	23040*	-	-
		40	300	-	23045*	23306*	-
		63	300	-	23049*	23312*	-
		80	300	-	23054*	-	-
		100	300	-	23056	-	-
		25	500	-	23041	-	-
		40	500	-	23046	-	-
		63	500	-	23051	-	-
		80	500	-	23055	-	-

Selectivos

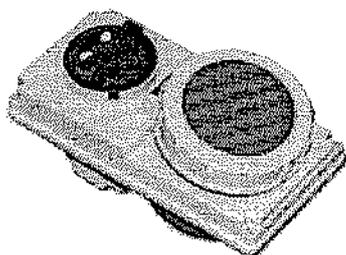
Tipo	Tensión (V)	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias ID	Referencias		
					clase AC	clase A	clase A *gr
2P 	230	40	300	-	-	-	23381*
		63	300	-	23028*	-	23363*
		80	300	-	23032*	-	23372
		100	300	-	23035	-	23323
		63	500	-	23029	-	23375
		80	500	-	23033	-	-

Tipo	Tensión (V)	Calibre (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias ID	Referencias		
					clase AC	clase A	clase A *gr
4P 	415	40	300	-	23062*	-	23387*
		63	300	-	23065*	-	23392*
		80	300	-	23069*	-	23394
		100	300	-	23059	-	23342
		40	500	-	23063	-	23405
		63	500	-	23067	-	23407
		80	500	-	23070	-	23409

(1) No admite auxiliares e incluye señalización de disparo.

(\*) Modelo certificado por AENOR conforme a la norma UNE EN 61008.

**ANEXO IV.3 : Base enchufe con interruptor alimentación cuadro general.**



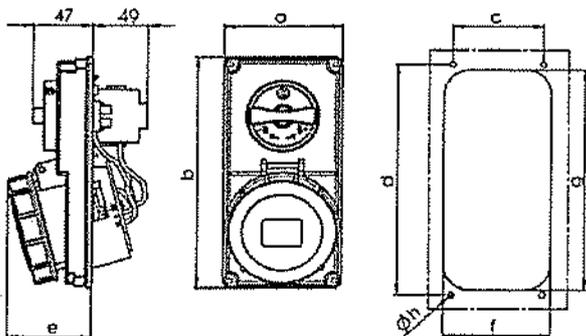
Para cuadro

	Código	Tipo nº polos	Tensión	Horario	Piezas/caja
16 A IP67	I-60132	2P+T	200-250 V	6h.	1
	I-60142	3P+T	380-415 V	6h.	1
	I-60152	3P+N+T	200/346-240/415 V	6h.	1
32 A IP67	I-60232	2P+T	200-250 V	6h.	1
	I-60242	3P+T	380-415 V	6h.	1
	I-60252	3P+N+T	200/346-240/415 V	6h.	1

**BASES CON INTERRUPTOR DE BLOQUEO 16 A y 32 A**

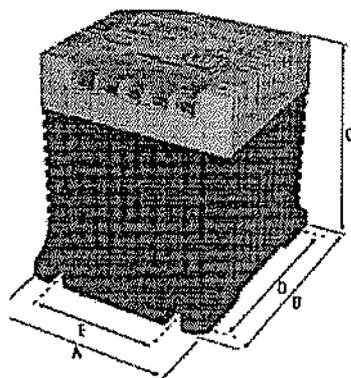
Características:

- Fabricadas en material aislante termoplástico color gris RAL-7035.
- El mando del interruptor es rotativo, con posibilidad de cierre por candado, en posición abierta.
- Placa indicadora con el color correspondiente a la tensión o frecuencia nominal.
- Interruptor de bloqueo según UNE 60947-3, AC22, 10KA.
- Doble bloqueo:
  - Posibilidad de cierre del interruptor únicamente con la clavija colocada en la base.
  - Posibilidad de extracción de la clavija solamente con el interruptor abierto.
- Grado de protección IP44 / IP 67 de acuerdo con la norma EN 60529.
- Conformidad a las normas UNE-EN 60309-1 y UNE-EN 60309-2.



Para cuadro	I-60132	I-60142	I-60152	I-60232	I-60242	I-60252
Referencia	I-60132	I-60142	I-60152	I-60232	I-60242	I-60252
Amperios	16	16	16	32	32	32
Polos	2p+t	3p+t	3p+n+t	2p+t	3p+t	3p+n+t
a	90	90	90	90	90	90
b	180	180	180	180	180	180
c	79	79	79	79	79	79
d	169	169	169	169	169	169
e	61	62	65	68	68	70
f	82	82	82	82	82	82
g	172	172	172	172	172	172
h	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Contactos	2	3	4	2	3	4

**ANEXO IV.4 : Transformador de aislamiento.**



PD 63	63 VA	230/400 V	115/230 V
PD 100	100 VA	230/400 V	115/230 V
PD 160	160 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 200	200 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 250	250 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 315	315 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 400	400 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 500	500 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 630	630 VA	230/400/460 V	115/230 V
PD 800	800 VA	230/400/460 V	115/230 V

Referencia	Potencia	Medidas y pesos						Peso kg	Fig.
		Dimensiones mm							
		A	B	C	D	E	Ø		
PA 25	25 VA	69	92	80	79	45	5	0.64	
PA 40	40 VA	69	92	80	79	45	5	0.79	
PA 63	63 VA	84	101	98	88	55	5	1.10	
PA 100	100 VA	84	101	98	88	55	5	1.60	
PA 160	160 VA	106	123	118	110	74	5	2.30	
PA 200	200 VA	106	123	118	110	74	5	2.70	
PB 25	25 VA	69	92	80	79	45	5	0.64	
PB 40	40 VA	69	92	80	79	45	5	0.79	
PB 63	63 VA	84	101	98	88	55	5	1.10	
PB 100	100 VA	84	101	98	88	55	5	1.60	
PB 160	160 VA	106	123	118	110	74	5	2.30	
PB 200	200 VA	106	123	118	110	74	5	2.70	
PB 250	250 VA	106	123	118	110	74	5	3.30	
PB 315	315 VA	118	138	118	110	74	5	4.10	
PB 400	400 VA	136	162	156	145	104	6	5.80	
PB 500	500 VA	136	162	156	145	104	6	5.80	
PC 25	25 VA	69	92	80	79	45	5	0.64	
PC 40	40 VA	69	92	80	79	45	5	0.79	
PC 63	63 VA	84	101	98	88	55	5	1.10	
PC 100	100 VA	84	101	98	88	55	5	1.60	
PC 160	160 VA	106	123	118	110	74	5	2.30	
PC 200	200 VA	106	123	118	110	74	5	2.70	
PC 250	250 VA	106	123	118	110	74	5	3.30	
PC 315	315 VA	118	138	131	121	88	6	4.10	
PC 400	400 VA	118	138	131	121	88	6	4.90	
PC 500	500 VA	136	162	156	145	104	6	5.80	
PC 630	630 VA	136	162	156	145	104	6	6.80	
PC 800	800 VA	136	162	156	145	104	6	8.60	
PD 40	40 VA	69	92	80	79	45	5	0.64	
PD 40	40 VA	69	92	80	79	45	5	0.79	
PD 63	63 VA	84	101	98	88	55	5	1.10	
PD 100	100 VA	84	101	98	88	55	5	1.60	
PD 160	160 VA	106	123	118	110	74	5	2.30	
PD 200	200 VA	106	123	118	110	74	5	2.70	
PD 250	250 VA	106	123	118	110	74	5	3.30	
PD 315	315 VA	118	138	131	121	88	6	4.10	
PD 400	400 VA	118	138	131	121	88	6	4.90	
PD 500	500 VA	136	162	156	145	104	6	5.80	
PD 630	630 VA	136	162	156	145	104	6	6.80	
PD 800	800 VA	136	162	156	145	104	6	8.60	

Características Técnicas	
Frecuencias	50-60 Hz
Aislantes	Clase B - 130° C
Bobinado	Clase HC - 200°C
Protección	Clase I y clase II (seleccionable)
Tensión de Prueba	4,6 kV (1 min, 50 Hz) entre primario y secundario 3,2 kV (1 min, 50 Hz) entre primario y masa 2,5 kV (1 min, 50 Hz) entre secundario y masa
Montaje	Mediante tornillos (para todas las potencias) Fijación en carril DIN (para potencias hasta 250 VA)
Envolvente	Caja en polímero de última generación ignífuga V-0 según UL94
Grado de Protección	IP-20
Selección de tensiones	Mediante puentes metálicos. incluidos
Normas	IEC/EN/JUNE-EN 61558 CE
Incluye	Indicador de funcionamiento (LED)

ANEXO IV.4 : Fuente alimentación general del cuadro 24 Vcc.

Especificaciones

■ Valores nominales/características

Modelos de 24/12 V (bloque básico: S8TS-06024□/S8TS-03012□)

Elemento		Operación Independiente	Operación en paralelo	
Eficiencia		Modelos de 24 V: 75% mín.; modelos de 12 V: 70% mín. (con entrada nominal, carga del 100%)		
Entrada	Tensión	de 100 a 240 Vc.a. (de 85 a 264 Vc.a.)		
	Frecuencia	50/60 Hz (de 47 a 63 Hz)		
	Corriente	Entrada de 100 V	Modelos de 24 V: 1,0 A máx. Modelos de 12 V: 0,7 A máx.	Modelos de 24 V: 1,0 A × (N.º de bloques) máx. Modelos de 12 V: 0,7 A × (N.º de bloques) máx.
		Entrada de 200 V	Modelos de 24 V: 0,5 A máx. Modelos de 12 V: 0,4 A máx.	Modelos de 24 V: 0,5 A × (N.º de bloques) máx. Modelos de 12 V: 0,4 A × (N.º de bloques) máx.
	Factor de potencia	Modelos de 24 V: 0,9 mín.; modelos de 12 V: 0,8 mín. (con entrada nominal, carga del 100%) (ver nota 3)		
	Corriente de fuga	Entrada de 100 V	0,35 mA máx.	0,35 mA × (N.º de bloques) máx.
		Entrada de 240 V	0,7 mA máx.	0,7 mA × (N.º de bloques) máx.
Corriente de pico (25°C, arranque en frío) (Ver nota 4.)	Entrada de 100 V	25 A máx.	25 A × (N.º de bloques) máx.	
	Entrada de 200 V	50 A máx.	50 A × (N.º de bloques) máx.	
Salida (ver nota 3)	Rango de ajuste de la tensión	Modelos de 24 V: de 22 a 28 V Modelos de 12 V: 12 V ±10% (con V.ADJ.) (ver nota 1)		
	Rizado	2% (p-p) máx.		
	Influencia de la variación de entrada	0,5% máx. (con entrada de 85 a 264 Vc.a., carga del 100%)		
	Influencia de la variación de carga	2% máx. (con entrada nominal, carga del 10% al 100%)	3% máx. (con entrada nominal, carga del 10% al 100%)	
	Influencia de la variación de temperatura	0,05%/°C máx. (con entrada y salida nominales)		
	Tiempo de subida (startup) (ver nota 4)	1.000 ms máx.		
	Tiempo de retardo a la desconexión (ver nota 4)	20 ms mín. (con 100/200 Vc.a., entrada nominal)		
Funciones adicionales	Protección contra sobrecorriente (ver nota 4)	105% a 125% de corriente de carga nominal, tipo de caída de L invertida, reset automático	del 100% al 125% de la corriente de carga nominal, tipo de caída L invertida, reset automático	
	Protección contra sobretensión (ver nota 4)	Sí		
	Operación en paralelo	Sí, 4 bloques máx.		
	Sistema redundante N+1	Sí, 5 bloques máx.		
	Operación en serie	Sí		
	Indicador de tensión baja (ver nota 4)	Sí (color: rojo)		
	Salida de detección de tensión baja (ver nota 4)	Sí (salida de colector abierto), 30 Vc.c. máx., 50 mA máx.		
Otros	Temperatura ambiente de operación (ver nota 4)	Operación: Consulte Carga vs Temperatura en Datos técnicos. Almacenaje: -de 25 a 65°C (sin formación de hielo ni condensación)		
	Humedad ambiente	En servicio: del 25% al 85%; almacenaje: del 25% al 90%		
	Rigidez dieléctrica	3,0 kVc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto (entre entradas y salidas; corriente de detección: 20 mA)		
		2,0 kVc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto (entre entradas y terminal GR; corriente de detección: 20 mA)		
		1,0 kVc.a. durante 1 minuto (entre salidas y terminal GR; corriente de detección: 20 mA)		
	Resistencia de aislamiento	100 MΩ mín. (entre salidas y entradas y entre salidas y terminal GR) a 500 Vc.c.		
	Resistencia a vibraciones	de 10 a 55 Hz, 0,375 mm de amplitud durante 2 h en las direcciones X, Y y Z		
	Resistencia a golpes	150 m/s², 3 veces cada uno en las direcciones ±X, ±Y y ±Z.		
	Indicador de salida	Sí (color: verde)		
	Interferencia electromagnética	Conforme con FCC clase A, EN50081-1		
	EMI	Conforme con EN50081-1/1992		
	Corrección del factor de potencia	Conforme con EN61000-3-2, EN61000-3-2 A14		
	EMS	Conforme con EN61000-6-2/1999		
Homologaciones	UL:	508 (listado; clase 2: por UL1310), 1950, 1604 (clase I, división 2, grupos A, B, C, D lugares peligrosos)		
	cUL:	CSA C22.2 N.º 14, N.º 213 (clase I, división 2, grupos A, B, C, D lugares peligrosos), N.º 950 (clase 2) (ver nota 2)		
	EN/VDE:	EN50178 (=VDE0160), 60950 (=VDE0806)		
Peso	450 g máx.	450 g × (N.º de bloques) máx.		

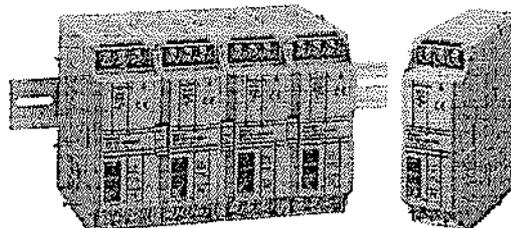
Nota 1. Consulte la página 7 para obtener más detalles sobre el ajuste de la tensión de salida para la operación en paralelo. Si se ajusta a menos de -10%, puede activarse la función de detección de tensión baja. Compruebe que, una vez realizado el ajuste, la capacidad de salida y la corriente de salida no sobrepasen la capacidad de salida nominal y la corriente de salida nominal respectivamente.

2. La aprobación de clase 2 no se aplica a la operación en paralelo.
3. La corriente de salida está especificada en los terminales de salida de alimentación.
4. Para obtener más información, consulte las explicaciones de las funciones en página 4.
5. Verifique el montaje de los topes finales (PFP-M) en ambos extremos de la fuente de alimentación.

# Fuente de alimentación conmutada S8TS

## Fuente de alimentación conmutada de tipo modular y montaje en carril DIN

- Un solo modelo puede cubrir un rango de potencias de 60 a 240 W (modelos de 24 V).
- Fácil creación de configuraciones multitensión y multipotencia con el empleo de fuentes con distinta tensión de salida (modelos de 24 V, 12 V y 5-V).
- Mayor fiabilidad del sistema de alimentación mediante la creación de sistemas redundantes N+1 (modelos de 24 V y de 12 V).
- Homologaciones UL/CSA, EN60950 (IEC 950) y VDE 0160.



## Estructura de la referencia

### Composición de la referencia

S8TS-

--	--	--	--	--

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p><b>1. Capacidad</b></p> <p>060: 60 W<br/>030: 30 W<br/>025: 25 W</p> | <p><b>2. Tensión de salida</b></p> <p>24: 24 V<br/>12: 12 V<br/>05: 5 V</p> | <p><b>3. Estructura</b></p> <p>Ninguno: Terminales de tornillo<br/>F: Terminales de conector</p> | <p><b>4. Conectores de líneas de alterna y/o continua</b></p> <p>Ninguno: Sólo bloque básico<br/>E1: S8T-BUS01 y S8T-BUS02 incluidos</p> |
|---|---|--|--|

## Tabla de selección

### Bloque básico

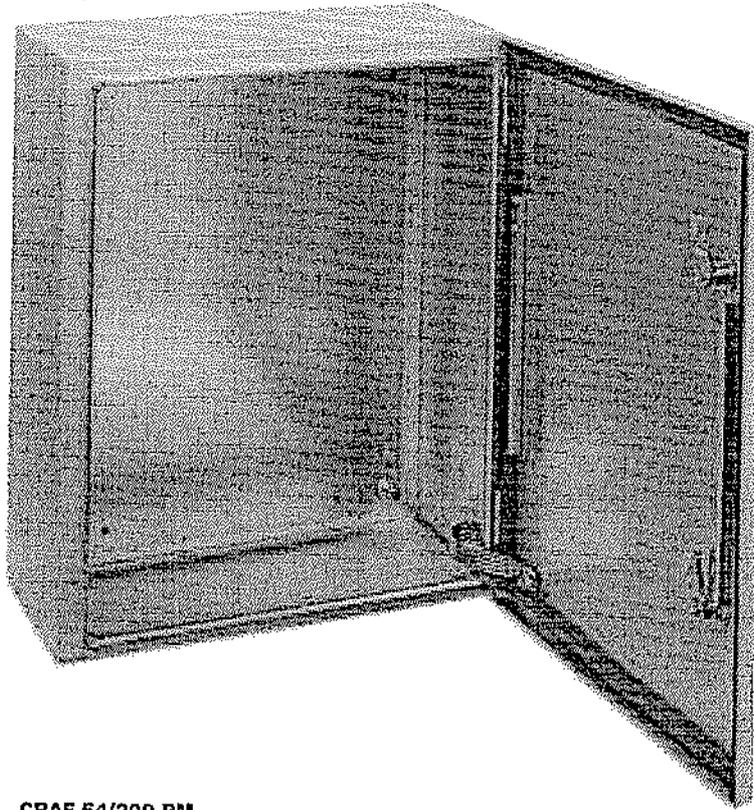
Tensión de salida	Corriente de salida	Modelos con terminales de tornillo		Modelos con terminales de conector (Ver nota 3.)	
		Con conectores de línea (Ver nota 1.)	Sin conectores de línea (Ver nota 2.)	Con conectores de línea (Ver nota 1.)	Sin conectores de línea (Ver nota 2.)
24 V	2,5 A	S8TS-06024-E1	S8TS-06024	S8TS-06024F-E1	S8TS-06024F
12 V	2,5 A	S8TS-03012-E1	S8TS-03012	S8TS-03012F-E1	S8TS-03012F
5 V	5 A	---	S8TS-02505	---	S8TS-02505F

### Conector de línea

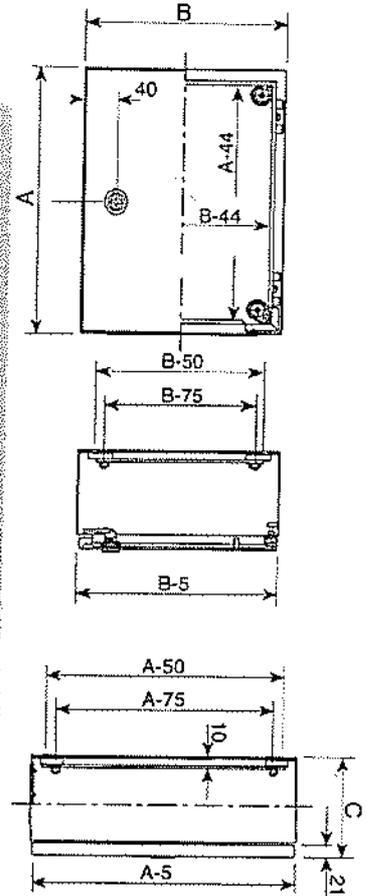
Tipo	Número de conectores	Referencia
Conector para línea de c.a. + línea de c.c. (Para operación en paralelo)	1 conector	S8T-BUS01
	10 conectores (ver nota 4)	S8T-BUS11
Conector para línea de c.a. (Para operación en serie u operación independiente)	1 conector	S8T-BUS02
	10 conectores (ver nota 5)	S8T-BUS12

- Nota 1.** Se incluyen un conector S8T-BUS01 y un conector S8T-BUS02 como accesorios.
- 2.** Si es necesario, los conectores de línea pueden solicitarse por separado.
- 3.** Conectores adjuntados: 2ESDPLM-05P (para terminal de salida) y 3ESDPLM-03P (para terminal de entrada) fabricados por DINKLE ENTERPRISE.
- 4.** Un paquete contiene 10 conectores S8T-BUS01.
- 5.** Un paquete contiene 10 conectores S8T-BUS02.

ANEXO IV.6 : Armario de control



CRAF 54/200 PM



Armarios metálicos de construcción monobloc fabricados en chapa especial ALU-ZINC 150. Cuerpo construido de una sola pieza plegada y soldada. La presencia en superficie del 55 % de aluminio garantiza una buena reflexión de las ondas electromagnéticas. Pintado exteriormente con resina de poliéster-epoxi color gris RAL-7032 texturizado.

- Placa de montaje incorporada construida en chapa de acero galvanizado. Su baja resistencia superficial facilita la compensación de potenciales de masas.
- Junta cuerpo-puerta especial (IP + CEM), que proporciona, además de la estanqueidad, la continuidad eléctrica entre puerta y cuerpo, necesaria en estos montajes.
- Cuerpo totalmente cerrado sin entrada de cables y sin ninguna otra abertura.
- Trenza plana de puesta a tierra incorporada en el armario entre cuerpo y puerta, garantizando una buena conexión a tierra y por lo tanto una buena CEM.
- Cierre metálico con continuidad de masa que contribuye a la mejora del apantallamiento general.

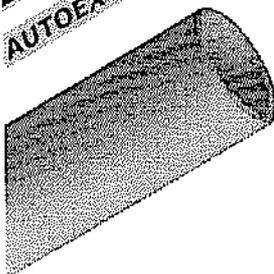
CUADRO DE MODELOS, MEDIDAS Y REFERENCIAS

Dimensiones nominales (mm)			Referencia	Pg.	Placa montaje
Alto (A)	Ancho (B)	Prof. (C)			
400	300	200	CRAF 43/200 PM	1	MM-43
400	600	200	CRAF 46/200 PM	1	MM-64
500	400	200	CRAF 54/200 PM	2	MM-54
600	400	200	CRAF 64/200 PM	2	MM-64
600	600	230	CRAF 66/250 PM	2	MM-66
700	500	250	CRAF 75/250 PM	2	MM-75
800	600	300	CRAF 86/300 PM	2	MM-86
1.000	800	300	CRAF 109/300 PM	2	MM-109
1.200	800	300	CRAF 122/300 PM	2	MM-122

Julio Terrón Gutiérrez

**ANEXO IV.7 : Tubos de protección y accesorios**

**NOVEDAD**  
**LIBRE HALÓGENOS**  
**AUTOEXTINGUIBLE**



Tipo	Longitud barra	Emb. mínimo	Referencia
<b>■ Tubo rígido libre de halógenos.</b>			
M 16	3 Mts.	57 Mts.	910.1600.0
M 20	3 Mts.	57 Mts.	910.2000.0
M 25	3 Mts.	57 Mts.	910.2500.0
M 32	3 Mts.	30 Mts.	910.3200.0
M 40	3 Mts.	30 Mts.	910.4000.0
M 50	3 Mts.	15 Mts.	910.5000.0
M 63	3 Mts.	15 Mts.	910.6300.0

**Características según norma UNE-EN 50086-2-1**

Resistencia a la compresión:	1250 N
Resistencia al impacto:	6 Julios (Caída libre a -5°C)
Temperatura de trabajo:	Desde -5°C hasta +90°C
Grado de protección daños mecánicos:	Grado 9
Color:	Gris
Código de dosificación:	44221254_010

**SISTEMA INSTAL-RAPIDO DE POLIAMIDA Y LIBRE DE HALÓGENOS, PARA UNA INSTALACIÓN RÁPIDA Y DE CALDAD**

Para tubos Ø mm exterior	Emb. mínimo	Referencia	P.V.P. EUROS (L.u.)
--------------------------	-------------	------------	---------------------

**■ MANGUITO** de unión curvados 90°, de poliamida libre de halógenos, de inserción rápida, para tubos rígidos lisos y corrugados. Fabricado según norma UNE EN 50086. Grado de protección IP67 con tubos lisos, IP64 con tubos corrugados. Color: Gris

16	20	245.1600.0
20	10	245.2000.0
25	10	245.2500.0
32	10	245.3200.0
40	10	245.4000.0
50	5	245.5000.0



**■ Tubo "ELECTROFLEX-IT"**

Manguera de protección ondulada en espiral completamente de PVC de primera calidad, gris claro. Exteriormente ondulada en forma de rosca, interior liso, con espiral de apoyo incrustada de PVC rígido, flexible, de elevada resistencia a lejías, ácidos y aceite. Ideal como manguera de protección de cables para instalaciones de distribución.

M 12	12x16,4	30	925.1200.0
M 16	16x20,7	30	925.1600.0
M 20	20x24,7	30	925.2000.0
M 25	25x30,6	30	925.2500.0
M 32	32x38	30	925.3200.0
M 40	40x46,4	30	925.4000.0
M 50	50x57	30	925.5000.0



Rosca	Ancho de llave mm	Longitud de rosca mm	Emb. mínimo	Referencia
-------	-------------------	----------------------	-------------	------------

■ Tapones ciegos "EX" (II 2GD EEx e II) de poliamida negro. Para uso en equipos eléctricos en áreas potencialmente explosivas. Junta de estanqueidad de perbunan. (Certificado: DMT 03 ATEX E 049). Temperatura de trabajo entre -20°C y +80°C. Clase de protección IP68 - 10 bar.

**Rosca Métrica**

Rosca	Ancho de llave mm	Longitud de rosca mm	Emb. mínimo	Referencia	negro
M 12x1,5	15	8,5	100	586.15.11	
M 16x1,5	19	8,5	100	586.17.11	
M 20x1,5	24	9	100	586.20.11	
M 25x1,5	28	10,5	100	586.25.11	
M 32x1,5	36	11,5	50	586.32.11	
M 40x1,5	46	11,5	25	586.40.11	
M 50x1,5	55	13,5	25	586.50.11	
M 63x1,5	70	14,5	25	586.63.11	



Rosca	SW	d1	Espesor	Emb. mínimo	Referencia
-------	----	----	---------	-------------	------------

■ Contratruercas de latón bruto, según norma DIN 89280 (Serie naval, niqueladas bajo demanda).

**Rosca Métrica (DIN 89280)**

Rosca	SW	d1	Espesor	Emb. mínimo	Referencia
M 18x1,5	22	-	8	1	789.1800.0
M 24x1,5	30	-	5	1	789.2400.0
M 30x2	36	-	6	1	789.3000.0
M 36x2	41	-	7	1	789.3600.0
M 45x2	55	-	8	1	789.4500.0
M 56x2	65	-	9	1	789.5600.0
M 72x2	85	-	10	1	789.7200.0
M 80x2	90	-	12	1	789.8000.0
M 105x2	120	-	14	1	789.1050.0



**PRENSAESTOPAS "EX"**

Rosca	Para cables Ø mm	Ancho de llave mm	Longitud de rosca mm	Emb. mínimo	Referencia	P.V.P. EUROS (I.u.)
-------	------------------	-------------------	----------------------	-------------	------------	---------------------

■ Prensaestopas "GADI - EX" (II 2GD EEx e II) de poliamida autoextinguible, grupo V-0 a UL 94. Para uso en equipos eléctricos en áreas potencialmente explosivas. Cierre interior con forma de diafragma y cuerpo exagonal. Junta de estanqueidad de perbunan. (Certificado DMT 02 ATEX E 047 X). Temperatura de trabajo entre -20°C y +105°C. Clase de protección IP68 - 10 bar. Disponible en colores gris, negro y azul. También disponible con rosca NPT.

**Rosca Métrica**

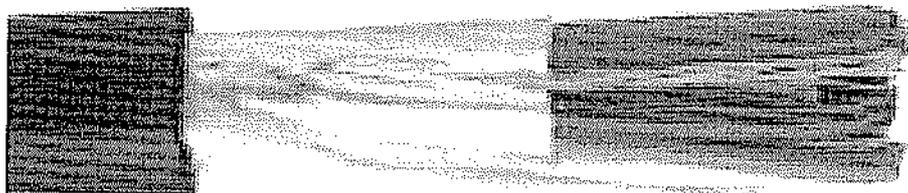
Rosca	Para cables Ø mm	Ancho de llave mm	Longitud de rosca mm	Emb. mínimo	Referencia
M 12x1,5	2- 5	15	8	50	184.1505.10
M 12x1,5	3- 6,5	15	8	50	184.1507.10
M 16x1,5	2- 6	19	8	50	184.1706.10
M 16x1,5	4- 8	19	8	50	184.1708.10
M 16x1,5	5-10	22	8	50	184.1710.10
M 20x1,5	5- 9	24	9	50	184.2009.10
M 20x1,5	6-12	24	9	50	184.2012.10
M 20x1,5	10-14	27	9	50	184.2014.10
M 25x1,5	9-16	33	11	50	184.2516.10
M 25x1,5	13-18	33	11	50	184.2518.10
M 32x1,5	13-20	42	11	25	184.3220.10
M 32x1,5	18-25	42	11	25	184.3225.10
M 40x1,5	20-26	53	13	10	184.4026.10



## ANEXO IV.8 : Cables para la instrumentación

# Cables para Instrumentación 300/600V 105°C

para uso en Bandejas y en Sistemas de Potencia Limitada ITC & PLTC



### **Cable de Instrumentación para uso en bandejas portacables, conductores individuales con pantalla general.**

Cable multiconductor. Conductor en cobre, aislamiento en PVC, pantalla en cinta de poliéster aluminizado con conductor de drenaje y chaqueta exterior en PVC.

#### **Descripción**

### **Cable de Instrumentación para uso en bandejas, conductores a pares con pantalla individual y general.**

Cable multipar. Conductor en cobre, aislamiento en PVC, dos conductores cableados conforman un par, con pantalla individual en cinta de poliéster aluminizado con conductor de drenaje. Los pares se cablean entre sí, y sobre el conjunto se aplica una pantalla general en cinta de poliéster aluminizado con conductor de drenaje y chaqueta exterior en PVC.

#### **Construcción**

##### **Conductor**

Cable de Cobre Suave Clase B (7 Hilos), calibre 16 y 18 AWG

##### **Aislamiento**

PVC Retardante a la llama. Temperatura de Operación 105°C

##### **Formación**

Conductores Sencillos (Individuales), cableados.

Conductores a pares apantallados individualmente con cinta de Poliéster aluminizado y conductor de drenaje en cobre estañado, calibre 20 AWG, con un cubrimiento del 100% y posteriormente cableados.

##### **Pantalla general**

Cinta de Poliéster aluminizado y conductor de drenaje en cobre estañado, calibre 20 AWG, con un cubrimiento del 100%.

# ANEXO

## TABLAS Y GRAFICOS

**INDICE**

	<b>Pag.</b>
<b>ANEXO V.1 Estándar de calidad de biodiesel DIN EN 14214.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO V.2 Calores específicos.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO V.3 Entalpías de formación estándar.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO V.4 Curvas características.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO V.5 Tabla de compatibilidades de fluidos de bomba MB3.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO V.6 Tabla de compatibilidad de materiales.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO V.7 Esquema de cálculo de pérdidas con “ISE Wattage Calculator”.</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO V.8 Tabla de cálculo de temperatura interna del cuadro.....</b>	<b>69</b>

**ANEXO V.1 Estándar de calidad de biodiesel DIN EN 14214 <sup>[26]</sup>**

Property	Unit	Limits		Test method <sup>a</sup>
		Minimum	Maximum	
Ester content <sup>a</sup>	% (m/m)	96,5 <sup>b</sup>		prEN 14103
Density at 15 °C <sup>c</sup>	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosity at 40 °C <sup>d</sup>	mm <sup>2</sup> /s	3,50	5,00	EN ISO 3104
Flash point	°C	120	–	ISO/DIS 3679 <sup>e</sup>
Sulfur content	mg/kg	–	10,0	prEN ISO 20846 prEN-ISO 20884
Carbon residue (on 10 % distillation residue) <sup>f</sup>	% (m/m)	–	0,30	EN ISO 10370
Cetane number <sup>g</sup>		51,0		EN ISO 5165
Sulfated ash content	% (m/m)	–	0,02	ISO 3987
Water content	mg/kg	–	500	EN ISO 12937
Total contamination <sup>h</sup>	mg/kg	–	24	EN 12662
Copper strip corrosion (3 h at 50 °C)	Rating	Class 1		EN ISO 2160
Oxidation stability, 110 °C	Hours	6,0	–	prEN 14112
Acid value	mg KOH/g		0,50	prEN 14104
Iodine value			120	prEN 14111
Linolenic acid methyl ester	% (m/m)		12,0	prEN 14103
Polyunsaturated (>= 4 double bonds) methyl esters <sup>i</sup>	% (m/m)		1	
Methanol content	% (m/m)		0,20	prEN 14110
Monoglyceride content	% (m/m)		0,80	prEN 14105
Diglyceride content	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Triglyceride content <sup>j</sup>	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Free glycerol <sup>j</sup>	% (m/m)		0,02	prEN 14105 prEN 14106
Total glycerol	% (m/m)		0,25	prEN 14105
Group I metals (Na+K) <sup>k</sup>	mg/kg		5,0	prEN 14108 prEN 14109
Group II metals (Ca+Mg) <sup>l</sup>	mg/kg		5,0	prEN 14538
Phosphorus content	mg/kg		10,0	prEN 14107

**ANEXO V.2 Calores específicos**

Compuesto	Estado de referencia	Cp (J/mol.K)
Trioleina (T.G)	25°C, 1 atm	1717,25
Acido oleico (A.G.L)	25°C, 1 atm	533,26
Metanol	25°C, 1 atm	80,814
Oleato de metilo (BioD)	25°C, 1 atm	612,2
Glicerina	25°C, 1 atm	217,27
Jabón sódico	25°C, 1 atm	533,26

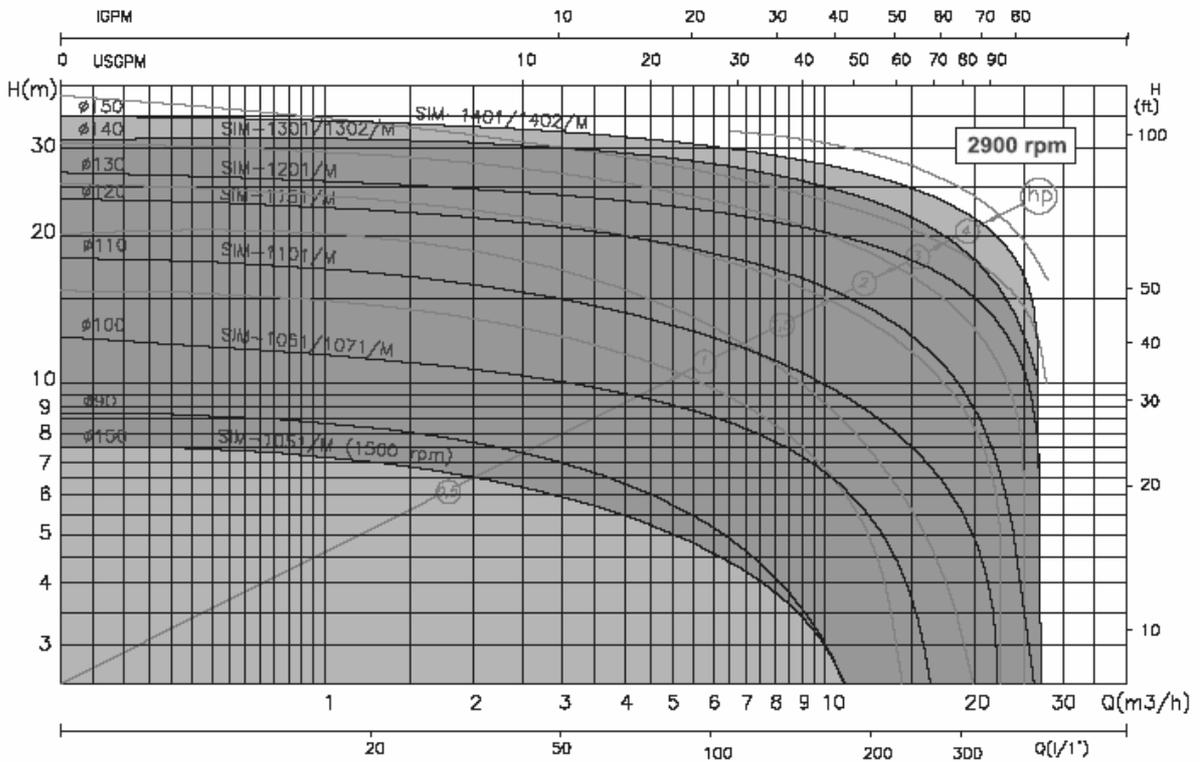
Agua	25°C, 1 atm	75,24
------	-------------	-------

**ANEXO V.3 Entalpías de formación estándar (agregación líquido)**

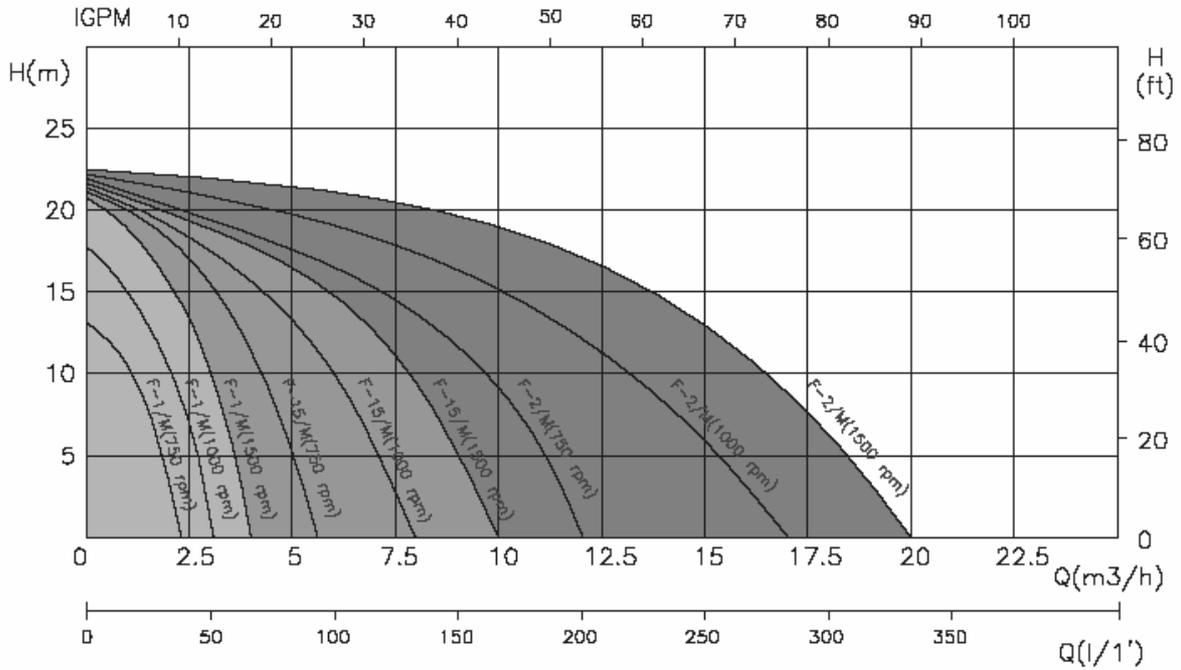
Compuesto	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	Referencia
Trioleina (T.G)	-2193,7	Freedman, Bagby 1989
Acido oleico (A.G.L)	-815,21	Keefer, Mc Lean, 1935
Metanol	-238,7	Green 1960
Oleato de metilo (BioD)	-727,64	Rogers, Siddiqui, 1975
Glicerina	-669,6	Baston Nilsson, 1978
Jabón sódico	-815,21	-
Agua	-285,83	H.Perry <sup>[4]</sup>

**ANEXO V.4 Curvas características**

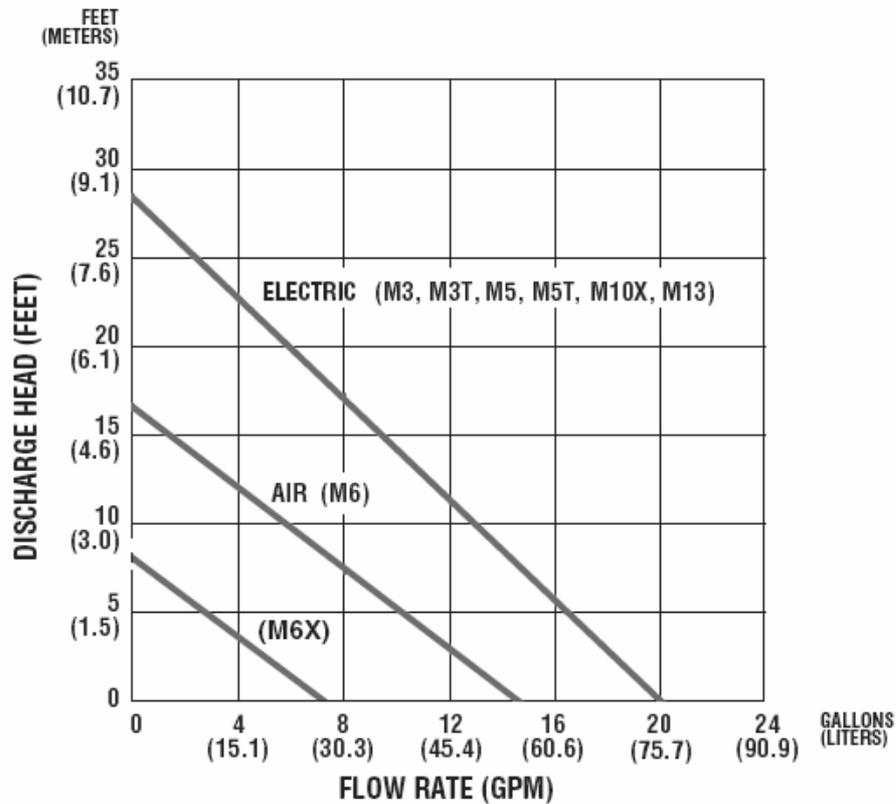
**a) Bominox , Modelo SIMPLEX-M 1071-M (MB2)<sup>[57]</sup>**



**b) Bominox , Modelo FLEXO-M, F-1/M (MB1)<sup>[57]</sup>**



**c) Finish Thompson, Serie TBS, Motor M 10X (MB3)<sup>[56]</sup>**



**ANEXO V.5 Tabla de compatibilidades de fluidos de bomba MB3<sup>[56]</sup>**

Chemical	CPVC (max 150°F)	Polypropylene (max 160°F)	PVDF (max 120°F)	Stainless Steel (max 150°F for TTS, 220°F for PFS)	Motor Type
Acetaldehyde*	NR	NR	NR	R (Use TTS only)	A, X
Acetate Solvents*	NR	NR	NR	R (Use TTS only)	A, X
Acetic Acid, 10- 80%	NR	R (Use TTS, do not use PFP)	R	R (Use TTS only)	A, O, T
Acetone*	NR	NR	NR	R (Use TTS only)	A, X
Alcohols*	NR	NR	NR	R	A, X

**ANEXO V.6 Tabla de compatibilidad de materiales**

**a) Aceros inoxidables <sup>[55]</sup>**

**A=Completamente resistente , B= Bastante resistente, C =No resistente**

SUSTANCIA	CONCENT. %	°F	°C	316	302/304	430	410
Sodio - Hidróxido de	todas conc.	70	20	A	A	A	A
Sulfúrico - Acido	concentrado	70	20	A	A	A	A
Sulfúrico - Acido	concentrado	100	40	A	B	C	C
Fosfórico - Acido	5	70	20	A	A	B	B
Fosfórico - Acido	10	70	20	A	A	C	C
Metanol (alcohol metílico)		70	20	A	A	A	--
Aceites Vegetales y Minerales		70	20	A	A	A	A
Aceites Vegetales y Minerales		caliente	caliente	A	A	A	A
Agua Dulce		caliente	caliente	A	A	--	--
Agua Aceitosa		70	20	A	A	A	A

b) Polimeros<sup>[58]</sup>

• Información general

<b>R</b>	Resistente
<b>L</b>	Resistencia limitada
<b>N</b>	No satisfactoria

**Dil. Sol.** Solución acuosa diluida a una concentración igual o menor de 10%.

**Sol.** Solución acuosa de una concentración superior a 10%, pero no saturada.

**Sat. Sol.** Solución acuosa saturada, preparada a 20°C.

**Sol. trab.** Solución de trabajo de concentración habitual empleada en la industria.

**Susp.** Suspensión de sólidos en una solución saturada a 20°C.

**Tg.** Mínimo de calidad técnica.

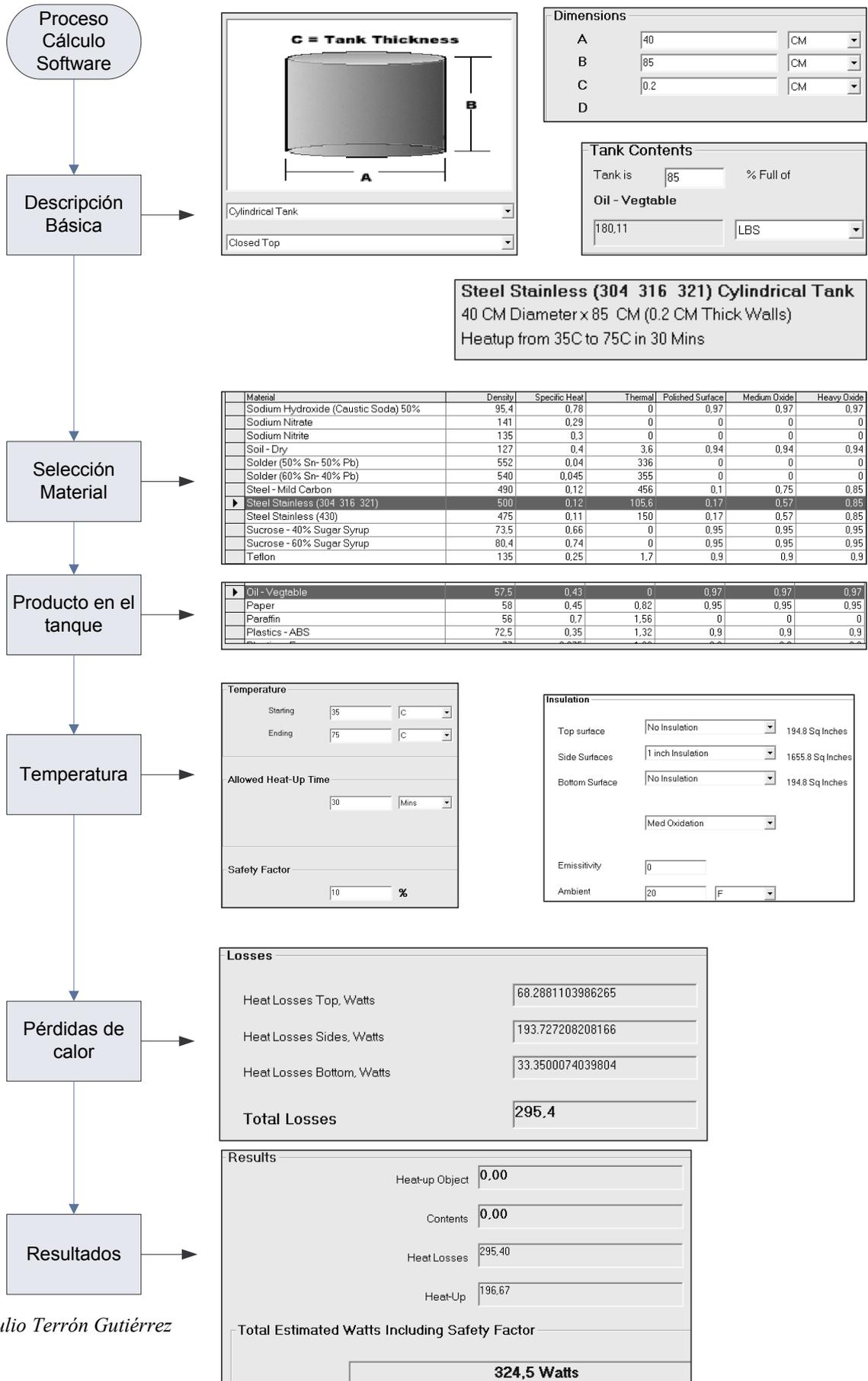
**Tg-s.** Calidad técnica, sólido.

**Tg-l.** Calidad técnica, líquido.

**Tg-g.** Calidad técnica, gas.

PRODUCTO	CONC.	TEMP.		EVA	EPDM	FPM	NBR	HDPE	PP	PVC-U	PVC-C	ABS
		°C	°F									
Alcohol Metílico	< 10	20	68						R	R	R	N
		50	122							R	R	N
		60	140						L	R	R	
		80	176						L		R	
	>10										L	
	Tg-L	20	68			L	R	R	R	R	N	N
50		122			L	R				N	N	
60		140		R	L	R	R		L	N		
Ácido Sulfúrico*	98	20	68		N	L	N	R	L	N	R	N
		40	104								R	
		50	122					N	N	N	R	
		60	140								N	
Ácido Fosfórico	Hasta 30	20	68		R	R	L				R	
		40	104		R	R	L				R	
		60	140		L	R	N				R	
		80	176			R					R	
		100	212			R						
Aceites y Grasas	Tg-L	20	68		N	R	R	R		R	N	
		60	140			R	R	L		R		
Agua, Dulce	Sol. trab.	20	68			R	R	R	R	R	R	R
		40	104			R	R					
		50	122								R	R
		60	140		R	R	R	R	R	R	R	
		80	176		R	R	R				R	
Combustible Diesel	Sol. trab.	20	68		N	R	R					
		40	104			R	R					

ANEXO V.7 Esquema de cálculo de pérdidas con “ISE Wattage Calculator”



## ANEXO V.8 Tabla de cálculo de temperatura interna del cuadro

### Método de determinación de un equipo para la gestión térmica de un cuadro eléctrico

El equilibrio térmico, consistente en comparar la potencia desprendida por los componentes de la instalación y la liberada espontáneamente por las paredes de la envolvente, nos permite calcular la temperatura interna obtenida en la envolvente sin

auxiliar térmico y así determinar si es necesario instalar un equipo teniendo en consideración las temperaturas externa e interna deseadas. A continuación se presenta un método simple que permite realizar esta selección:

#### 1. Características de la envolvente

Posición del armario	Emplazamiento según norma HD 528 S2	Fórmula para el cálculo de S (m <sup>2</sup> )		
		(A) Alto	(B) Ancho	(C) Prof.
	Accesible desde todos los lados	$S = 1,8 \times A \times (B+C) + 1,4 \times B \times C$		
	Situado contra una pared	$S = 1,4 \times B \times (A+C) + 1,8 \times C \times A$		
	Extremo en caso de yuxtaposición	$S = 1,4 \times C \times (A+B) + 1,8 \times B \times A$		
	Extremo en caso de yuxtaposición y situado contra una pared	$S = 1,4 \times A \times (B+C) + 1,4 \times B \times C$		
	Intermedio en la yuxtaposición	$S = 1,8 \times B \times A + 1,4 \times B \times C + C \times A$		
	Intermedio en la yuxtaposición y situado contra una pared	$S = 1,4 \times B \times (A+C) + C \times A$		
	Intermedio en la yuxtaposición, situado contra una pared y la parte superior cubierta	$S = 1,4 \times B \times A + 0,7 \times B \times C + C \times A$		

S =  m<sup>2</sup>

#### 2. Potencia calorífica disipada por los componentes en funcionamiento

Corresponde a la suma de las potencias disipadas por cada uno de los componentes instalados.

Si no son conocidas, utilice los cuadros de la página que dan los valores medios.

Pd =  W

#### 3. Características del aire ambiente

Temperatura ambiente máxima.

Te<sub>max</sub> =  °C

Temperatura ambiente mínima.

Te<sub>min</sub> =  °C

Humedad relativa media.

Hr =  %

Temperatura de condensación.

Tr =  °C

#### 4. Temperaturas internas medias deseadas

Se caracterizan por la naturaleza de los componentes y las características del aire ambiente.

Temperatura interna (deseada) máxima.

Td<sub>max</sub> =  °C

Temperatura interna (deseada) mínima.

Td<sub>min</sub> =  °C

#### 5.- Temperatura final en el armario sin equipo auxiliar térmico:

Temperatura interna máxima  $T_{i_{max}} = \frac{Pd}{K \times S} + T_{e_{max}}$

Ti<sub>max</sub> =  °C

Temperatura interna mínima  $T_{i_{min}} = T_{e_{min}}$   
(cuadro sin tensión).

Ti<sub>min</sub> =  °C

- Ju
- o K = 5,5 W/m<sup>2</sup> °K para una envolvente metálica.
  - o K = 3,5 W/m<sup>2</sup> °K para una envolvente de poliéster.
  - o K = 3,7 W/m<sup>2</sup> °K para una envolvente de acero inoxidable.
  - o K = 12 W/m<sup>2</sup> °K para una envolvente de aluminio.

## ANEXO

# HOJAS DE SEGURIDAD DE COMPUESTOS QUIMICOS

**INDICE**

	<b>Pag.</b>
<b>ANEXO VI.1 Metanol</b> .....	72
<b>ANEXO VI.2 Biodiesel</b> .....	76
<b>ANEXO VI.3 Hidróxido de sodio</b> .....	78
<b>ANEXO VI.4 Acido sulfúrico</b> .....	79
<b>ANEXO VI.5 Acido ortofosfórico</b> .....	80
<b>ANEXO VI.6 Glicerina</b> .....	81

## ANEXO VI.1 Metanol

### 1. Identificación de la sustancia o preparado y del sociedad/empresa

#### 1.1 Identificación de la sustancia o del preparado:

Sinónimos: alcohol metílico, hidrato de metilo, hidróxido de metilo

Nº CAS : 67-56-1  
 Nº índice CE : 603-001-00-X Código NFPA : 1-3-0  
 Nº EINECS : 200-659-6 Masa molecular : 32.04  
 Nº RETCS : PC1400000 Fórmula química : CH<sub>3</sub>OH

#### 1.2 Uso de la sustancia o preparado:

Solvente  
 Combustible

#### 1.3 Identificación de la sociedad/empresa:

Methanex Europe s.a.  
 Waterloo Office Park - Building N  
 Drève Richelle 161 - box 31  
 B-1410 Waterloo, Bélgica  
 Tel.: (32) 2 352 03 70 - Fax : (32) 2 352 06 99

#### 1.4 Número de teléfono de urgencias:

+32 14 58 45 45  
 Brandweerinformatiecentrum voor gevaarlijke stoffen (B.I.G.)  
 Technische Schoolstraat 43 A, B-2440 Geel

### 2. Composición/información sobre los componentes

Componentes peligrosos	Nº CAS Nº EINECS	Conc. en %	Símbolo de peligro	Riesgos (Frases R)
metanol	67-56-1 200-659-6	99.85	F;T	11-23/24/25-39/23/24/25 (1)

(1) Texto completo de las frases R: véase sección 16

### 3. Identificación de peligros

- Tóxico por inhalación, por contacto con la piel y por ingestión
- Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión
- Fácilmente inflamable
- Posible carga electrostática con riesgo de ignición
- Mezcla gas/vapor inflamable al aire dentro de límites de explosividad

### 4. Primeros auxilios

- #### 4.1 Contacto ocular:
- Lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos, levantado los párpados inferior y superior, para asegurar un buen lavado
  - Consultar al médico/servicio médico
- #### 4.2 Contacto con la piel:
- Retirar la ropa antes de lavarse
  - Lavar con abundante agua y jabón durante 15 minutos
  - Consultar al médico/servicio médico cuando se producen irritaciones
- #### 4.3 Después de inhalación:
- Llevar a la víctima a un espacio ventilado
  - Si es necesario aplicar respiración artificial
  - Consultar al médico/servicio médico
- #### 4.4 Después de ingestión:
- La ingestión de metanol pone la vida en peligro
  - Se pueden transcurrir 18 hasta 24 horas entre exposición y primeros síntomas
  - Si paciente está consciente y ayuda médica no puede llegar inmediatamente, no provocar vómitos
  - Consultar al médico/servicio médico

### 5. Medidas de lucha contra incendios

- #### 5.1 Medios de extinción adecuados:
- Incendio pequeño: polvo, anhídrido carbónico, halones, agua pulverizada, espuma regular
  - Incendio mayor: agua pulverizada, espuma AFFF® (Aqueous Film Forming Foam (resistente al alcohol)) con sistema dosificador de espuma al 3% o 6%



- 5.2 Medios de extinción a evitar:
- Arden grandes cantidades de metanol: agua (chorro cerrado) es ineficaz para la extinción
- 5.3 Productos de descomposición peligrosos:
- Gases/vapores tóxicos: monóxido y dióxido de carbono y formaldehído
- 5.4 Instrucciones:
- El metanol quema con una llama limpia y incolora que es casi invisible a la luz del día
  - Colocarse del lado del viento, delimitar la zona de peligro
  - Concentraciones de metanol superiores al 25% en agua pueden reencenderse
  - Enfriar depósitos con agua pulverizada/llevar a lugar seguro
  - Tener en cuenta los líquidos de extinción tóxicos
  - Moderar el uso de agua, si es posible contenerla
- 5.5 Equipo de protección especial para los bomberos:
- Llevar equipo de respiración autónomo de presión positiva con careta completa; llevar ropa de protección adecuada
  - El equipo de protección estructural contraincendios no es eficaz contra el metanol. No pisar charcos de metanol vertido, que pueden incendiarse emitiendo llamas invisibles

## 6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

- 6.1 Equipo de protección/precauciones individuales: véase 8.1/8.3/10.3
- 6.2 Precauciones para la protección del medio ambiente:
- Impedir contaminación del suelo y del agua
  - No tirar a la alcantarilla
  - Detener el escape cortando el origen
  - Contener el líquido derramado
  - Tratar de reducir la evaporación
  - Recoger el metanol o diluirlo con agua para reducir el peligro de incendio
- 6.3 Eliminación:
- Eliminar todas la fuentes de ignición
  - Se puede utilizar espumas fluorocarbonados resistente al alcohol para impedir la evaporación y el peligro de incendio
  - Maximizar la recuperación del metanol para el reciclado/la reutilización
  - Recoger el líquido derramado, utilizando una bomba antideflagrante
  - Para derrames pequeños, recoger con absorbente incombustible

## 7. Manipulación y almacenamiento

- 7.1 Manipulación:
- Evitar/limitar la exposición y/o el contacto
  - Mantener el recipiente bien cerrado
  - No fumar y evitar llamas descubiertas
  - Aparatos/lámparas con seguridad de chispas y explosión
  - Tomar precauciones contra cargas electrostáticas
  - Manipular recipientes vacíos sucios como los llenos
- 7.2 Almacenamiento:
- Conservar alejado del calor y de fuentes de ignición, agentes de oxidación, ácidos y bases
  - Almacenar en un lugar seco y bien ventilado
  - Almacenar en un sistema totalmente cerrado
  - Conexión de la cisterna a tierra
  - Se necesita una cubeta para recoger derrames líquidos

### Material de envasado adecuado:

- El metanol no es corrosivo en contacto con la mayoría de los metales a temperatura ambiente, excepto plomo y magnesio
- Revestimientos de cobre (o aleaciones), cinc (p.ej. acero galvanizado) o aluminio no son adecuados ya que son atacados lentamente
- Se recomienda acero dulce como material de construcción para cisternas

- 7.3 Usos específicos: Véase las informaciones facilitadas por el fabricante

## 8. Controles de la exposición/protección personal

- 8.1 Valores límites de la exposición:

TLV-TWA	:	mg/m <sup>3</sup>	200	ppm
TLV-STEL	:	mg/m <sup>3</sup>	250	ppm
TLV-Ceiling	:	mg/m <sup>3</sup>		ppm
OES-LTEL	:	(266)	mg/m <sup>3</sup> (200)	ppm
OES-STEL	:	(333)	mg/m <sup>3</sup> (250)	ppm
MAK	:	270	mg/m <sup>3</sup> 200	ppm
MAK-KZW	:	1080/15'/4x	mg/m <sup>3</sup> 800/15'/4x	ppm
MAC-TGG 8 h	:	260	mg/m <sup>3</sup>	
MAC-TGG 15 min.	:		mg/m <sup>3</sup>	
MAC-Ceiling	:		mg/m <sup>3</sup>	

VME-8 h	: 260	mg/m <sup>3</sup>	200	ppm
VLE-15 min.	: 1300	mg/m <sup>3</sup>	1000	ppm
GWBB-8 h	: 266	mg/m <sup>3</sup>	200	ppm
GWK-15 min.	: 333	mg/m <sup>3</sup>	250	ppm
Valor momentáneo	:	mg/m <sup>3</sup>		ppm
CE	: 260	mg/m <sup>3</sup>	200	ppm
CE-STEL	:	mg/m <sup>3</sup>		ppm

Umbral olfativo: 2000 ppm (Irritación a 1000 ppm)

(el olor no es advertencia suficiente de la exposición)

Método de medida:  
NIOSH 2000 / OSHA 91

## 8.2 Controles de la exposición:

### 8.2.1 Controles de la exposición profesional:

- En zonas confinadas se debe asegurar ventilación general y/o extracción localizada para mantener las concentraciones encima de los valores límite
- El diseño de los sistemas de ventilación deben cumplir con las normas de ingeniería aprobadas

### 8.2.2 Controles de la exposición del medio ambiente: véase 13

## 8.3 Equipo de protección individuales:

### 8.3.1 protección respiratoria:

- Llevar aparato respirador cuando la concentración supera el valor límite

### 8.3.2 protección de las manos:

- Guantes
- Material apropiado: - Caucho al butilo
- Caucho nitrílico

- Tiempo de penetración: N.E.

### 8.3.3 protección ocular:

- Pantalla facial y gafas de seguridad con protectores laterales

### 8.3.4 protección cutánea:

- Ropa de seguridad
- Material apropiado: - Caucho al butilo
- Caucho nitrílico

## 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información general:

Aspecto (con 20°C)	: Líquido claro
Olor	: Olor débil de alcohol
Color	: Incoloro

### 9.2 Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

Valor pH	: N.E.	
Punto/intervalo de ebullición	: 64.5	°C
Punto de inflamación	: 11	°C (TCC)
Límites de explosión	: 6 - 36	vol%
Presión de vapor (con 20°C)	: 127	hPa
Presión de vapor (con 50°C)	: 535	hPa
Densidad relativa (con 20°C)	: 0.792	
Hidrosolubilidad	: Completa	
Soluble en	: Etanol, éter, acetona, cloroformo	
Densidad de vapor relativa	: 1.1	
Viscosidad	: 0.0006	Pa.s
Coficiente de partición n-octanol/agua	: -0.82/-0.66	
Velocidad de evaporación		
con respecto al acetato butílico	: 5.9	
con respecto al éter	: 5.3	

### 9.3 Otros datos:

Punto/intervalo de fusión	: -97.8	°C
Temp. inflamación espontánea	: 385	°C
Concentración de saturación	: 166	g/m <sup>3</sup>



## 13. Consideraciones sobre la eliminación van residuos

### 13.1 Disposiciones relativas a los residuos:

- Código de residuos (91/689/CEE, Decisión de la Comisión 2001/118/CE, D.O. L47 de 16/2/2001): 07 01 04\* (otros disolventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos)
- Código residuos (Flandes): 001; 015; 034
- Código residuos (Alemania): 55315
- Residuos peligrosos (91/689/CEE)

### 13.2 Métodos de eliminación:

- La incineración es el método de eliminación recomendado
- El tratamiento biológico es permitido para soluciones diluídas de metanol
- Los residuos de metanol no son apropiados para la inyección en el subsuelo
- Disponer de los residuos de acuerdo con las reglamentaciones nacionales, regionales o locales

### 13.3 Envase/Embalaje:

- Código de residuos envase (91/689/CEE, Decisión de la Comisión 2001/118/CE, D.O. L47 de 16/2/2001): 15 01 10\* (envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas)

## ANEXO VI.2 Biodiesel

### 1. CHEMICAL PRODUCT

General Product Name: **Biodiesel (B100)**  
Synonyms: Methyl Soyate, Rapeseed Methyl Ester (RME)  
Product Description: Methyl esters from lipid sources  
CAS Number: Methyl Soyate: 67784-80-9; RME: 73891-99-3;

### 2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

This product contains no hazardous materials.

### 3. HAZARDS IDENTIFICATION

#### Potential Health Effects:

#### INHALATION:

Negligible unless heated to produce vapors. Vapors or finely misted materials may irritate the mucous membranes and cause irritation, dizziness, and nausea. Remove to fresh air.

#### EYE CONTACT:

May cause irritation. Irrigate eye with water for at least 15 to 20 minutes. Seek medical attention if symptoms persist.

#### SKIN CONTACT:

Prolonged or repeated contact is not likely to cause significant skin irritation. Material is sometimes encountered at elevated temperatures. Thermal burns are possible.

#### INGESTION:

No hazards anticipated from ingestion incidental to industrial exposure.

### 4. FIRST AID MEASURES

#### EYES:

Irrigate eyes with a heavy stream of water for at least 15 to 20 minutes.

#### SKIN:

Wash exposed areas of the body with soap and water.

#### INHALATION:

Remove from area of exposure; seek medical attention if symptoms persist.

#### INGESTION:

Give one or two glasses of water to drink. If gastro-intestinal symptoms develop, consult medical personnel. (Never give anything by mouth to an unconscious person.)

---

## 5. FIRE FIGHTING MEASURES

Flash Point (Method Used): 130.0 C or 266.0 F min (ASTM 93)

Flammability Limits: None known

### EXTINGUISHING MEDIA:

Dry chemical, foam, halon (may not be permissible in some countries), CO<sub>2</sub>, water spray (fog). Water stream may splash the burning liquid and spread fire.

### SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES:

Use water spray to cool drums exposed to fire.

### UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

Biodiesel soaked rags or spill absorbents (i.e. oil dry, polypropylene socks, sand, etc.) can cause spontaneous combustion if stored near combustibles and not handled properly. Store biodiesel soaked rags or spill absorbents in approved safety containers and dispose of properly. Oil soaked rags may be washed with soap and water and allowed to dry in

well ventilated area. Firefighters should use self-contained breathing apparatus to avoid exposure to smoke and vapor.

---

## 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES SPILL CLEAN-UP PROCEDURES

Remove sources of ignition, contain spill to smallest area possible. Stop leak if possible. Pick up small spills with absorbent materials and dispose of properly to avoid spontaneous combustion (see unusual fire and explosion hazards above).

Recover large spills for salvage or disposal. Wash hard surfaces with safety solvent or detergent to remove remaining oil film. Greasy nature will result in a slippery surface.

---

## 7. HANDLING AND STORAGE

Store in closed containers between 50°F and 120°F.

Keep away from oxidizing agents, excessive heat, and ignition sources.

Store and use in well ventilated areas.

Do not store or use near heat, spark, or flame, store out of sun.

Do not puncture, drag, or slide this container.

Drum is not a pressure vessel; never use pressure to empty.

---

## 8. EXPOSURE CONTROL /PERSONAL PROTECTION

### RESPIRATORY PROTECTION:

If vapors or mists are generated, wear a NIOSH approved organic vapor/mist respirator.

### PROTECTIVE CLOTHING:

Safety glasses, goggles, or face shield recommended to protect eyes from mists or splashing. PVC coated gloves recommended to prevent skin contact.

### OTHER PROTECTIVE MEASURES:

Employees must practice good personal hygiene, washing exposed areas of skin several times daily and laundering contaminated clothing before re-use.

---

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Boiling Point, 760 mm Hg:>200°C

Volatiles, % by Volume: <2

Specific Gravity (H<sub>2</sub>O=1): 0.88

Solubility in H<sub>2</sub>O, % by Volume: insoluble

Vapor Pressure, mm Hg: <2

Evaporation Rate, Butyl Acetate=1: <1

Vapor Density, Air=1:>1

Appearance and Odor: pale yellow liquid, mild odor

---

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

### GENERAL:

This product is stable and hazardous polymerization will not occur.

### INCOMPATIBLE MATERIALS AND CONDITIONS TO AVOID:

Strong oxidizing agents

### HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Combustion produces carbon monoxide, carbon dioxide along with thick smoke.

---



## ANEXO VII

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>[1]</sup> **Libro “Monografías Técnicas de Energías Renovables. N°3 Biocombustibles”**  
M.Castro Gil y C.Sanchez Naranjo. Progensa , 1997, Sevilla, España
- <sup>[2]</sup> **Libro “Manuales de Energías Renovables. N°3. Energía de la biomasa”**  
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Edición Especial 5  
Días, 1996.
- <sup>[3]</sup> **Libro “Los Aceites Vegetales como Combustibles para Motores”**  
J.A.López, L.Guijosa, J.M.Sanz. Secretariado de publicaciones e intercambio  
científico. Universidad de Valladolid, 1995
- <sup>[4]</sup> **Manual del Ingeniero Químico. 7º Edición.**  
Robert H Perry.Editorial Mc Graw-Hill, 2001
- <sup>[5]</sup> **Libro “Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química, 5ª Edición”**  
Van Ness, Smith y Abbott . Editorial Mc Graw-Hill, 1997
- <sup>[6]</sup> **Libro “Ingeniería de Reactores”**  
J.M. Santamaría, J.Herguido, M.A. Menéndez y A.Monzón. Editorial Síntesis,2002
- <sup>[7]</sup> **Libro “Ingeniería de Control Moderna, 4º Edición”**  
Katsuhiko Ogata.Editorial Pearson Prentice-Hall
- <sup>[8]</sup> **Libro “Autómatas Programables”**  
Josep Balcells y J.L. Romeral. Marcombo, Boixreu Editores.
- <sup>[9]</sup> **Manual “Curso de Formación Omron: Control de Temperatura”**  
Omron Electronics S.A
- <sup>[10]</sup> **Manual “Curso de Formación Omron/Smart Factory: Sensores”**  
Omron Electronics S.A.

- [11] **Manual de Operación y Comunicaciones. Controladores de Temperatura E5CN/E5GN**  
Omron Electronics S.A, 1999
- [12] **Manual de Operación y Programación. Procesadores Inteligentes de Señal Series K3**  
Omron Electronics S.A, 1998
- [13] **Artículo “Producción de biodiésel a partir de residuos de industrias agroalimentarias”**  
M<sup>a</sup>.D.Bustillo,F.Barriga,J.Pereda, P.Alvarez y M<sup>a</sup>. M. Durá. Dpto. de Ingeniería Química.Fac. de Química.Universidad de Sevilla.
- [14] **Artículo “Biodiesel Production: a review”**  
Fangrui Ma, Milford A.Hanna . Department of Food Science and Technology of Nebraska Lincoln, Nebraska, USA and Industrial Agricultural Products Center, Nebraska ,USA,1999
- [15] **Artículo “ Procesos de Producción de Biodiesel: Uso de Materias Primas Alternativas y de Alta Acidez”**  
Bruno O.Dalla Costa, María L.Pisarello, Carlos A.Querini. Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica.Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- [16] **Artículo “Kinetics of Transterification of Soybean Oil”**  
H. Nouredдини and D.Zhu. Department of Chemical Engineering,University of Nebraska,USA
- [17] **Artículo “Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor”**  
D.Darnoko, Munir Cheryan. University of Illinois, Department of Food Science and Human Nutrition.
- [18] **Artículo “A Pilot Plant to Produce Biodiesel from High Free Fatty Acid Feedstocks”**

Mustafa Canakci (Izmit, Turkey) y Jon Van Herpen ( Department of Mechanical Eng., Iowa St University, Ames, USA )

**[19] Manual “Biodiesel Production Technology”**

J. Van Gerpen, B.Shanks, and R. Pruszko (Iowa State University), D. Clements (Renewable Products Development Laboratory), G. Knothe (USDA/NCAUR). National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado

**[20] Proyecto Fin de Carrera :“Diseño de una planta de producción de biodiesel a partir de aceites de fritura usados procedentes de procesos industriales y de hosteleria”**

Tomás Delgado Perez, Octubre 2005 , Universidad de Cádiz

**[21] Catalogo virtual de válvulas y electroválvulas “Ascojoucomatic”**

([www.ascojoucomatic.es](http://www.ascojoucomatic.es))

Emerson Industrial Automation S.A , Rueil Malmaison, France

**[22] Catálogo virtual de automatización industrial “Omron”**

([www.omron-industrial.com](http://www.omron-industrial.com))

Omron Electronics Iberia, SA, Madrid, España

**[23] Catálogo virtual de productos “Kobold-Mesura”**

([www.mesura.es](http://www.mesura.es))

Mesura Controles de Nivel , Badalona , España

**[24] Catálogo E-direct 2006 “Endress + Hauser”**

Endress + Hauser, S.A , Barcelona, España

**[25] RS , El Catálogo Octubre 2005 -Septiembre 2006**

RS Amidata, Madrid

**[26] [www.journeytoforever.com](http://www.journeytoforever.com)**

**[27] [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org)**

- [28] [www.mc-master.com](http://www.mc-master.com)
- [29] [www.midwestmixing.com](http://www.midwestmixing.com)
- [30] [www.vulcanelectric.com](http://www.vulcanelectric.com)
- [31] [www.detcon.com](http://www.detcon.com)
- [32] [www.centelsa.com](http://www.centelsa.com)
- [33] [www.sensorex.com](http://www.sensorex.com)
- [34] [www.ul.com](http://www.ul.com)
- [35] [www.ascojoucomatic.es](http://www.ascojoucomatic.es)
- [36] [www.draeger-safety.com](http://www.draeger-safety.com)
- [37] [www.methanex.com](http://www.methanex.com)
- [38] [www.mtas.es](http://www.mtas.es)
- [39] [www.libertyvegetableoil.com](http://www.libertyvegetableoil.com)
- [40] [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
- [41] [www.taex.net](http://www.taex.net)
- [42] [www.asagir.org.ar](http://www.asagir.org.ar)
- [43] [www.factorco2.com](http://www.factorco2.com)
- [44] [www.crisisenergetica.org](http://www.crisisenergetica.org)
- [45] [archivo.greenpeace.org](http://archivo.greenpeace.org)
- [46] [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)
- [47] **Artículo “Kinectics of free fatty acids esterification with methanol in the production of biodiesel fuel”**  
Egle Sendzikiene, Violeta Makareviciene, Prutenis Janulis, Saulius Kitrys. Department of Physical Chemistry, Kaunas University of Technology, Lituania, 2004
- [48] **Artículo “Productos químicos a partir de aceites usados”**  
R.Soriano, T.García, M.Martínez y J.Aracil. Dpto. de Ingeniería Química. Fac. de Ciencias Químicas Universidad Complutense

[49] **Libro “Técnicas y Procesos en las Instalaciones Automatizadas en los Edificios”**  
Juan Millán Esteller, Editorial Paraninfo- Thompson Learning,2001

[50] **Manual “Formación: PLC’s”**  
Omron Electronics S.A

[51] [www.mtas.es](http://www.mtas.es)

[52] **Libro “Los automatismos programables”**  
D.Boteuille, N.Boteuille, S.Chantreuil, R.Collot, J.P.Frchet, H.LeGras, C.Merlaud,  
J.Selosse,A.Sfar. Citef Editions 1991

[53] **Libro “Automatismos y cuadros eléctricos 4ª Edición”**  
José Roldán Victoria. Editorial Thompson-Paraninfo 2002

[54] [www.himel.es](http://www.himel.es)

[55] [www.inoxidable.com](http://www.inoxidable.com)

[56] [www.finishthompson.com](http://www.finishthompson.com)

[57] [www.bominox.es](http://www.bominox.es)

[58] [www.cepex.com](http://www.cepex.com)

#### **SOFTWARE :**

[59] **Software Omron CX-Programmer** (Omron Electronics, SA)

[60] **Software Omron CX-Simulator** (Omron Electronics, SA)

[61] **Software ISE Wattage Calculator** (Ise , Inc)

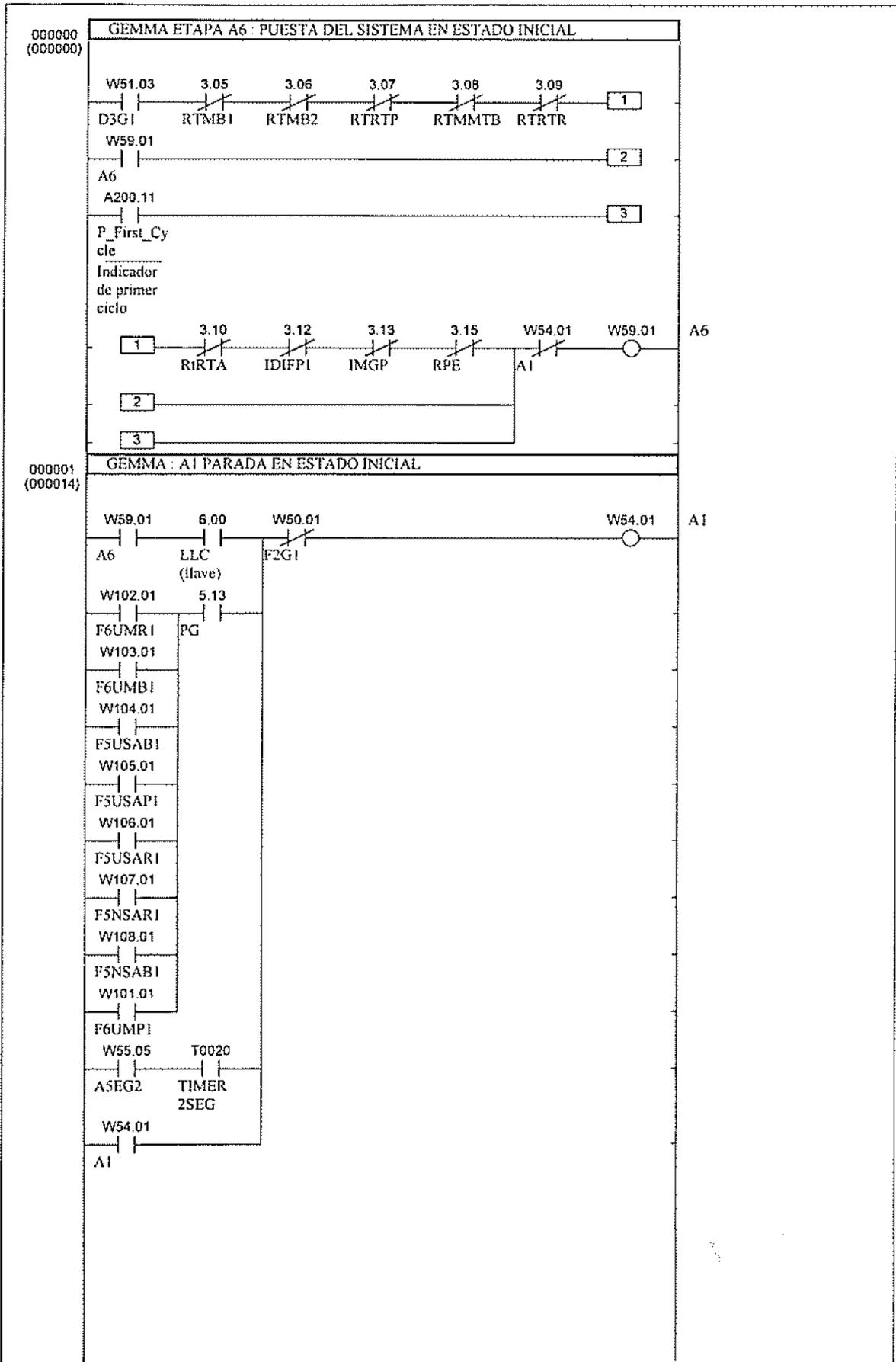
[62] **Software AutoCad 2005** (Autodesk,Inc)

[63] **Software Microsoft Excel 2003** (Microsoft Corporation)

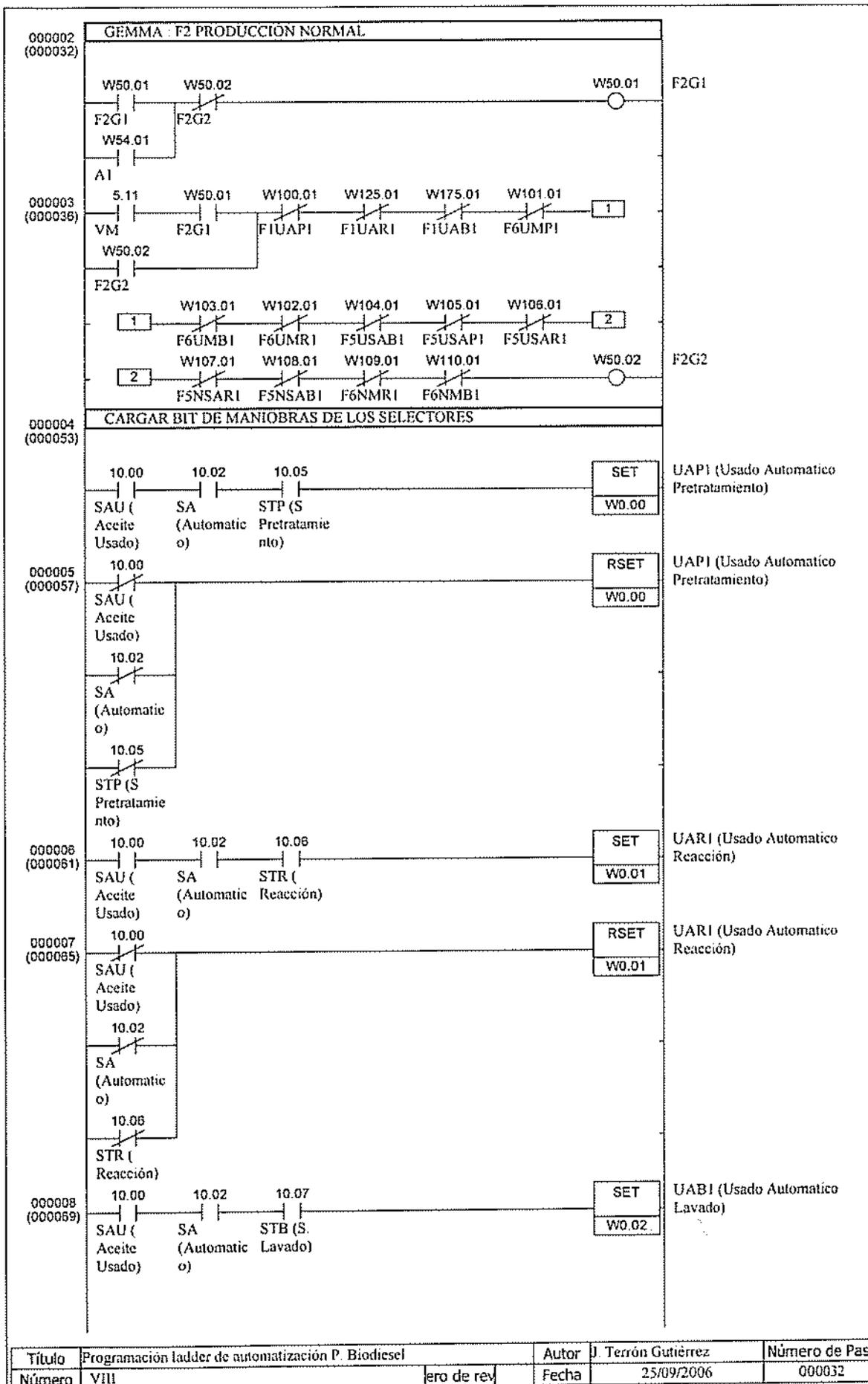
[64] **Software Microsoft Visio 2003** (Microsoft Corporation)

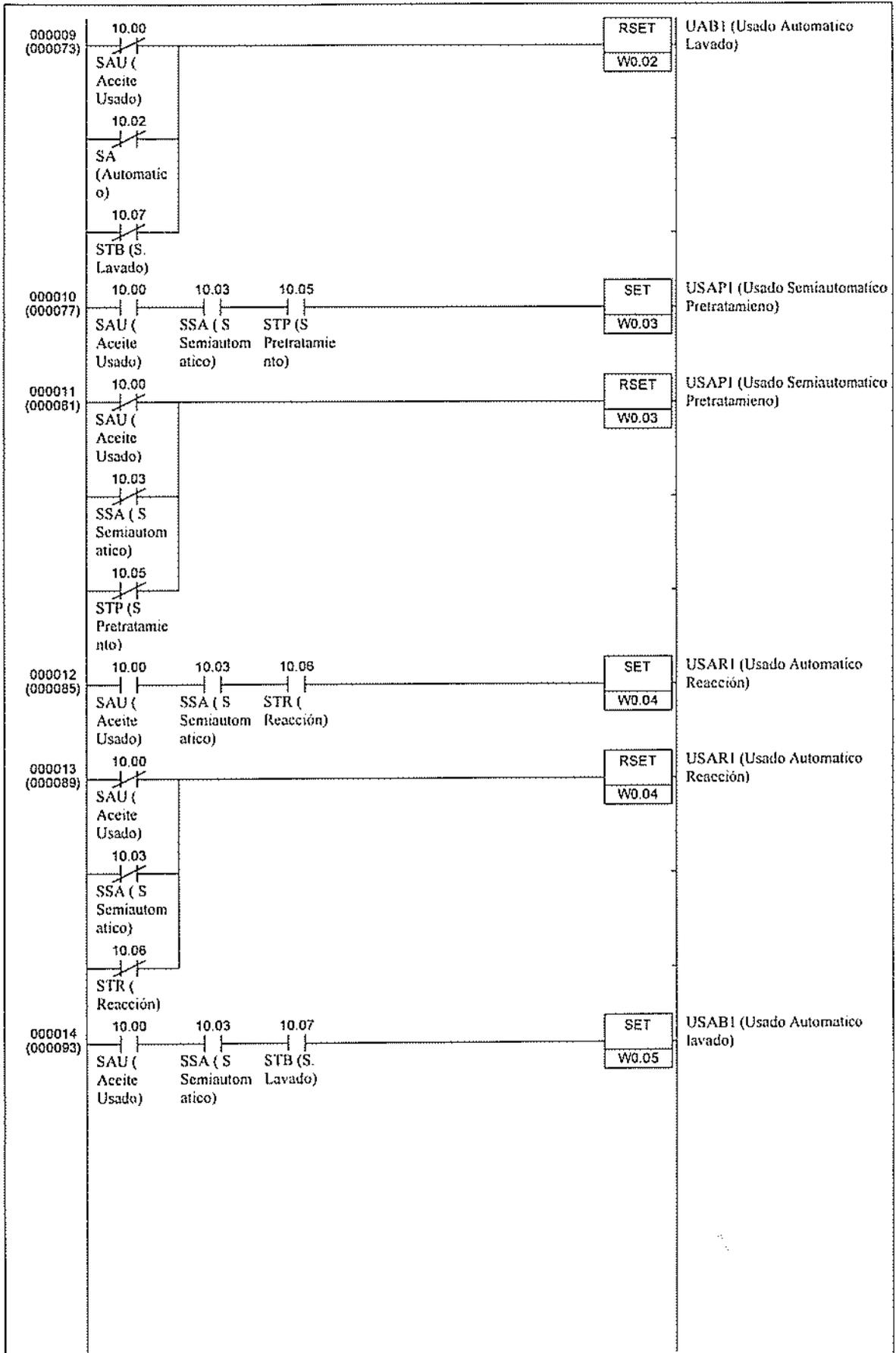
## ANEXO VIII

# LISTADO DE PROGRAMACIÓN EN LADDER

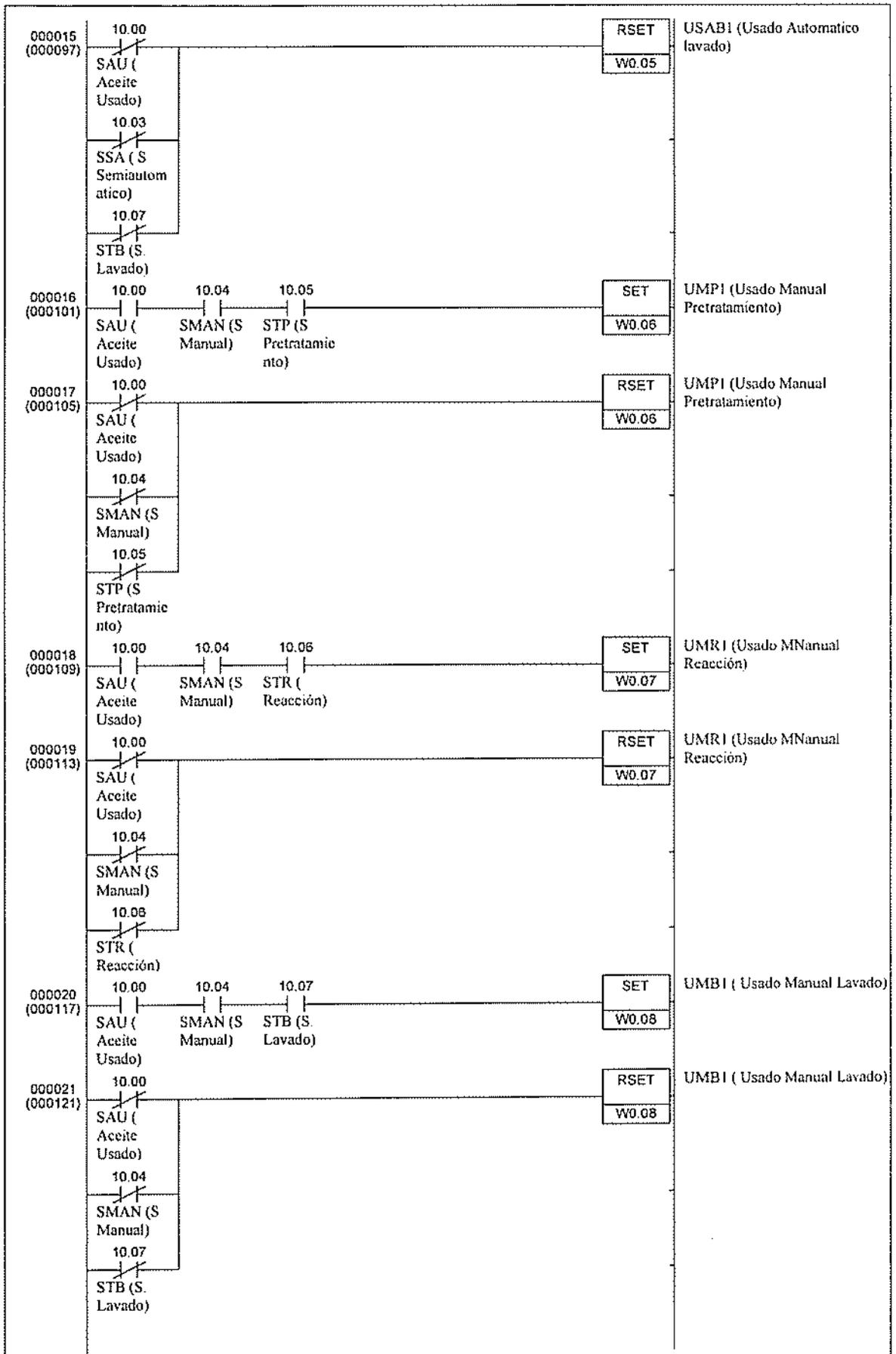


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	000000
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000000

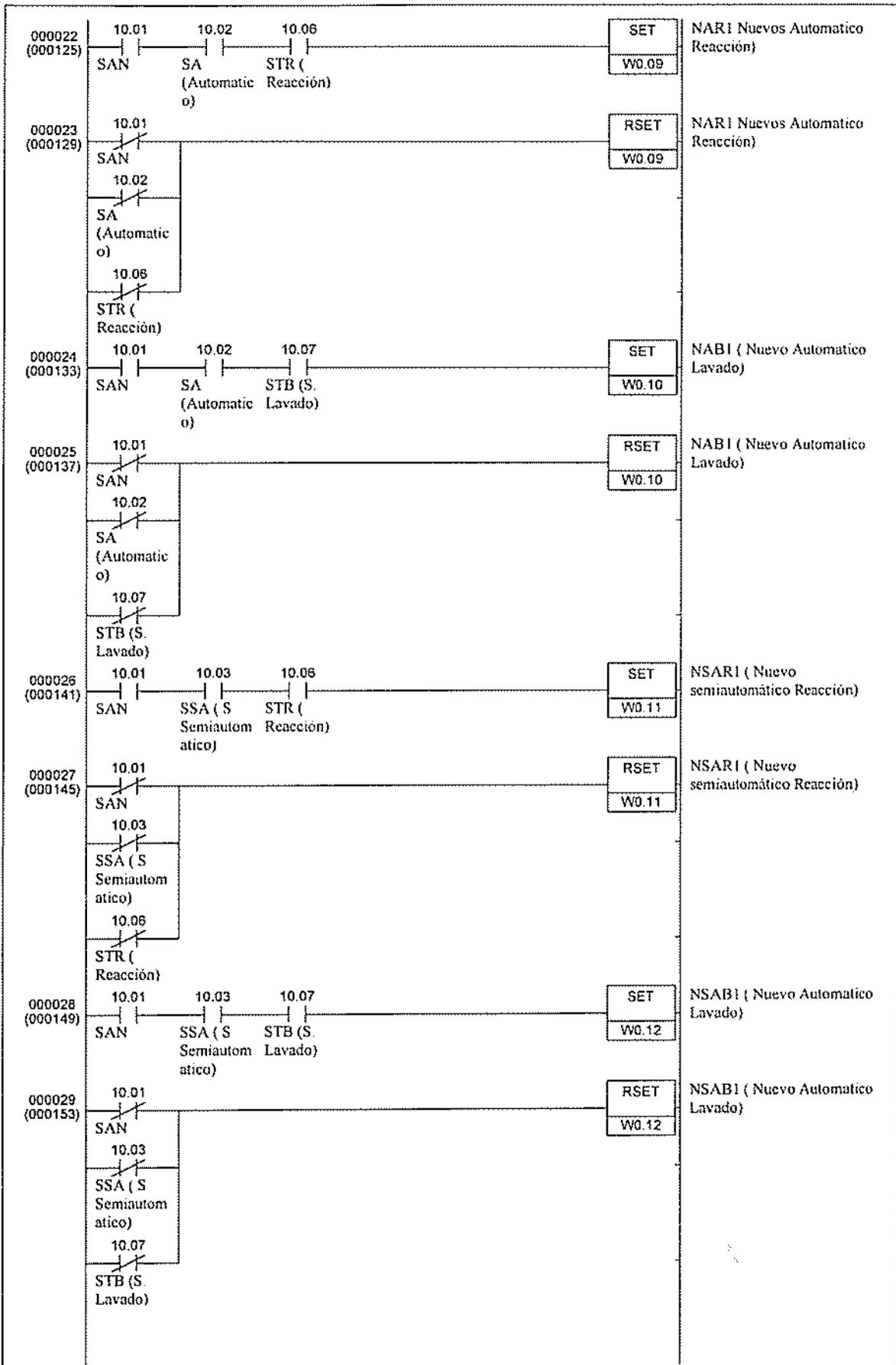




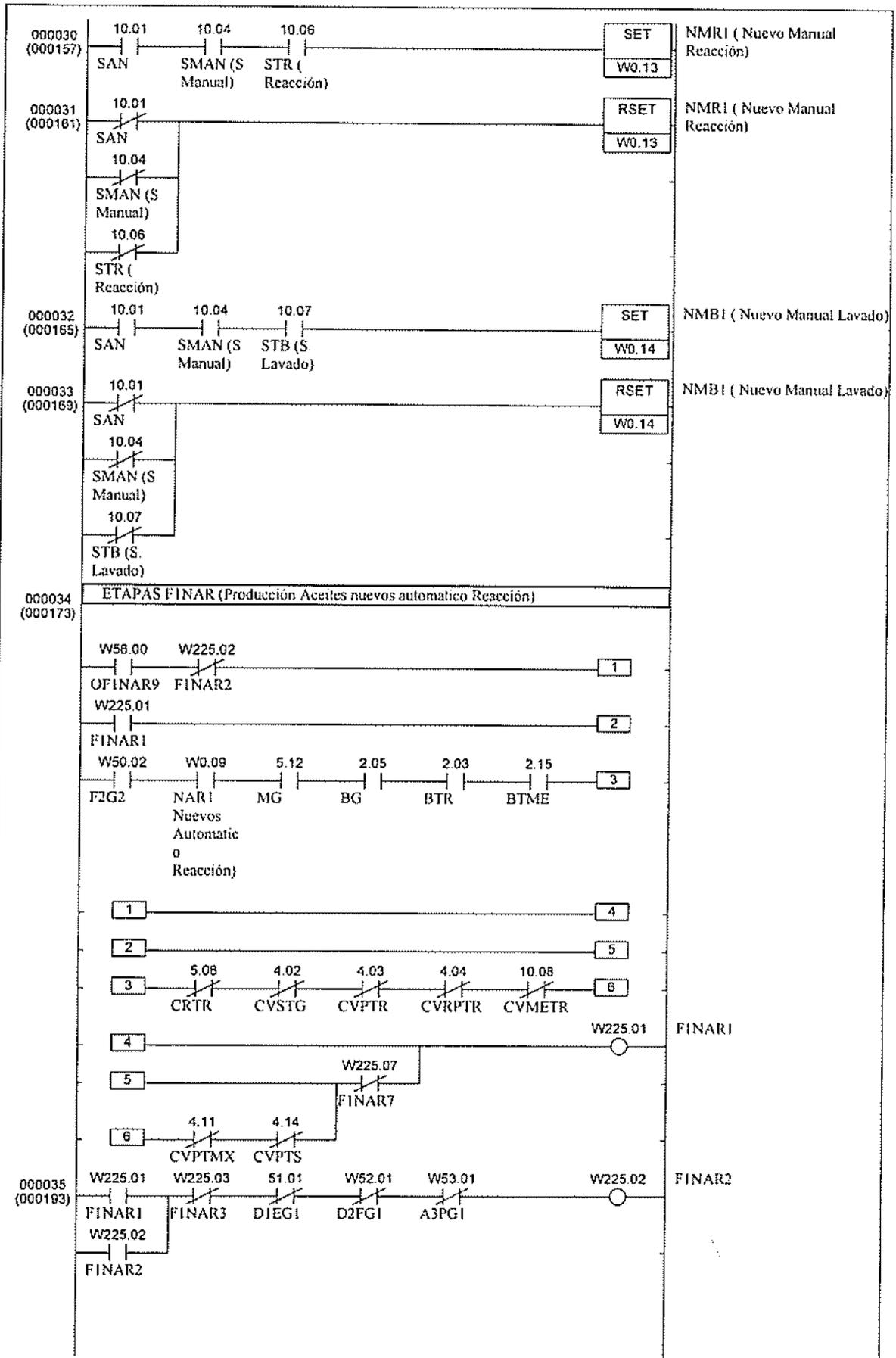
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000073



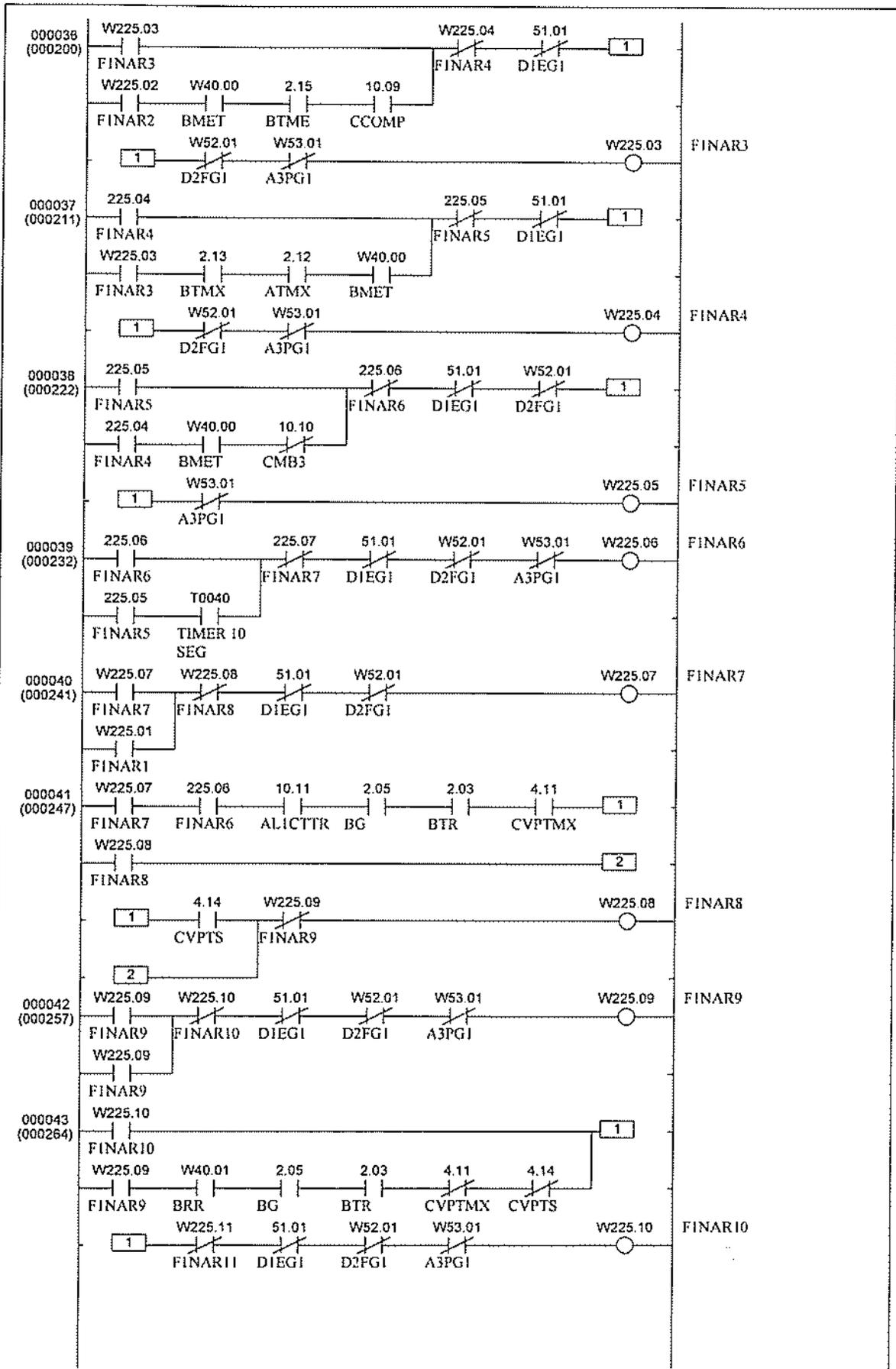
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000097



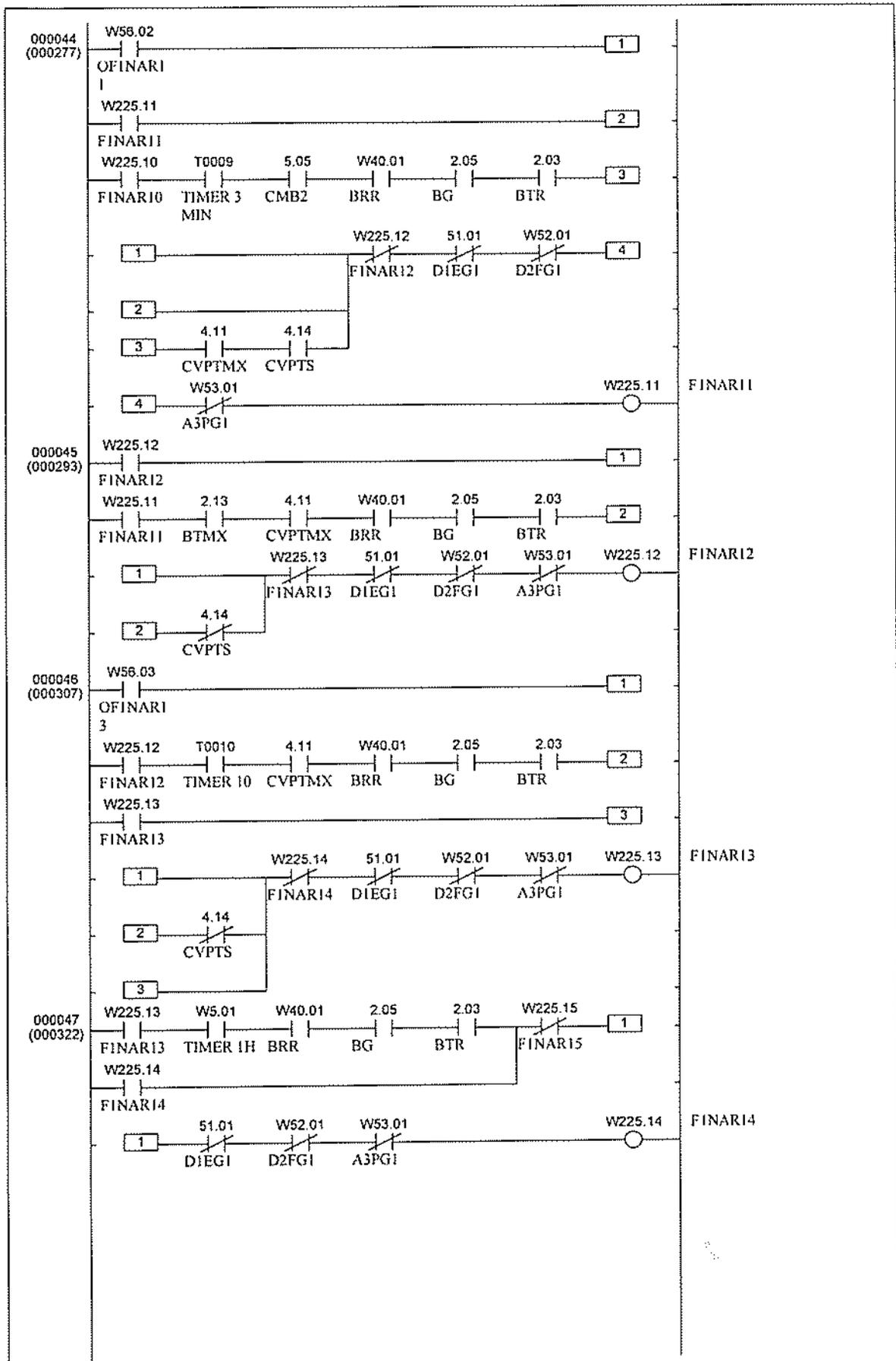
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000125



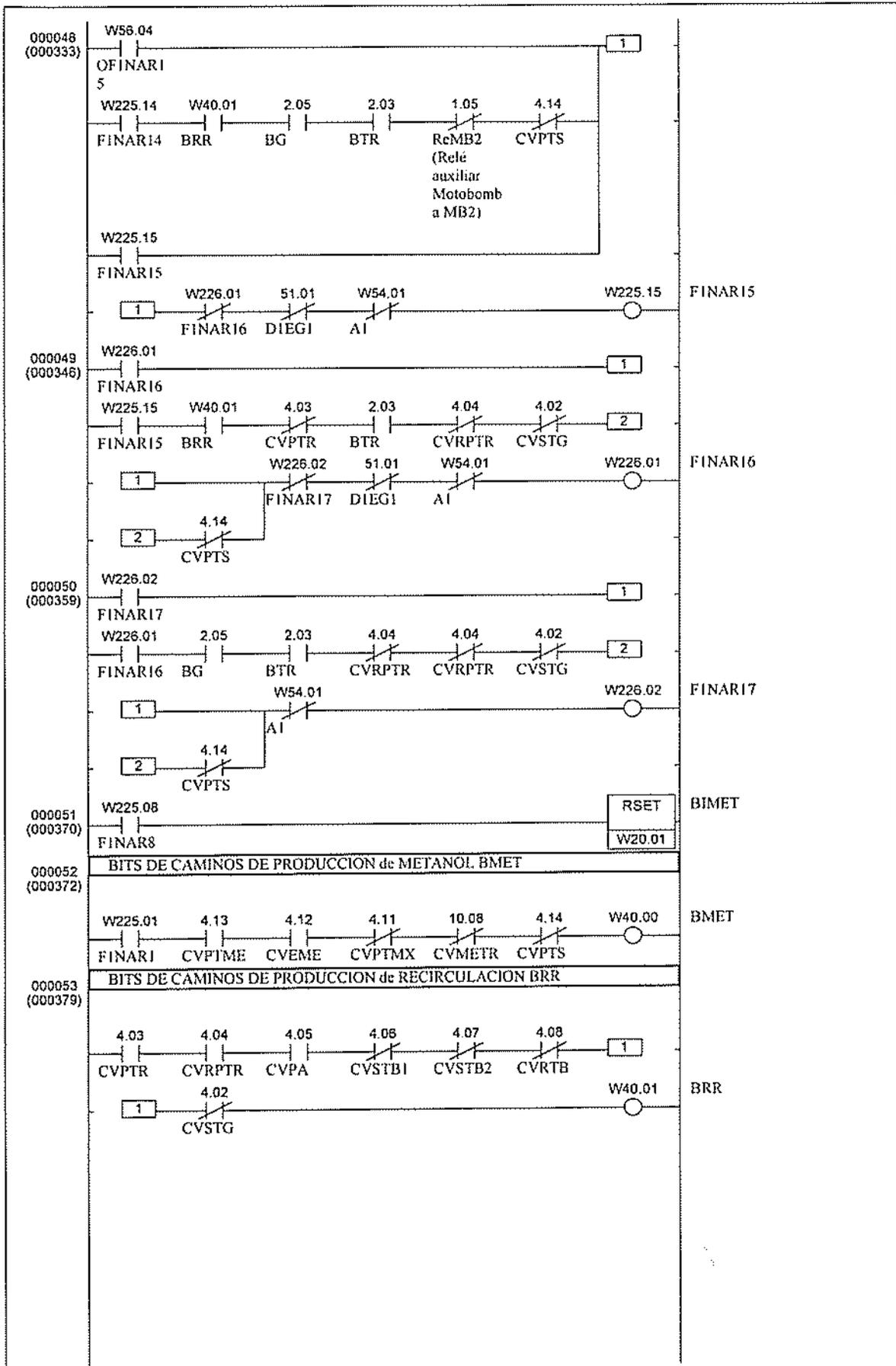
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				000157



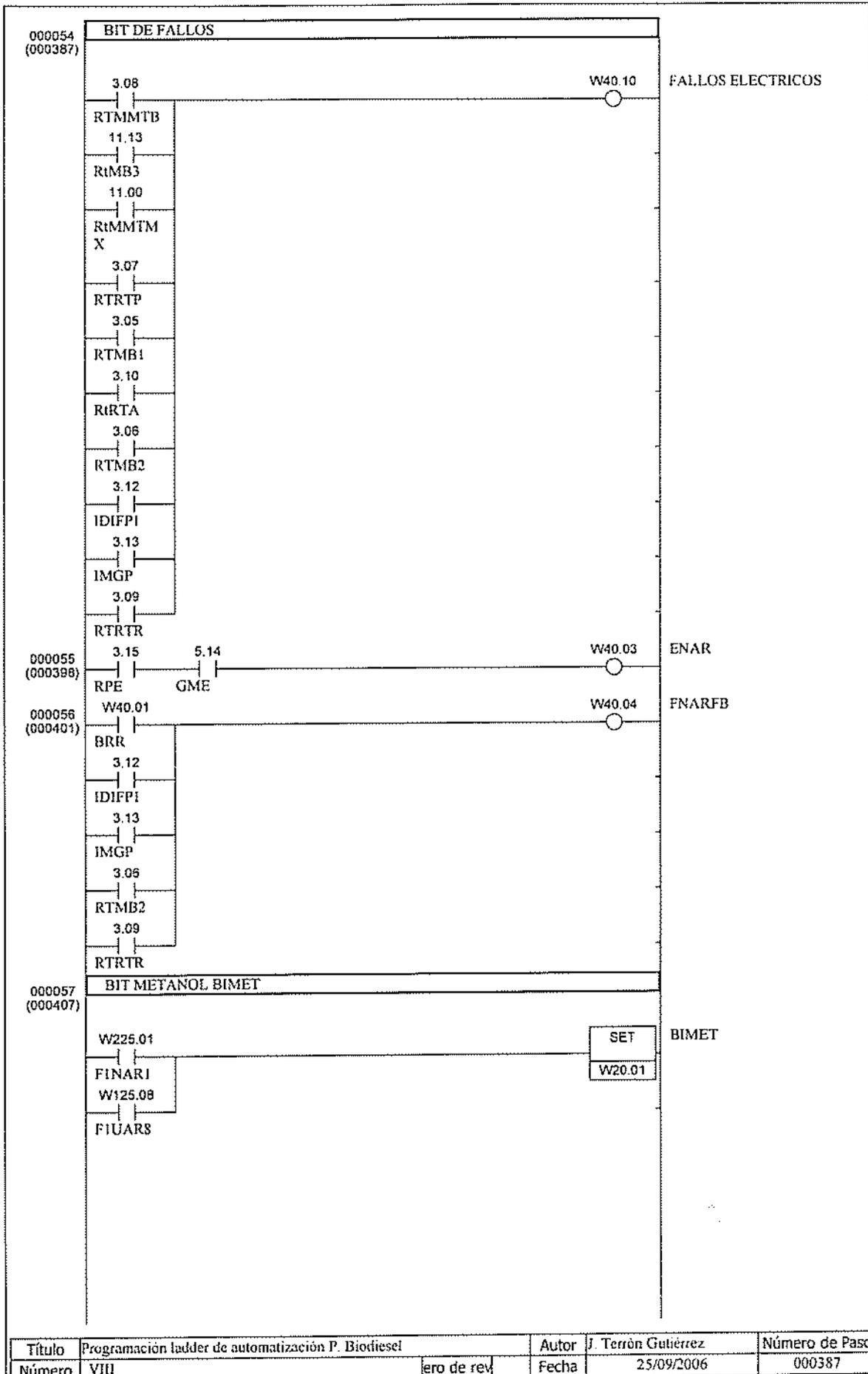
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000200

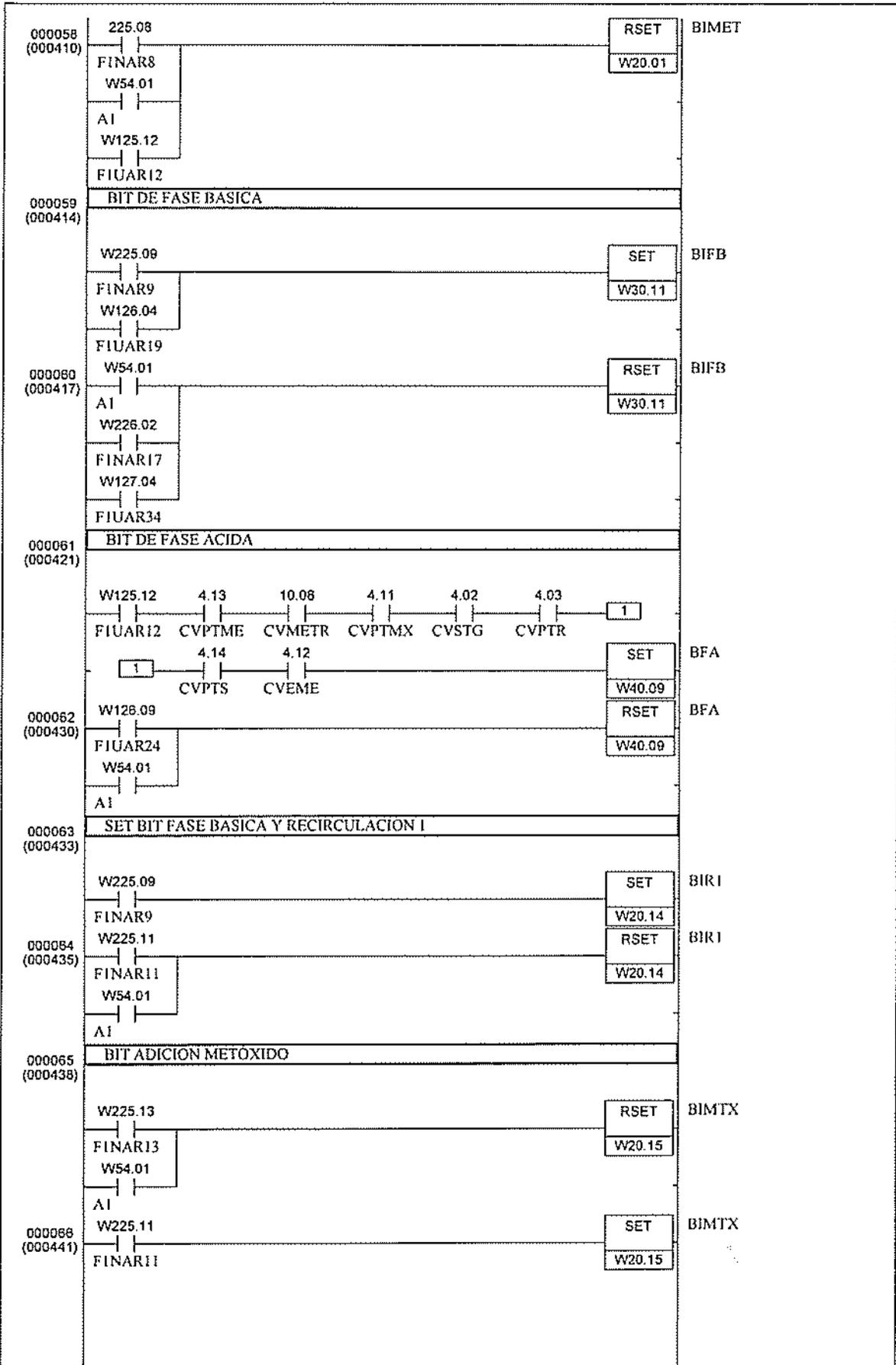


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000277

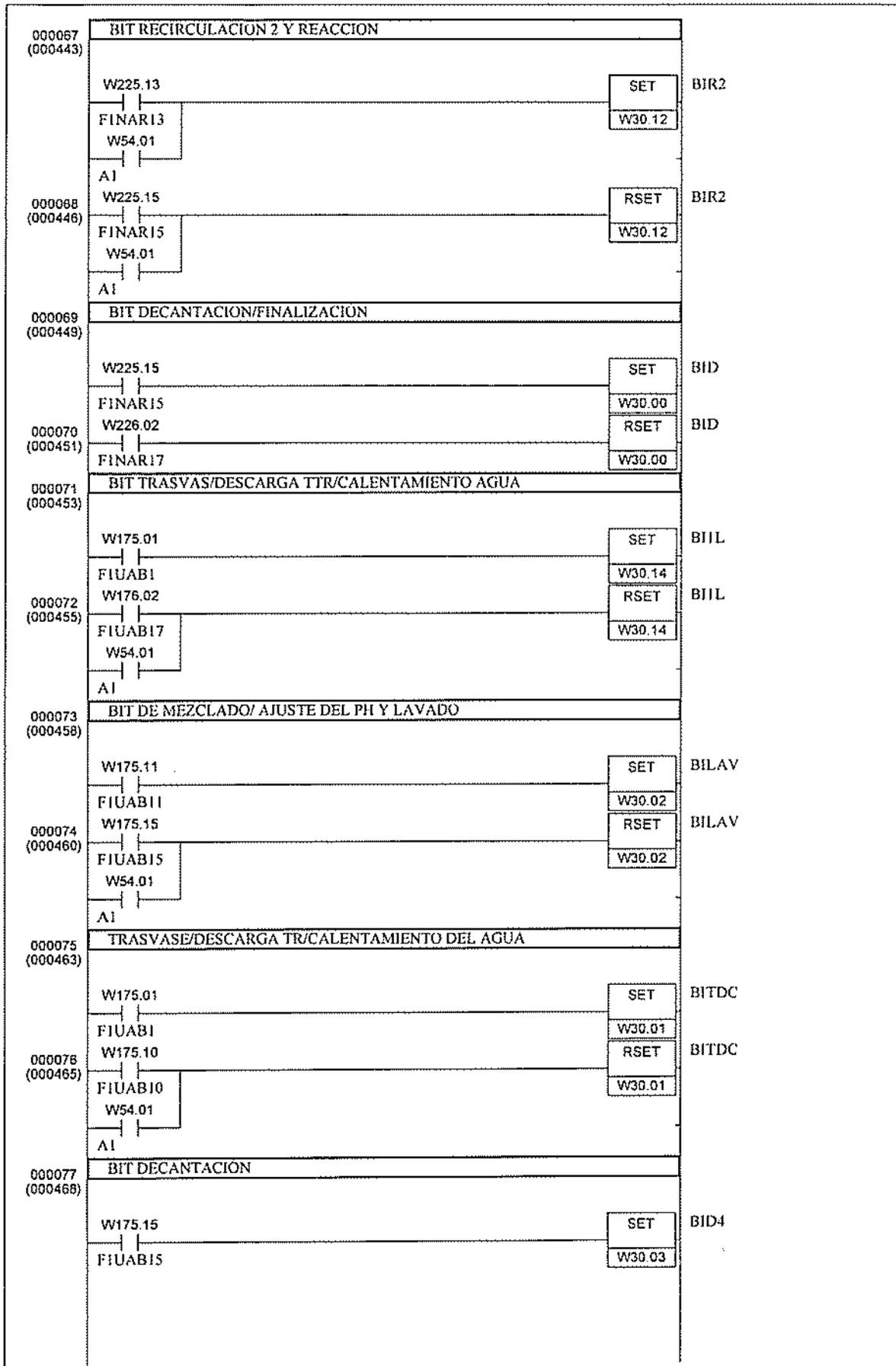


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		000333

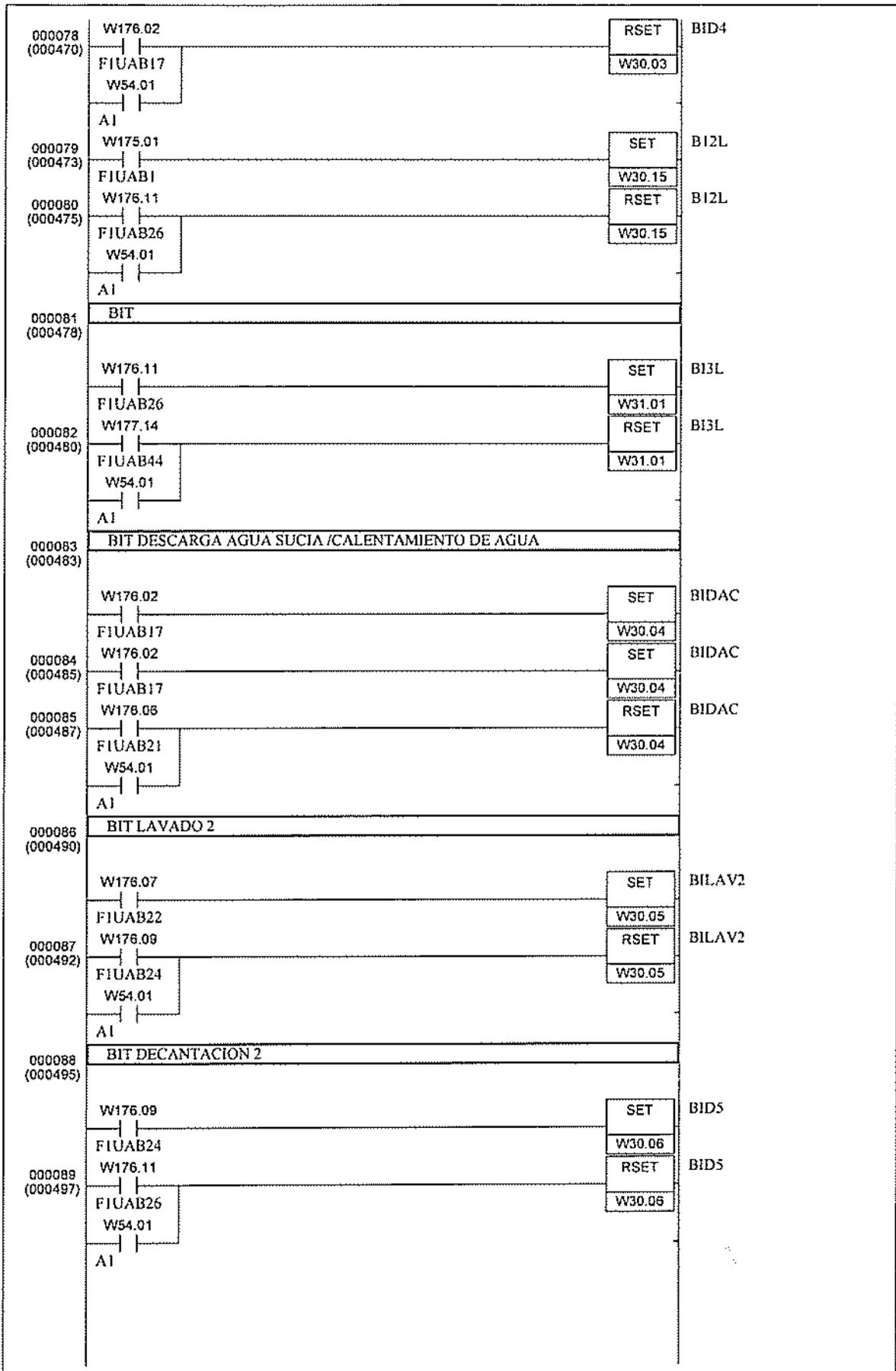




Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	000410
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		

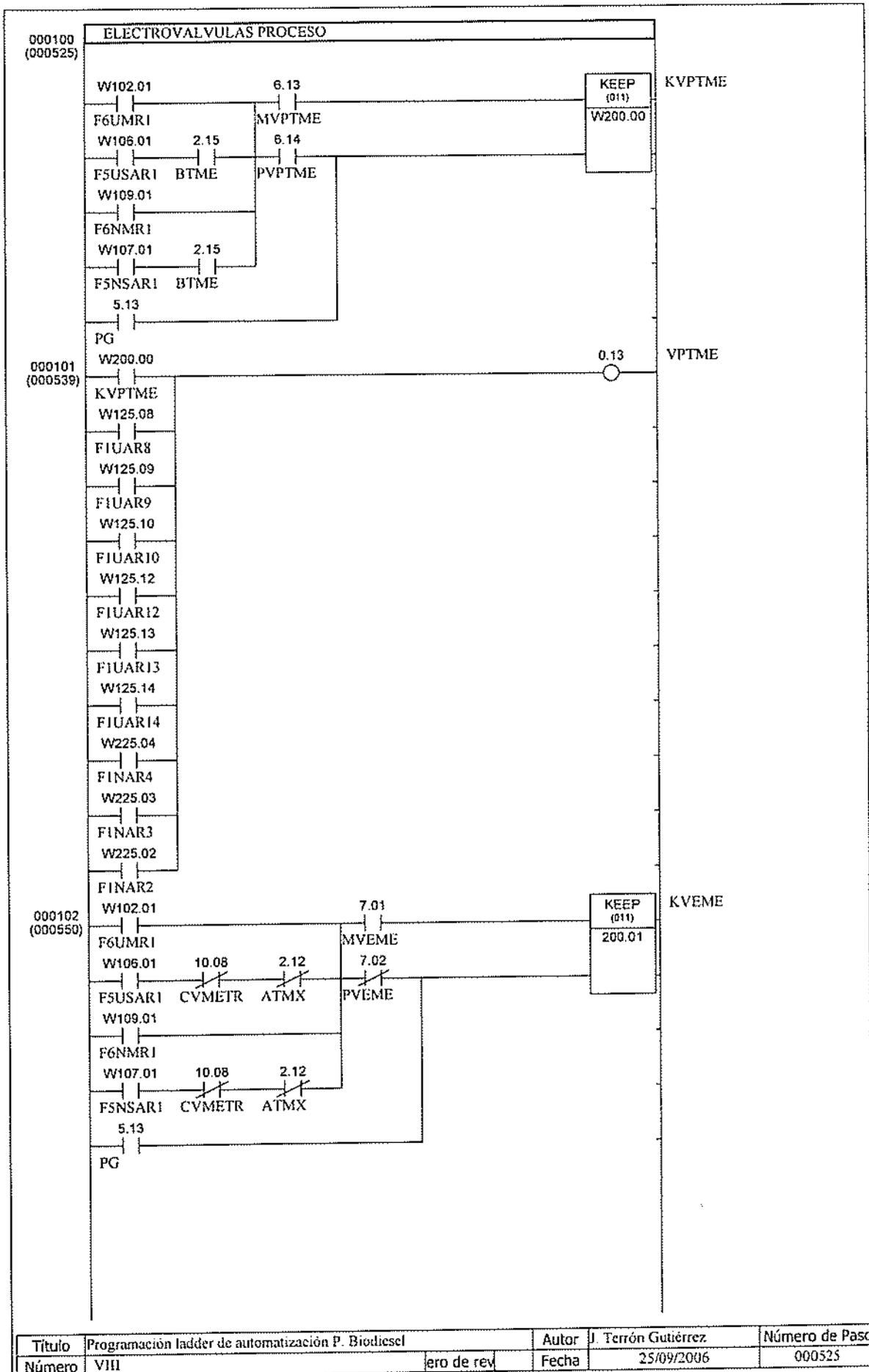


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000443

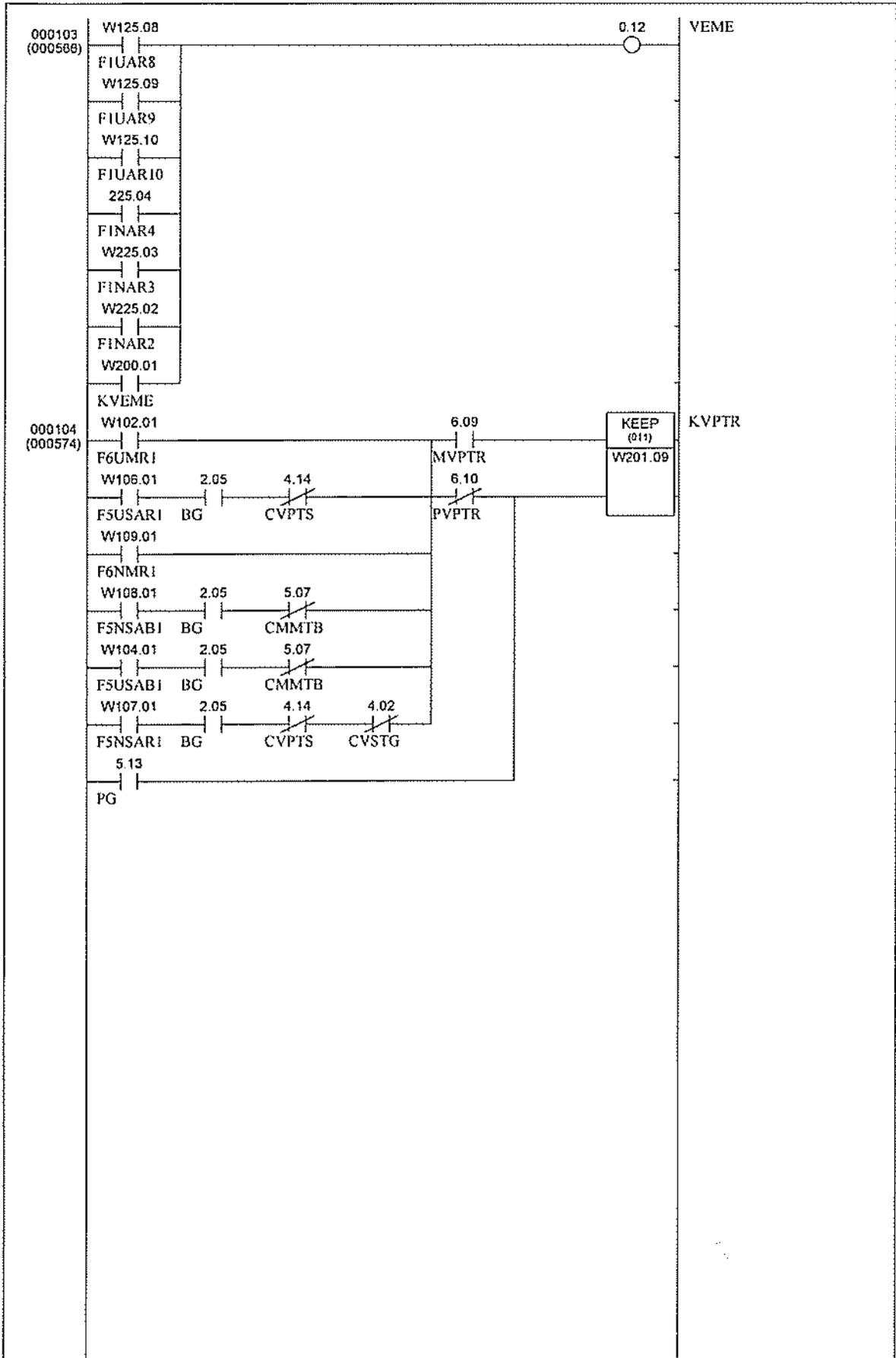


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000470

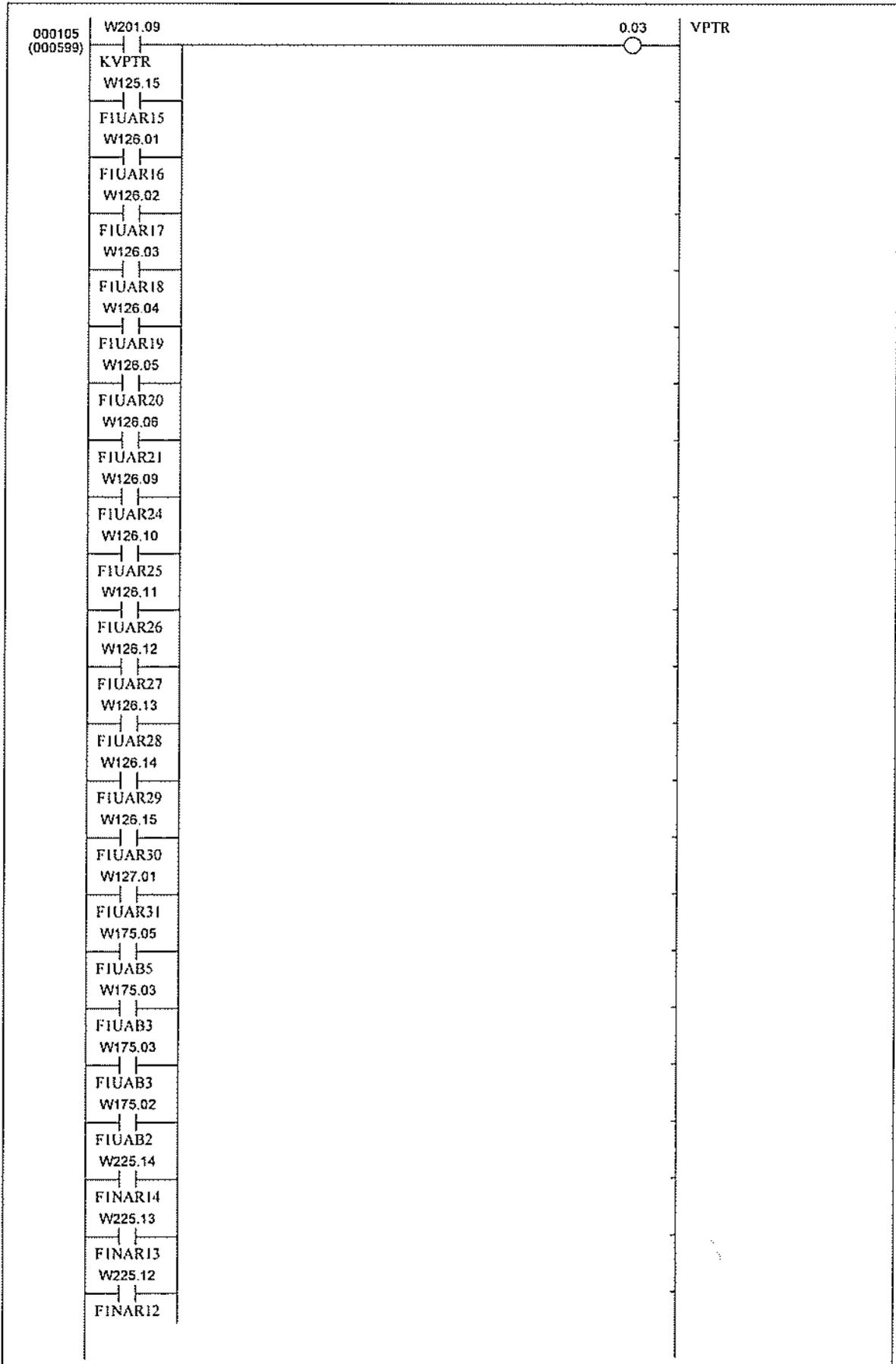
000090 (000500)	<b>BIT DESCARGA AGUA SUCIA/CALENTAMIENTO AGUA/ENJUAGUE</b>				
	W176.11	SET	BIDAC2		
	FIUAB26	W30.07			
000091 (000502)	W177.04	RSET	BIDAC2		
	FIUAB34	W30.07			
	W54.01				
	A1				
000092 (000505)	<b>BIT LAVADO 3</b>				
	W177.04	SET	BILAV3		
	FIUAB34	30.08			
000093 (000507)	W177.06	RSET	BILAV3		
	FIUAB36	30.08			
	W54.01				
	A1				
000094 (000510)	<b>BIT DECANTACION 3</b>				
	W177.06	SET	BID6		
	FIUAB36	30.06			
000095 (000512)	W177.08	RSET	BID6		
	FIUAB38	30.06			
	W54.01				
	A1				
000096 (000515)	<b>BIT DE EVACUACION DEL BIODIESEL</b>				
	W177.08	SET	BIEXT		
	FIUAB38	W30.10			
000097 (000517)	W177.12	RSET	BIEXT		
	FIUAB42	W30.10			
	W54.01				
	A1				
000098 (000520)	W177.12	SET	BIDAC3		
	FIUAB42	W31.02			
000099 (000522)	W177.14	RSET	BIDAC3		
	FIUAB44	W31.02			
	W54.01				
	A1				
<b>Título</b>	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		<b>Autor</b>	J. Terrón Gutiérrez	<b>Número de Paso</b>
<b>Número</b>	VIII	<b>ero de rev</b>	<b>Fecha</b>	25/09/2006	000500



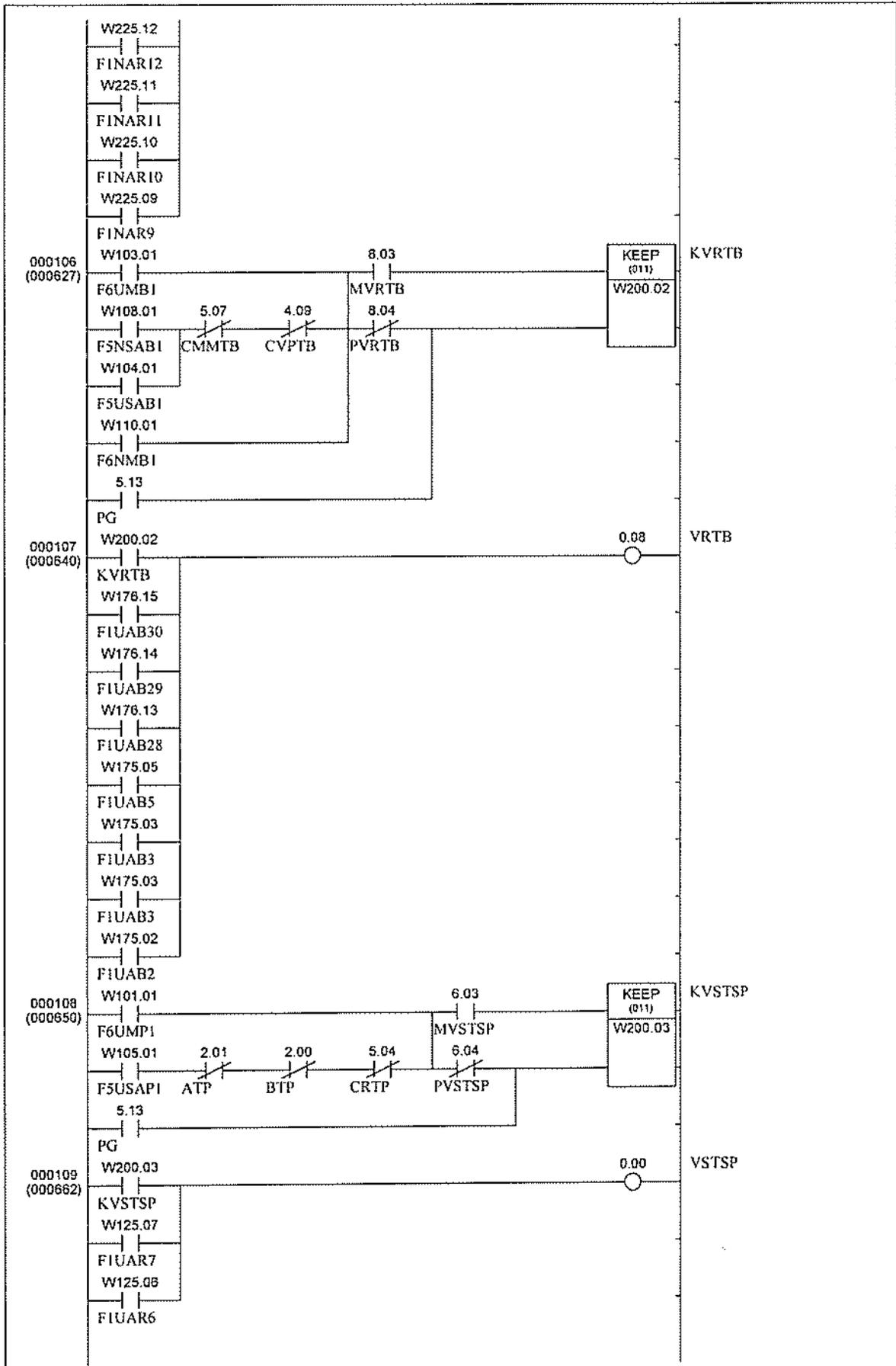
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		000525



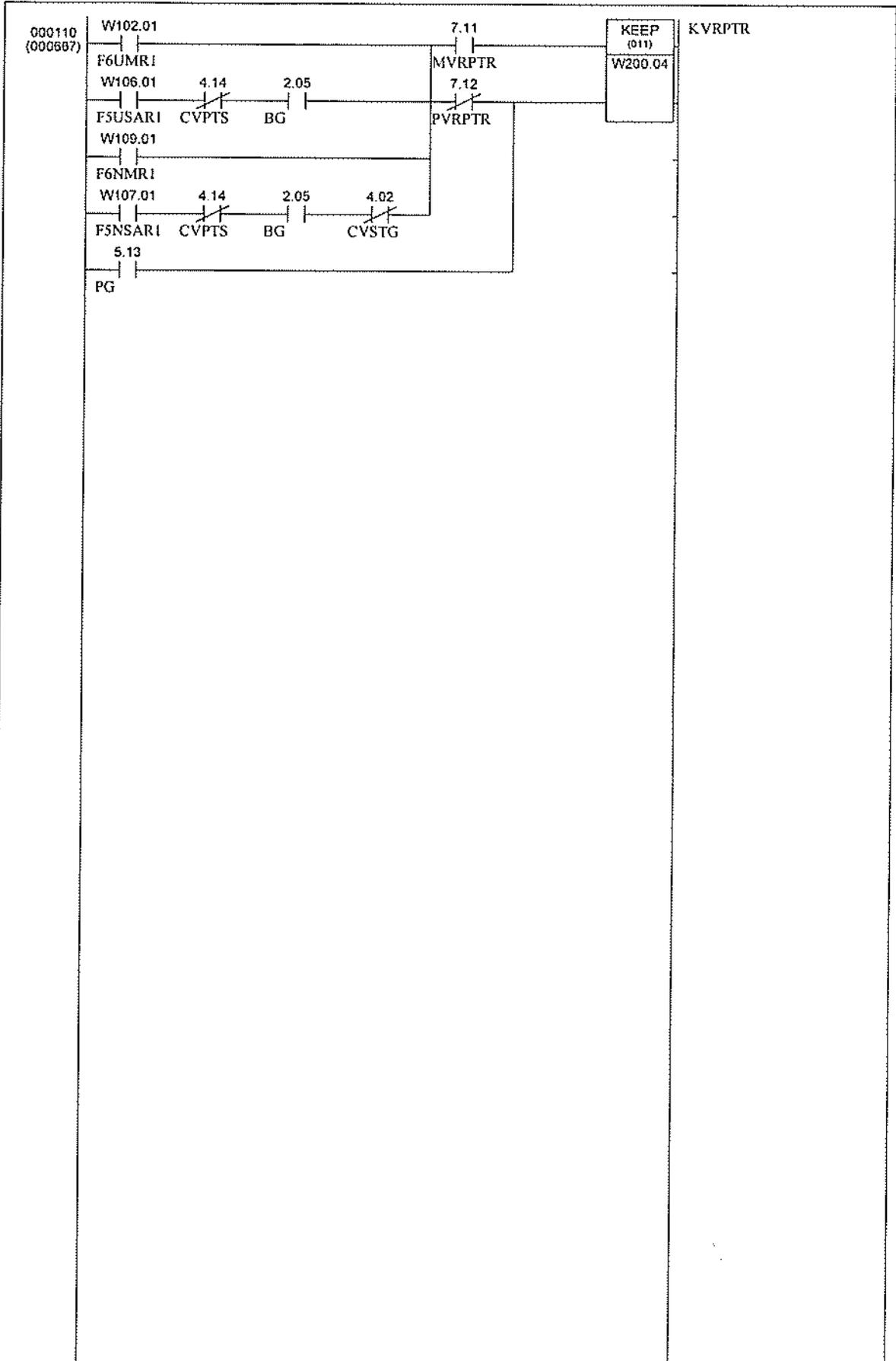
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000566



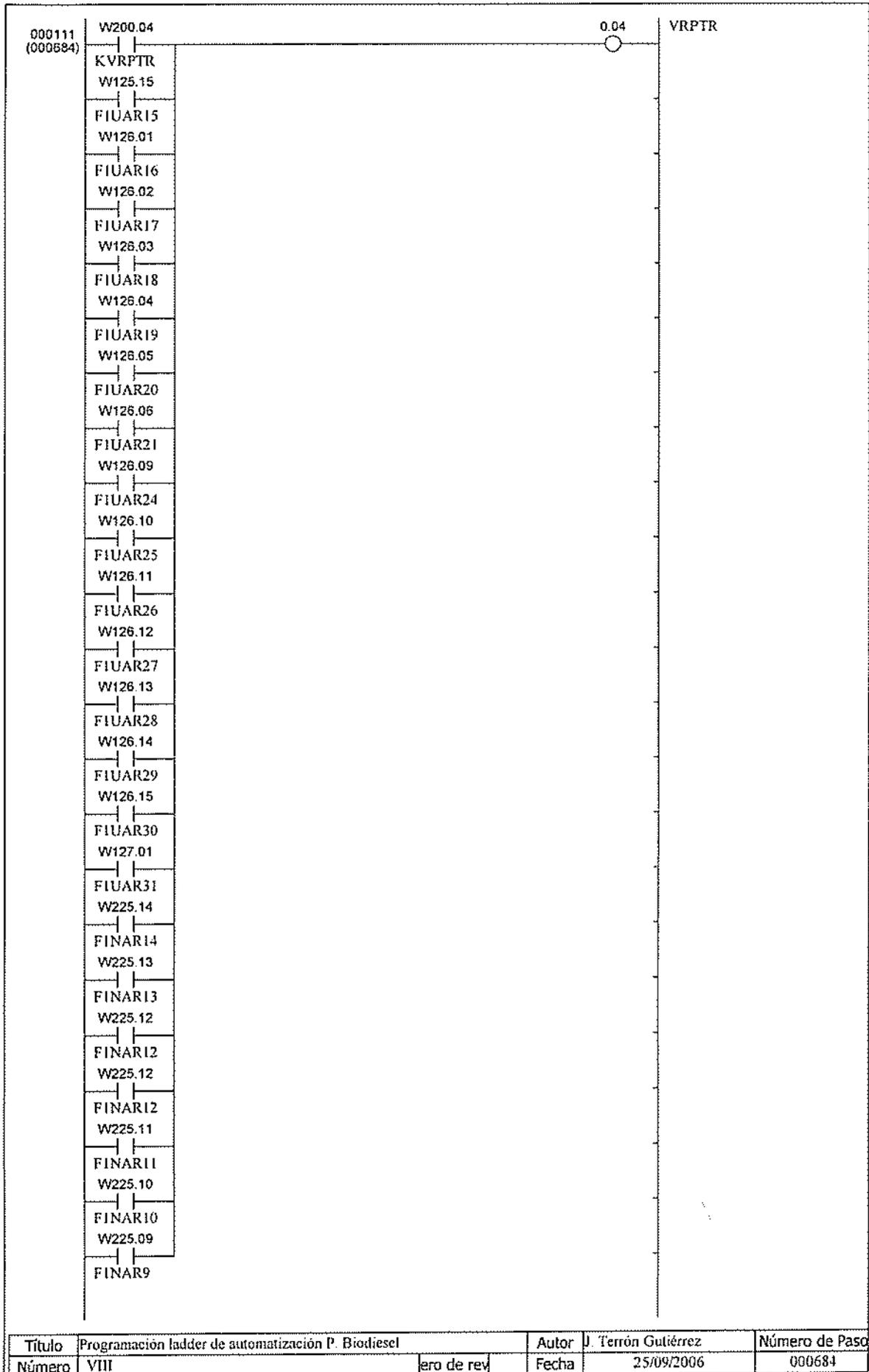
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000599

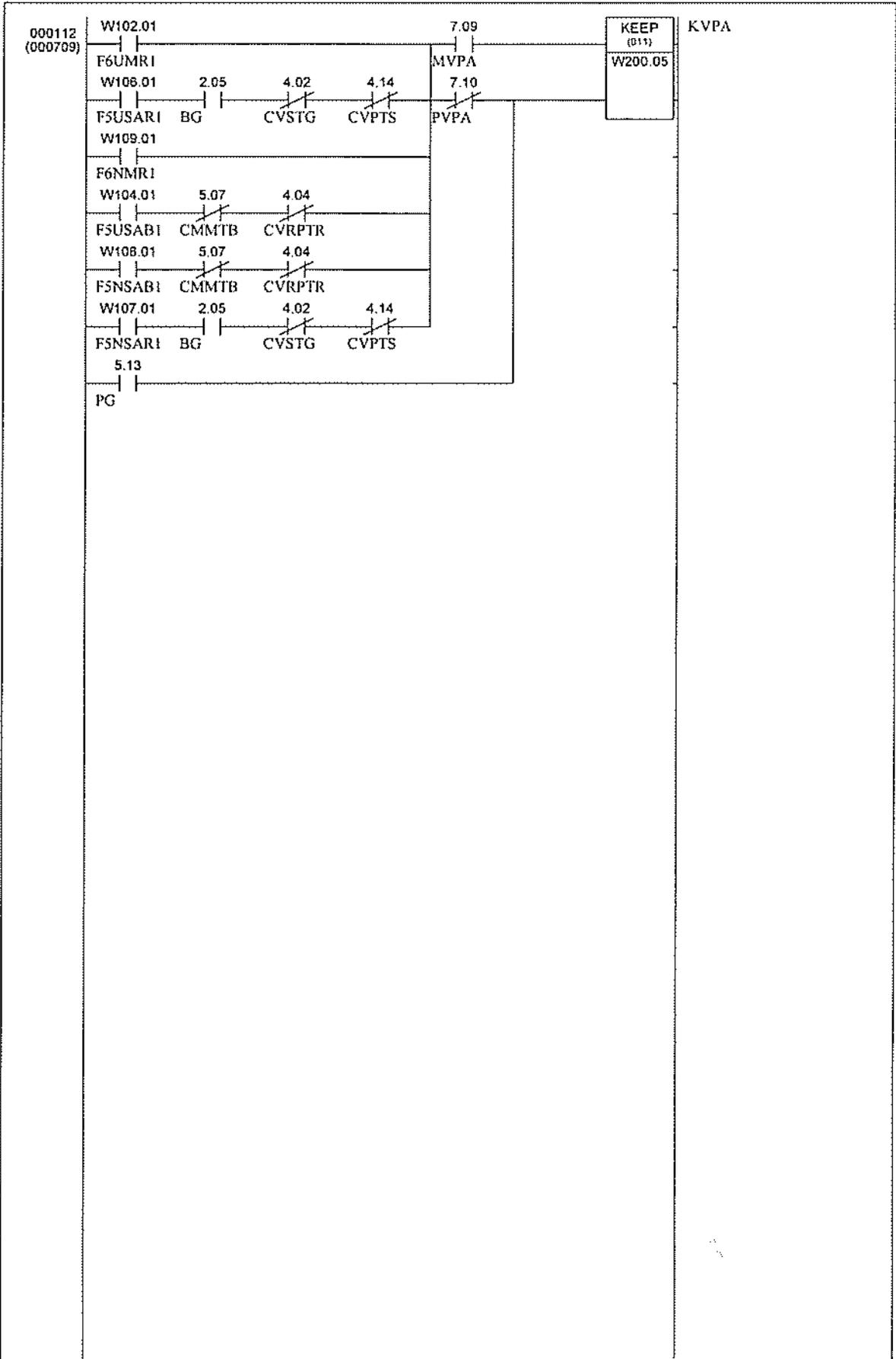


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000599

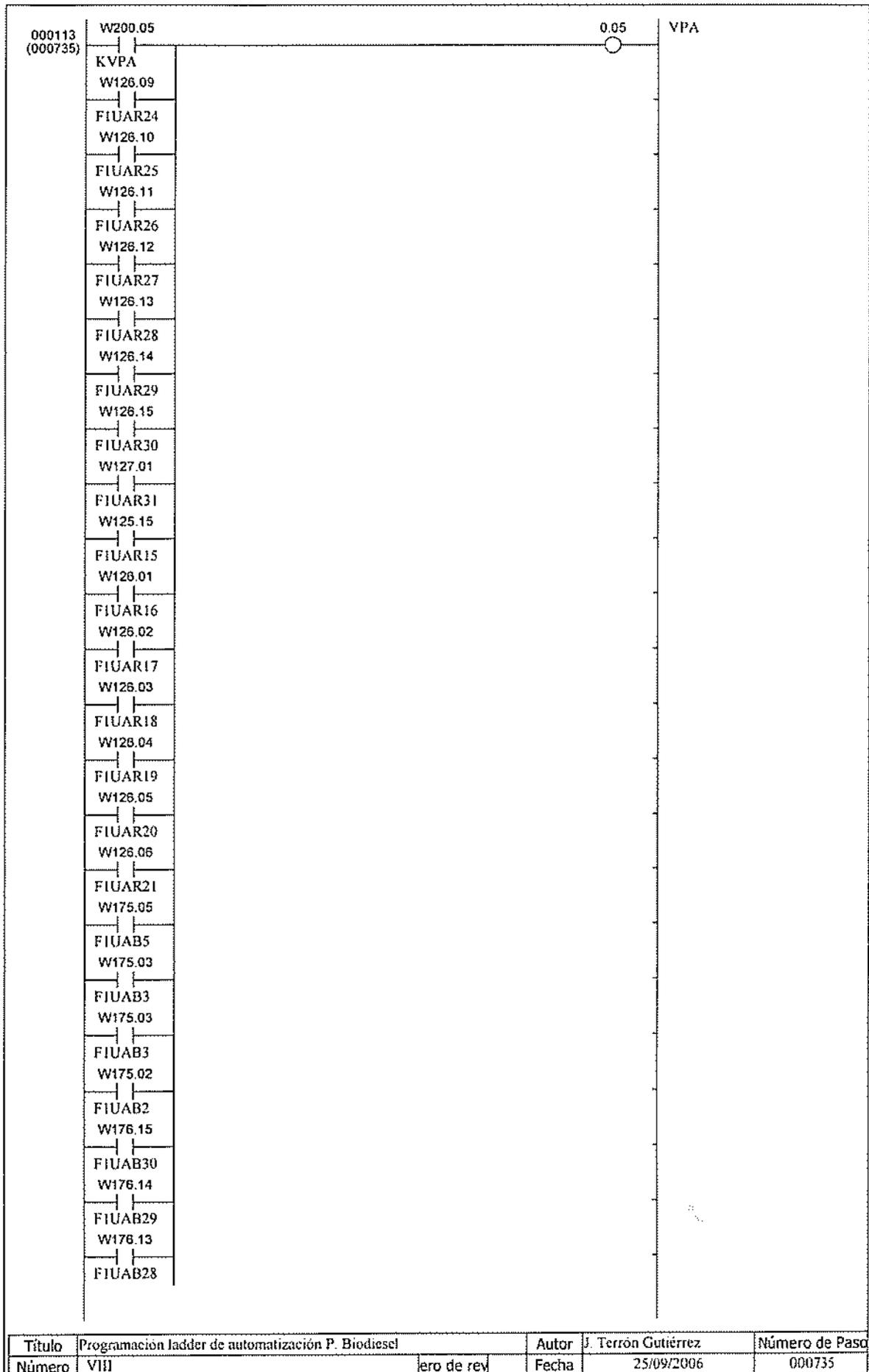


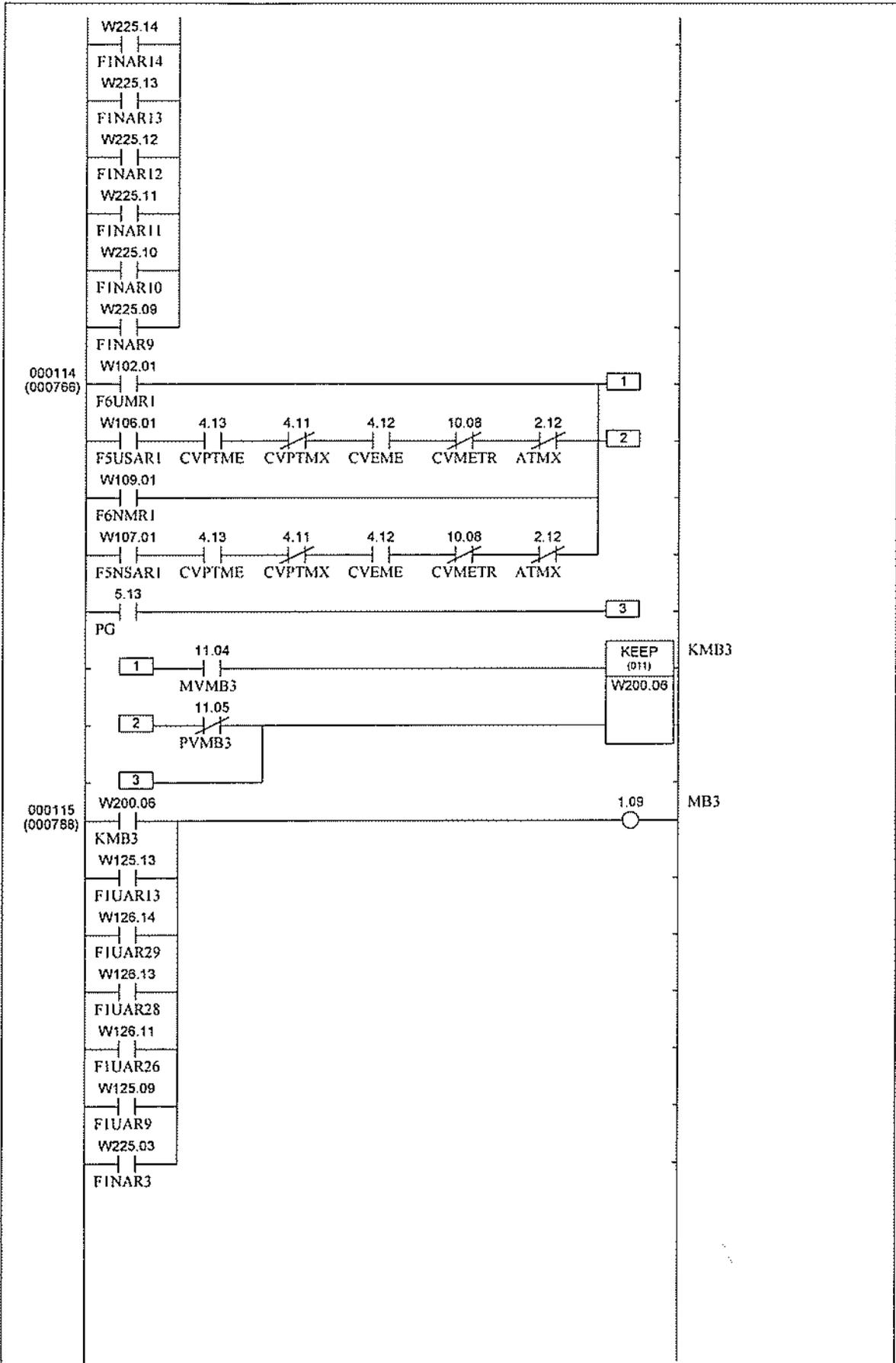
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				000667



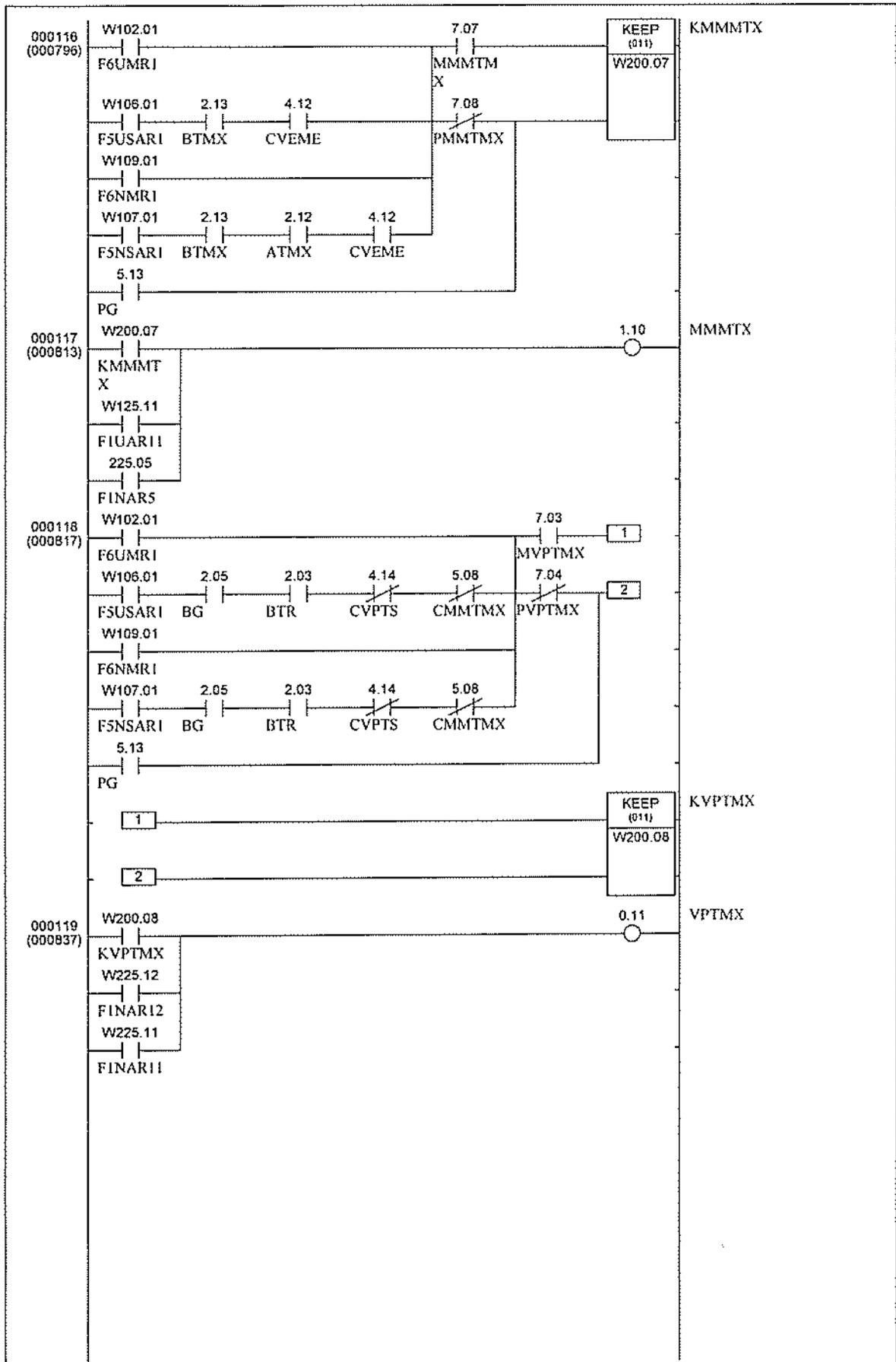


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				000709

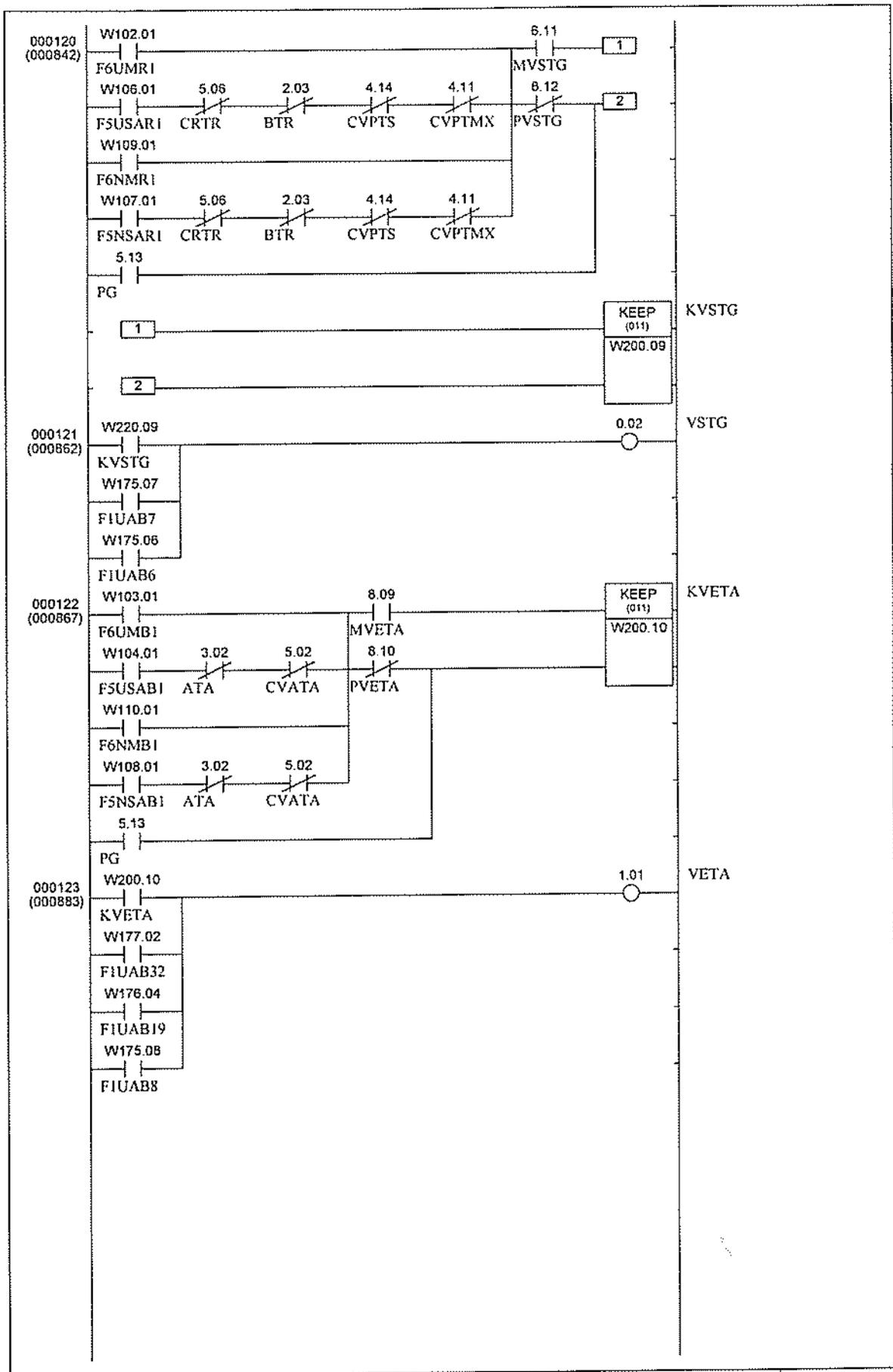




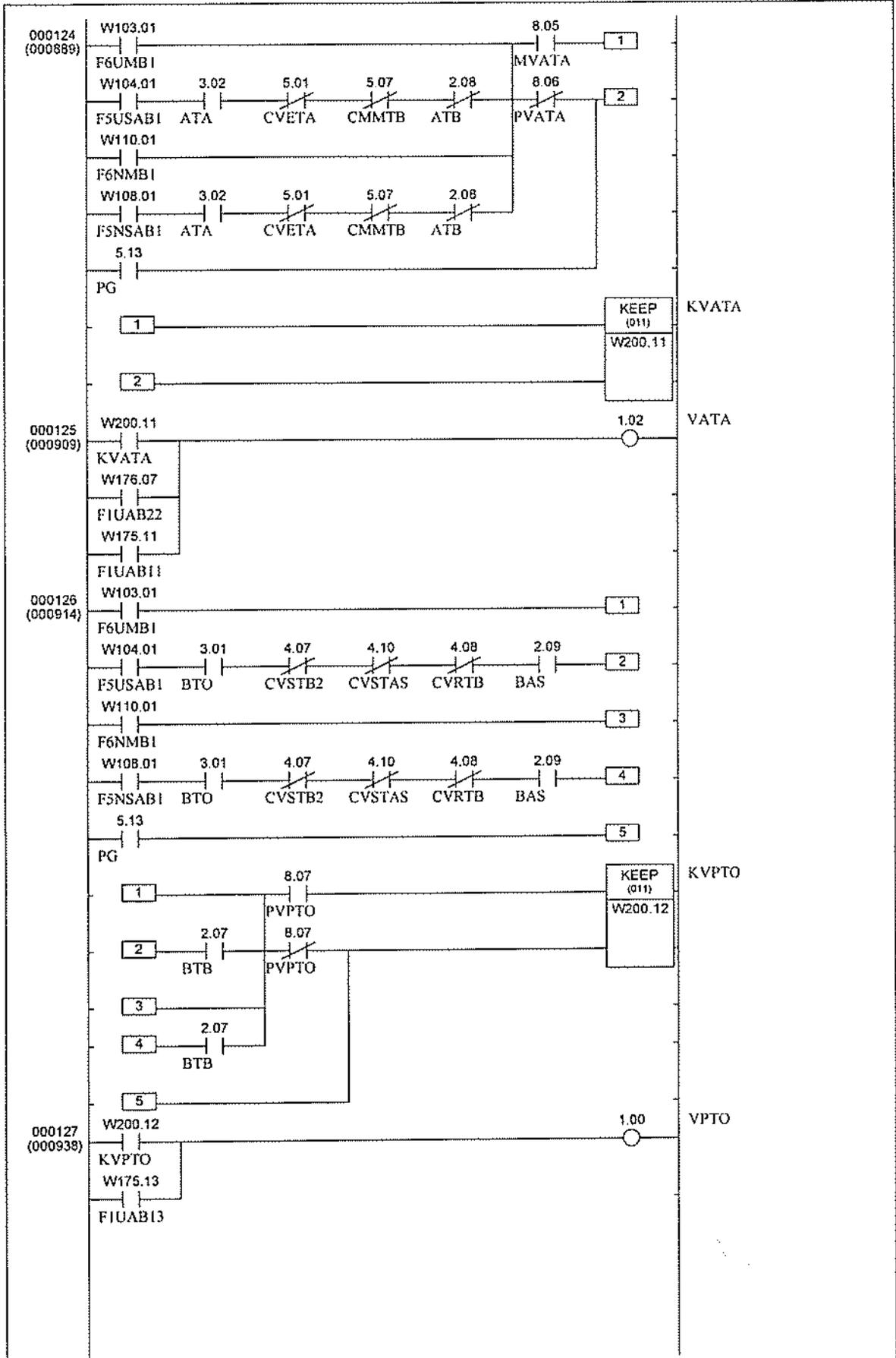
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000735



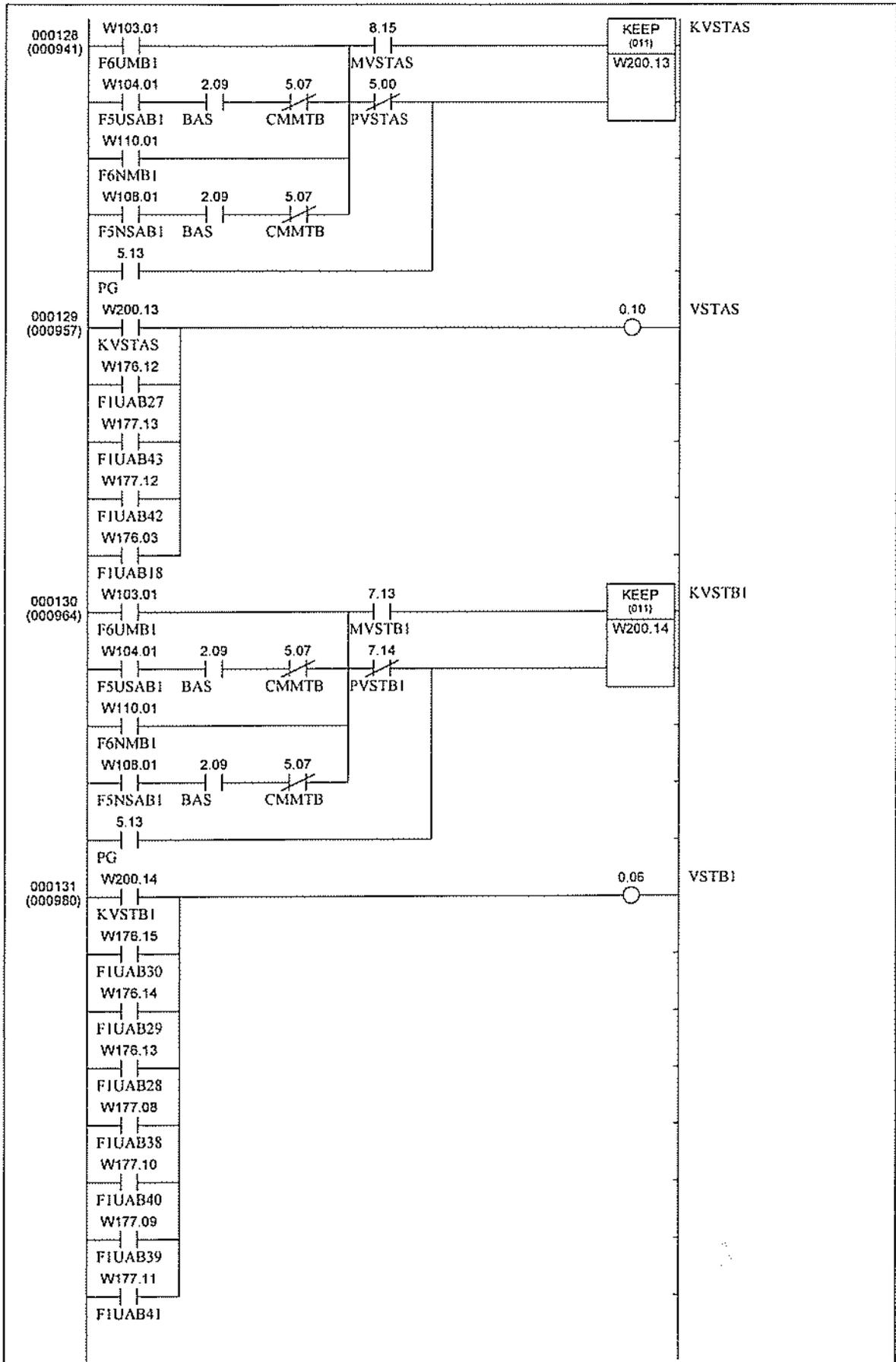
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		000796



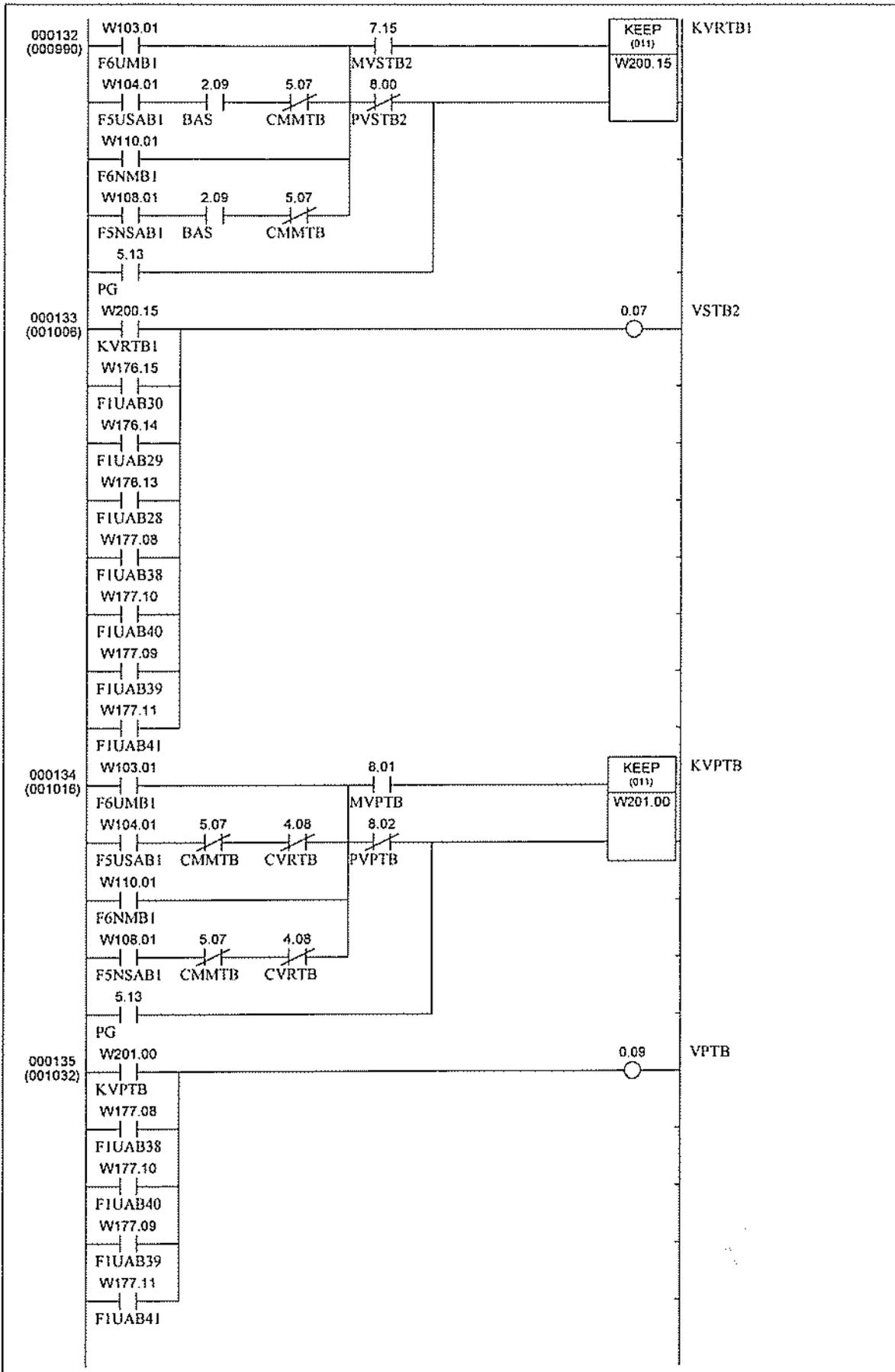
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	000842



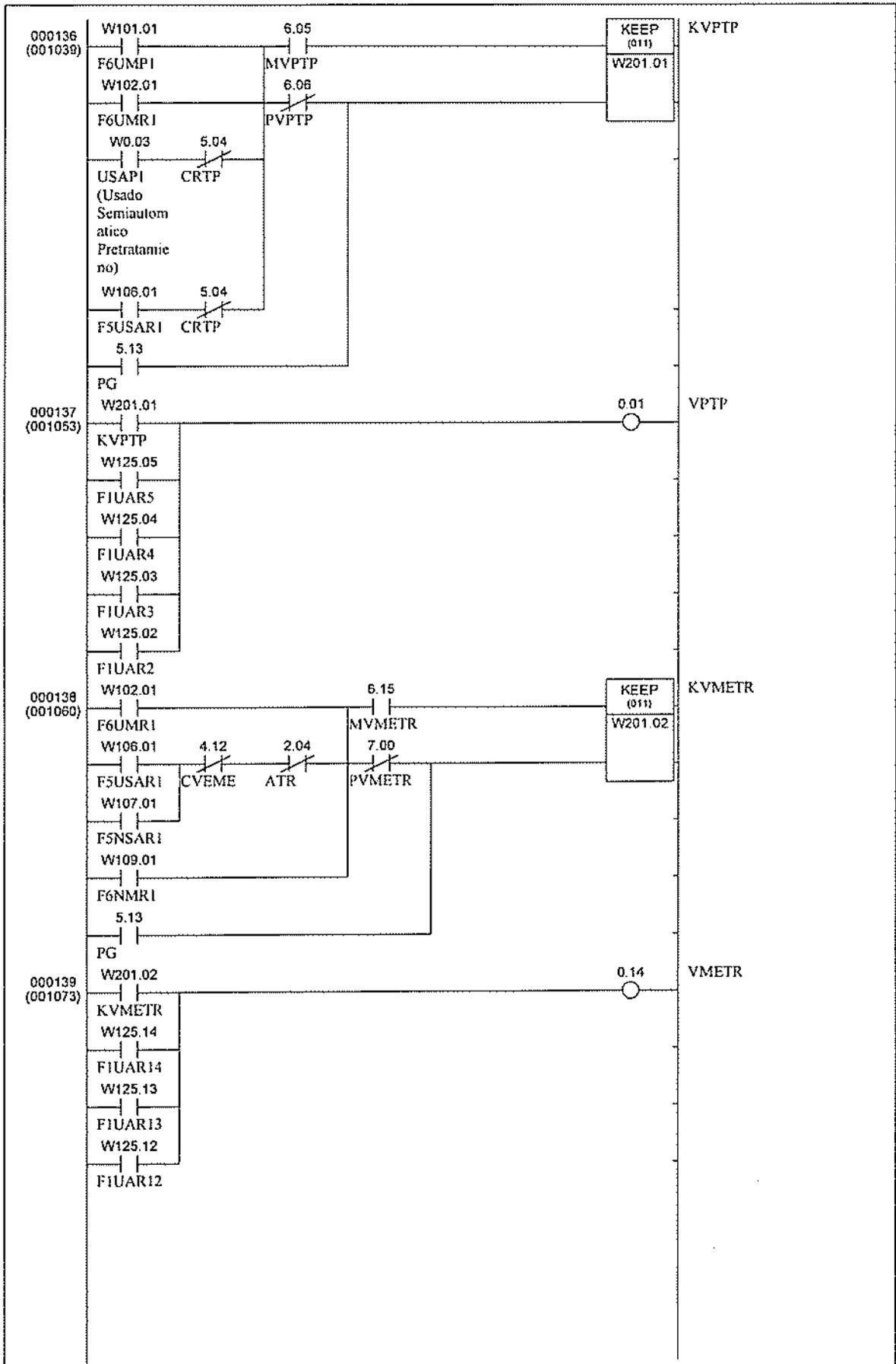
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				000889



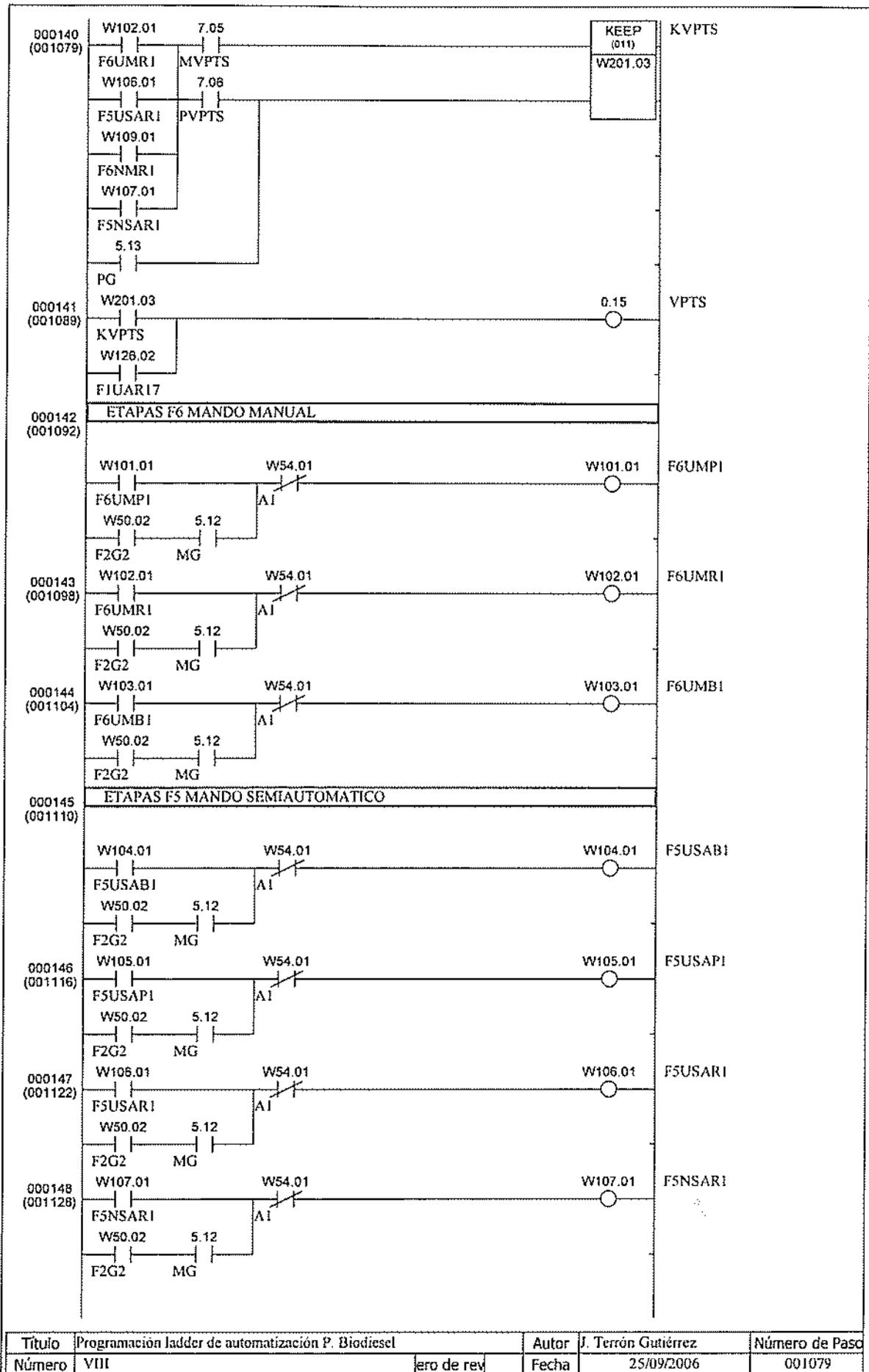
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		000941

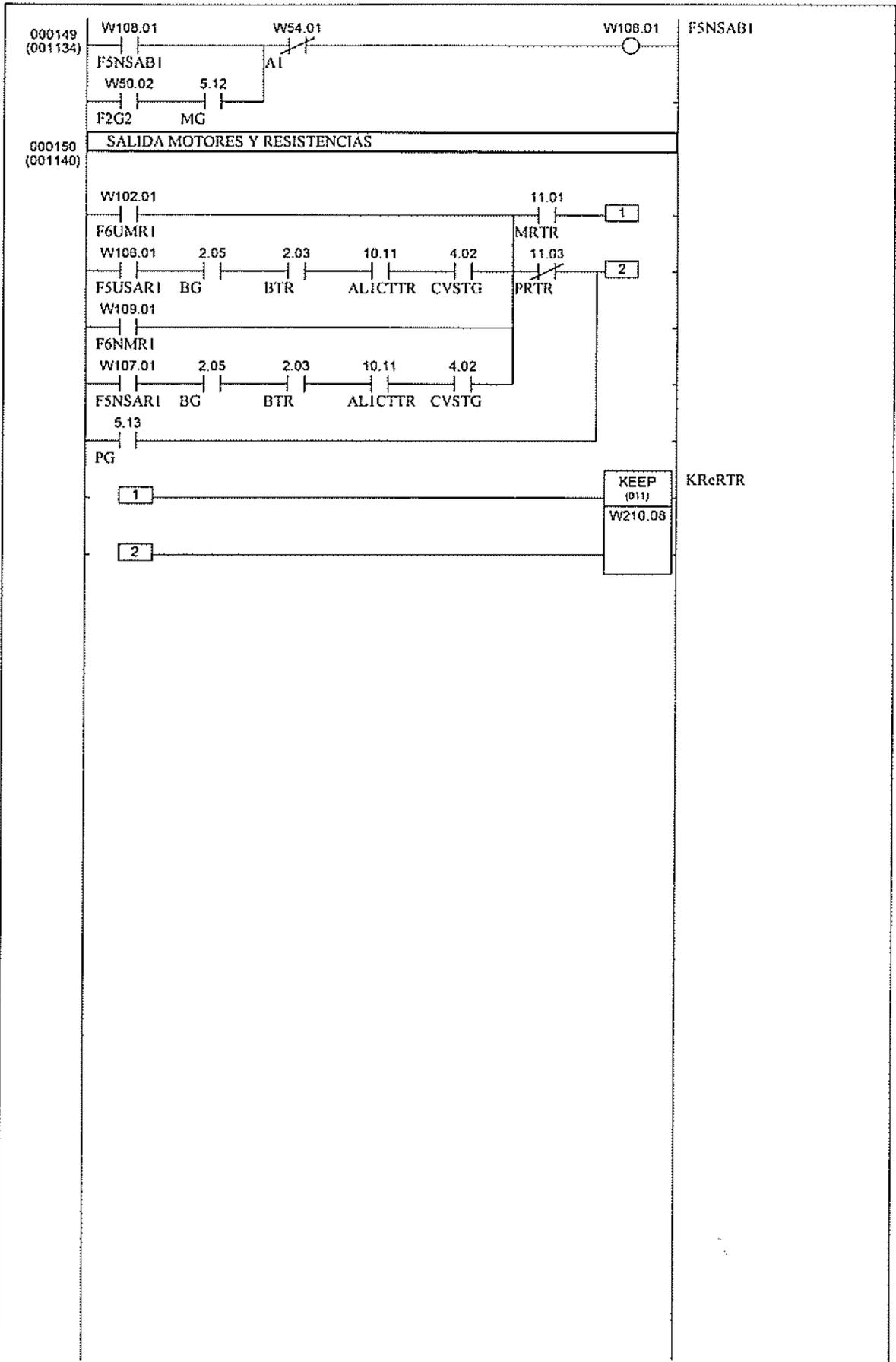


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	000990

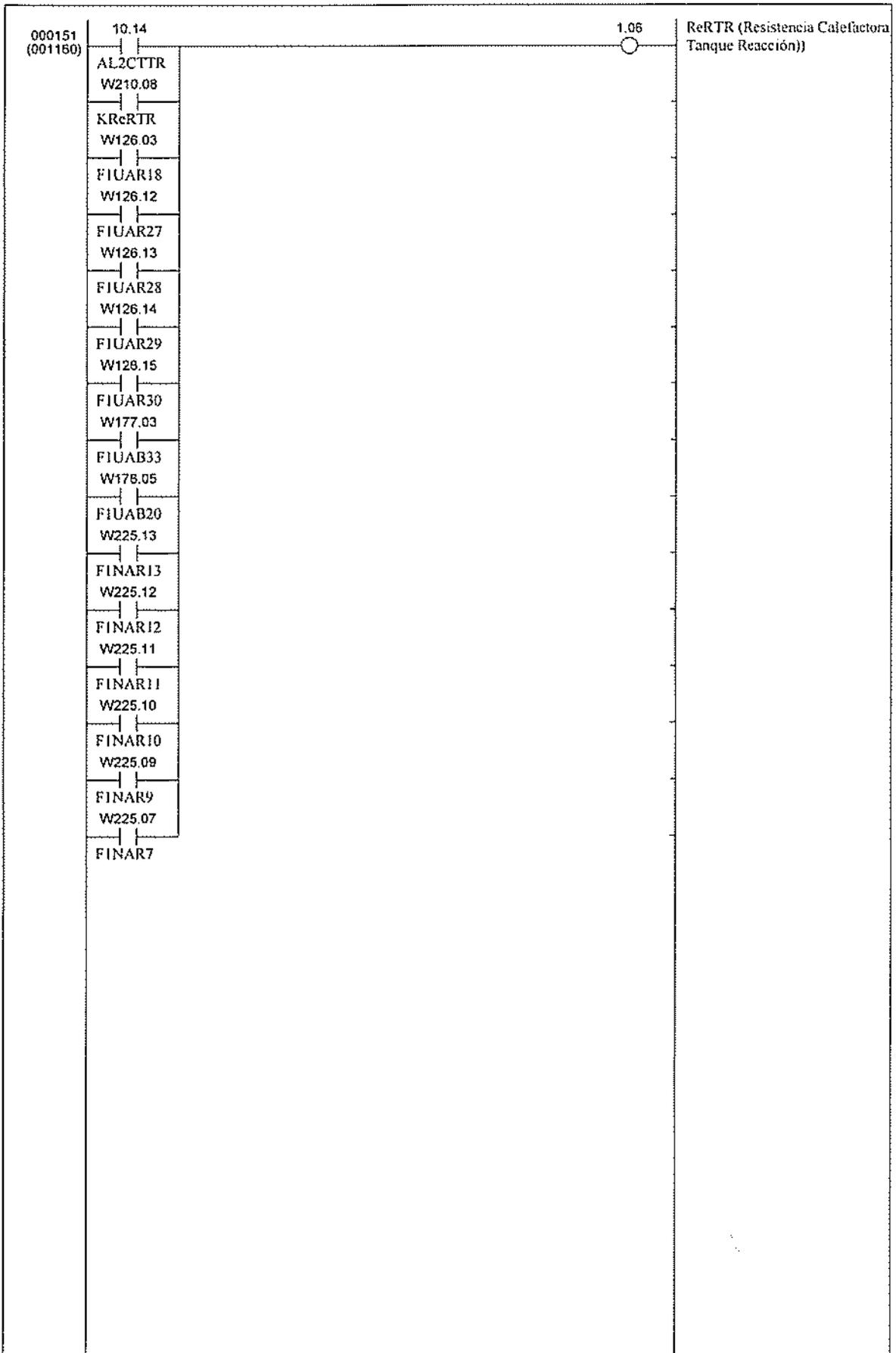


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				001039

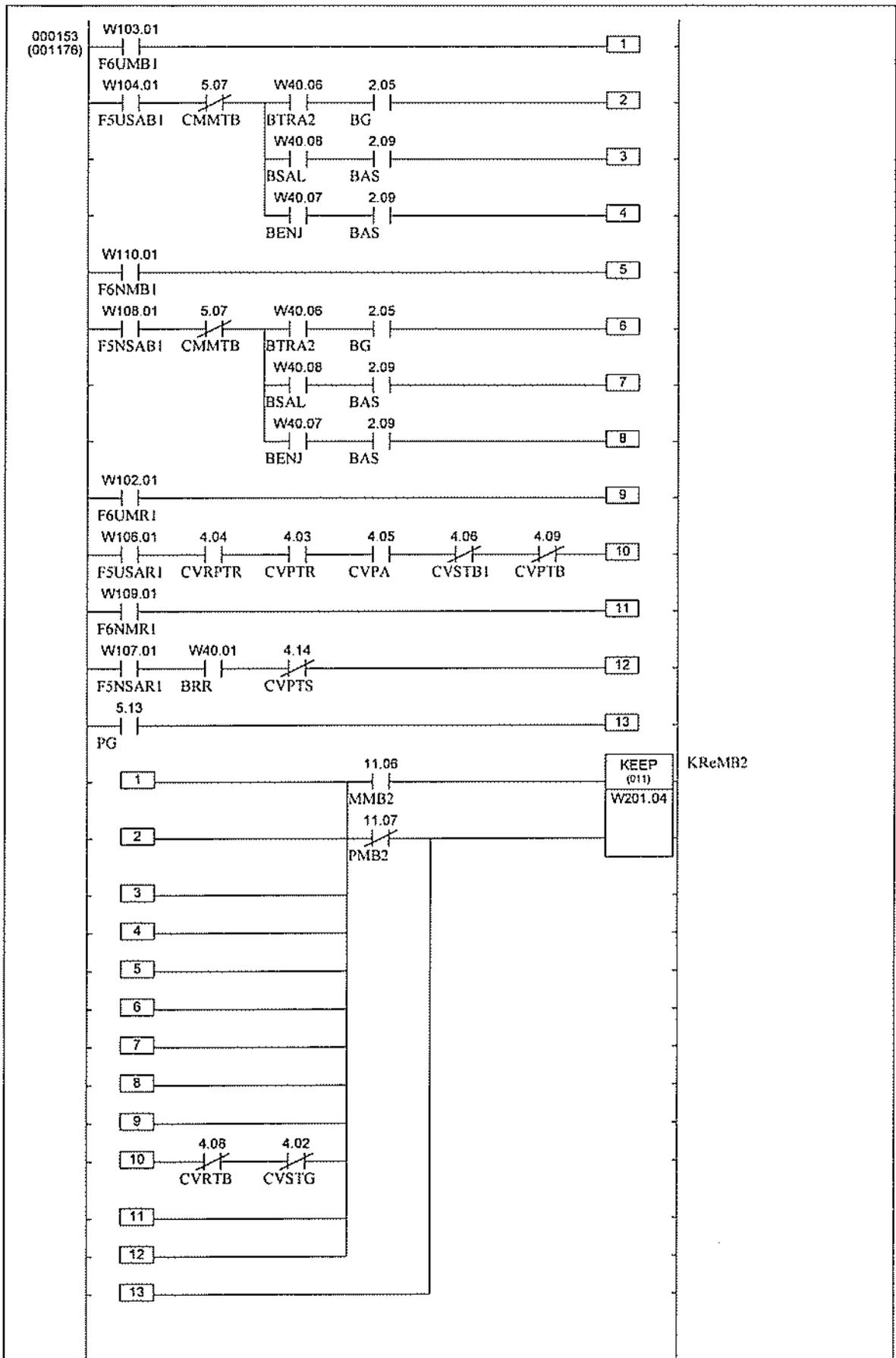




Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasd
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				001134

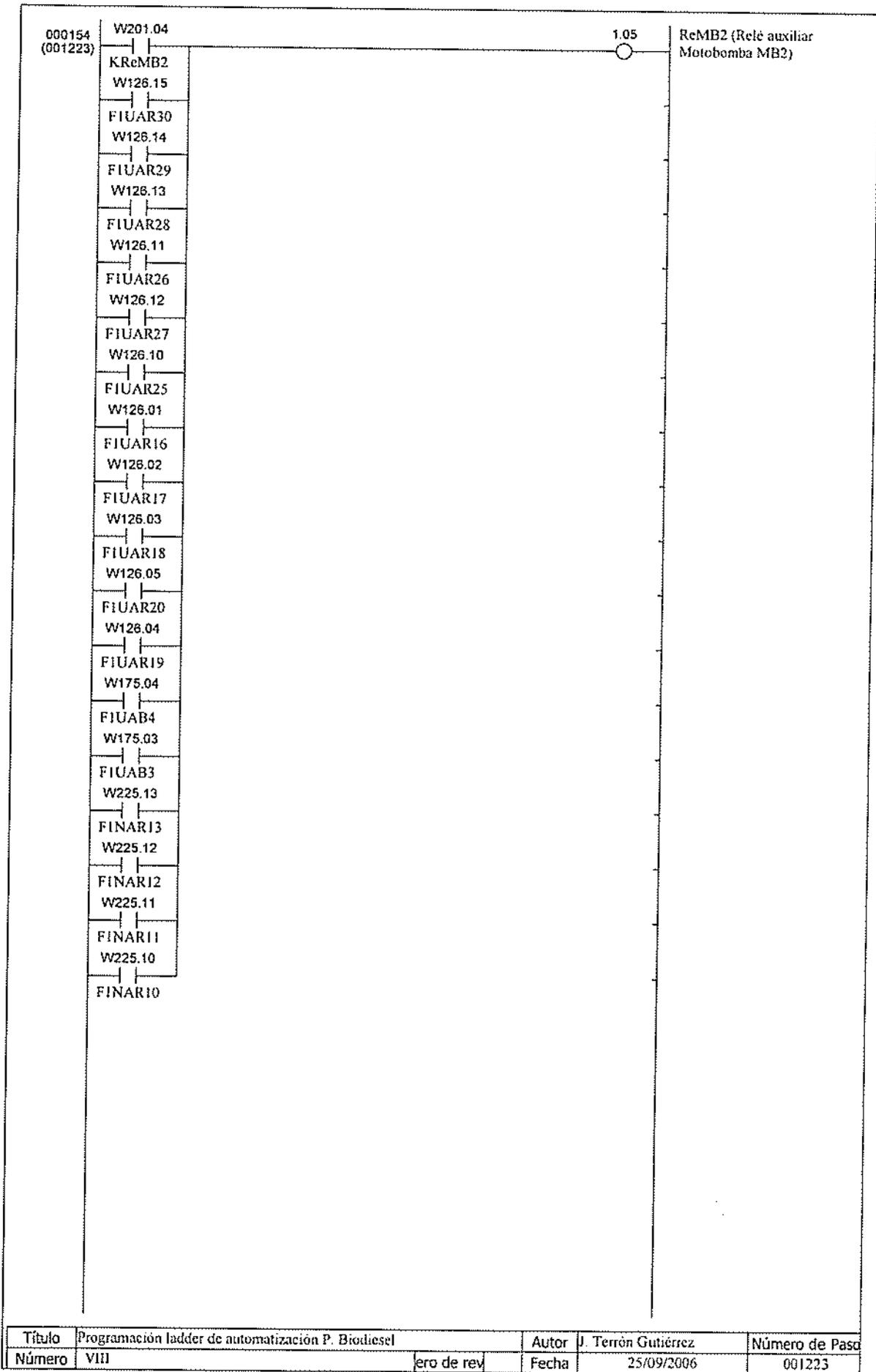


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001160

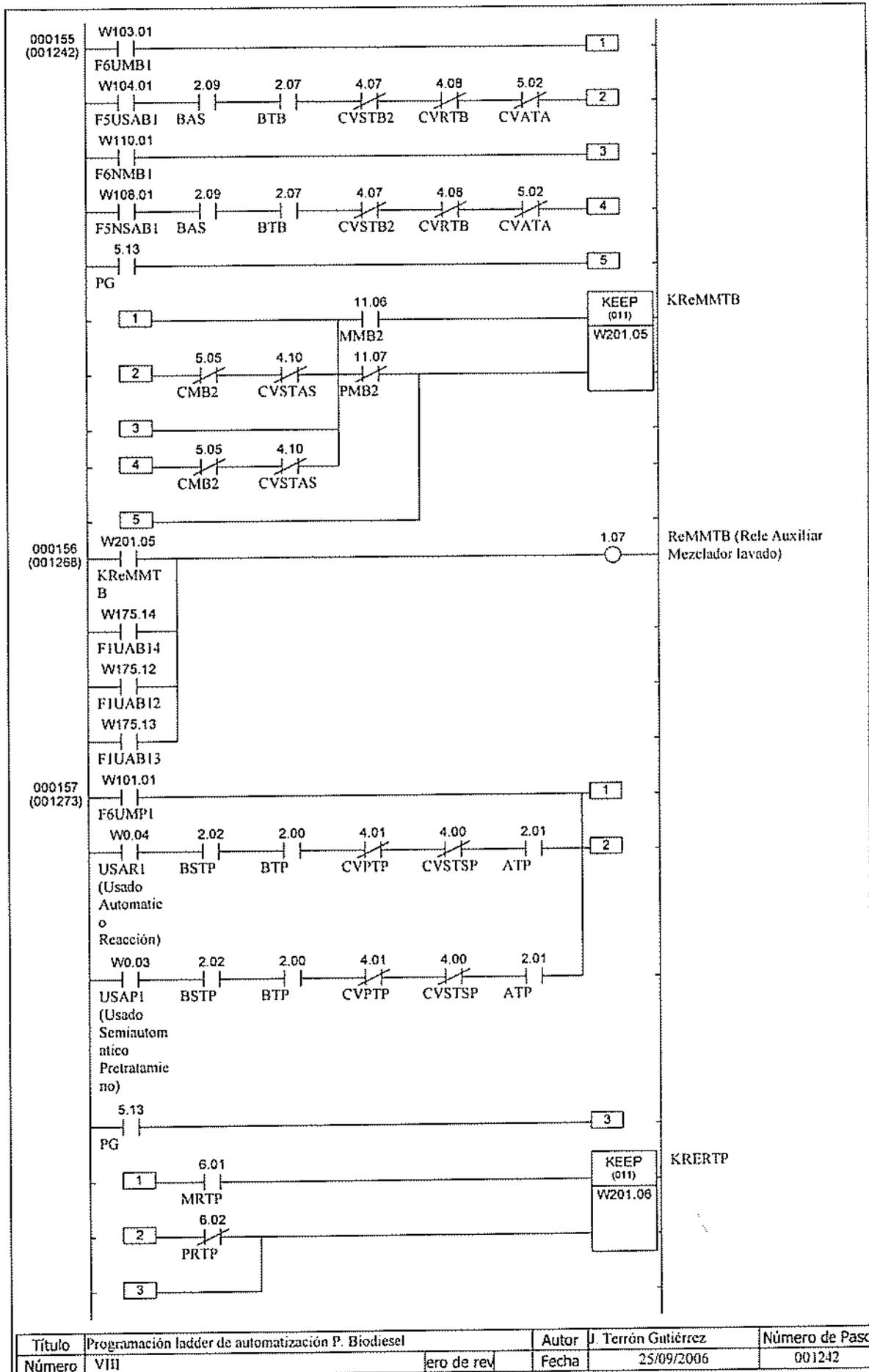


KReMB2

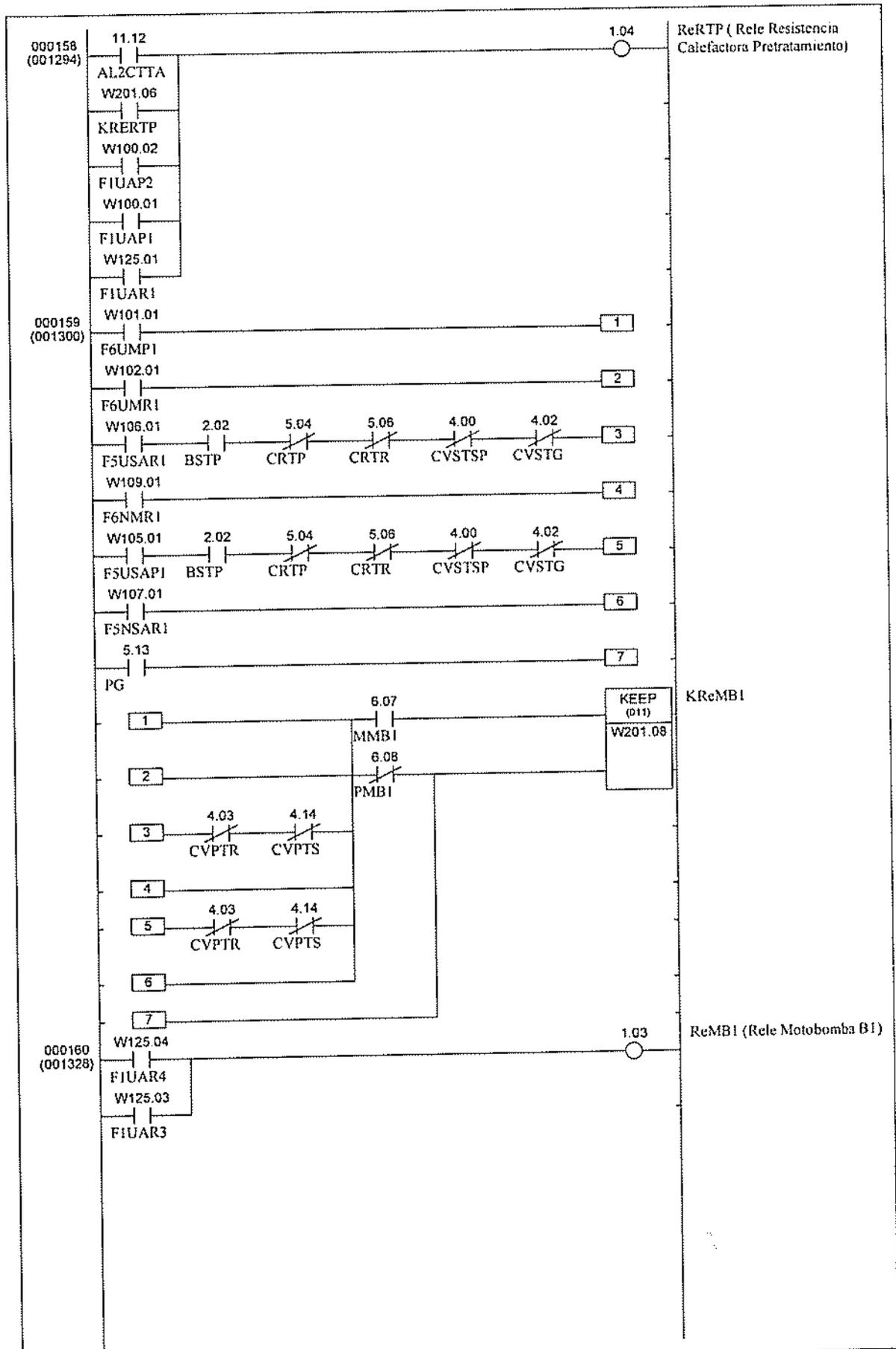
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001176



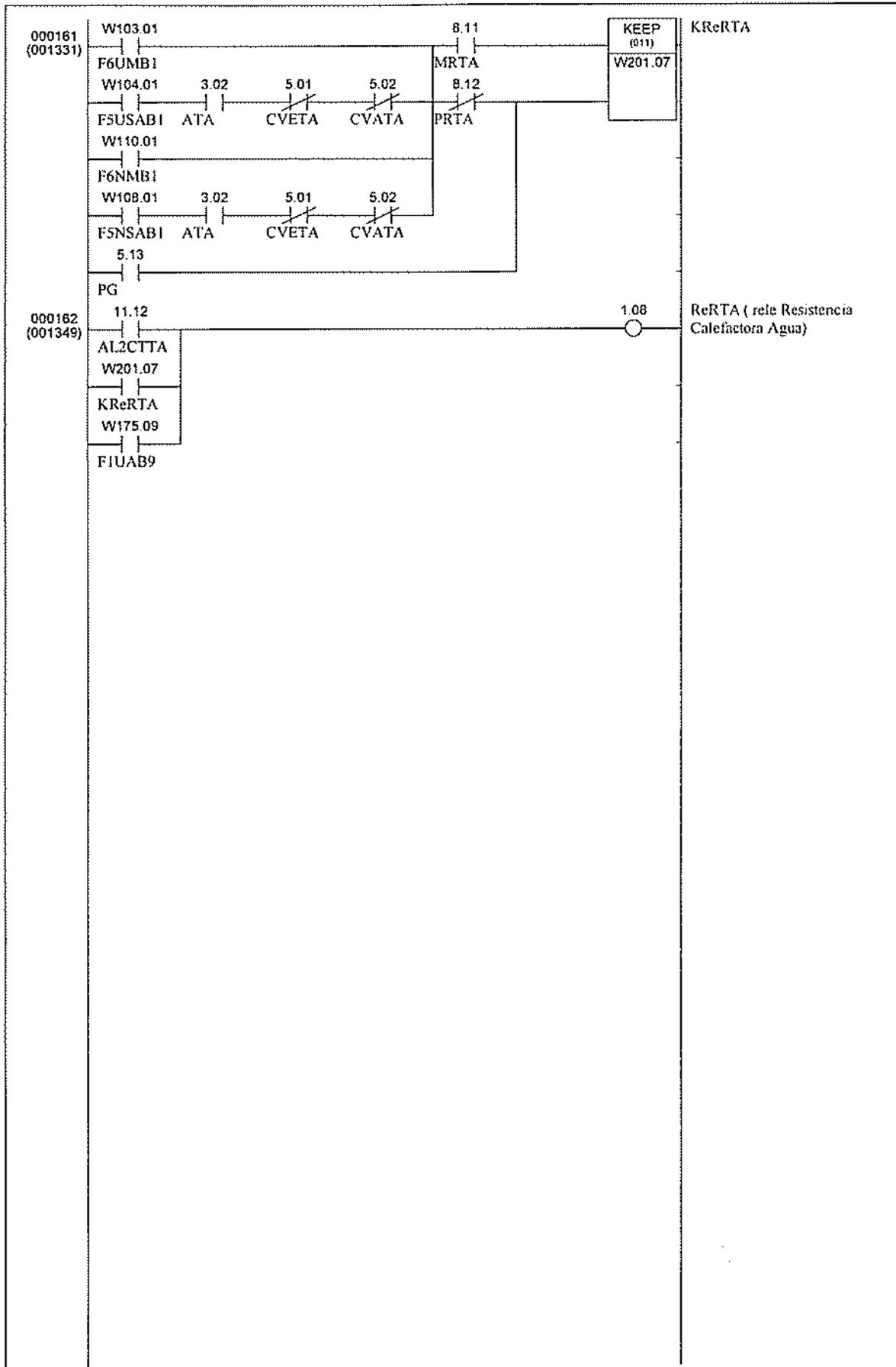
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001223



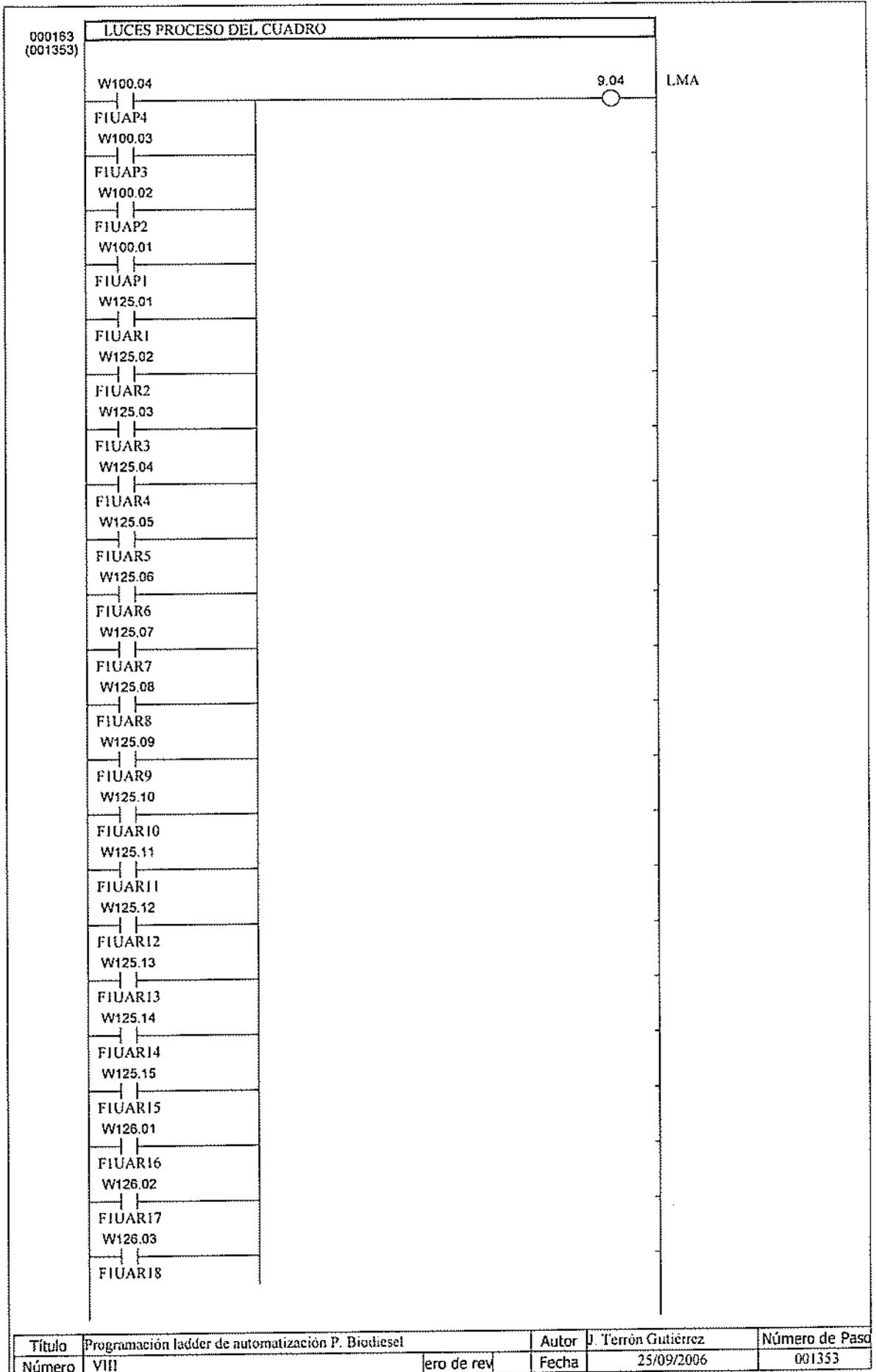
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001242

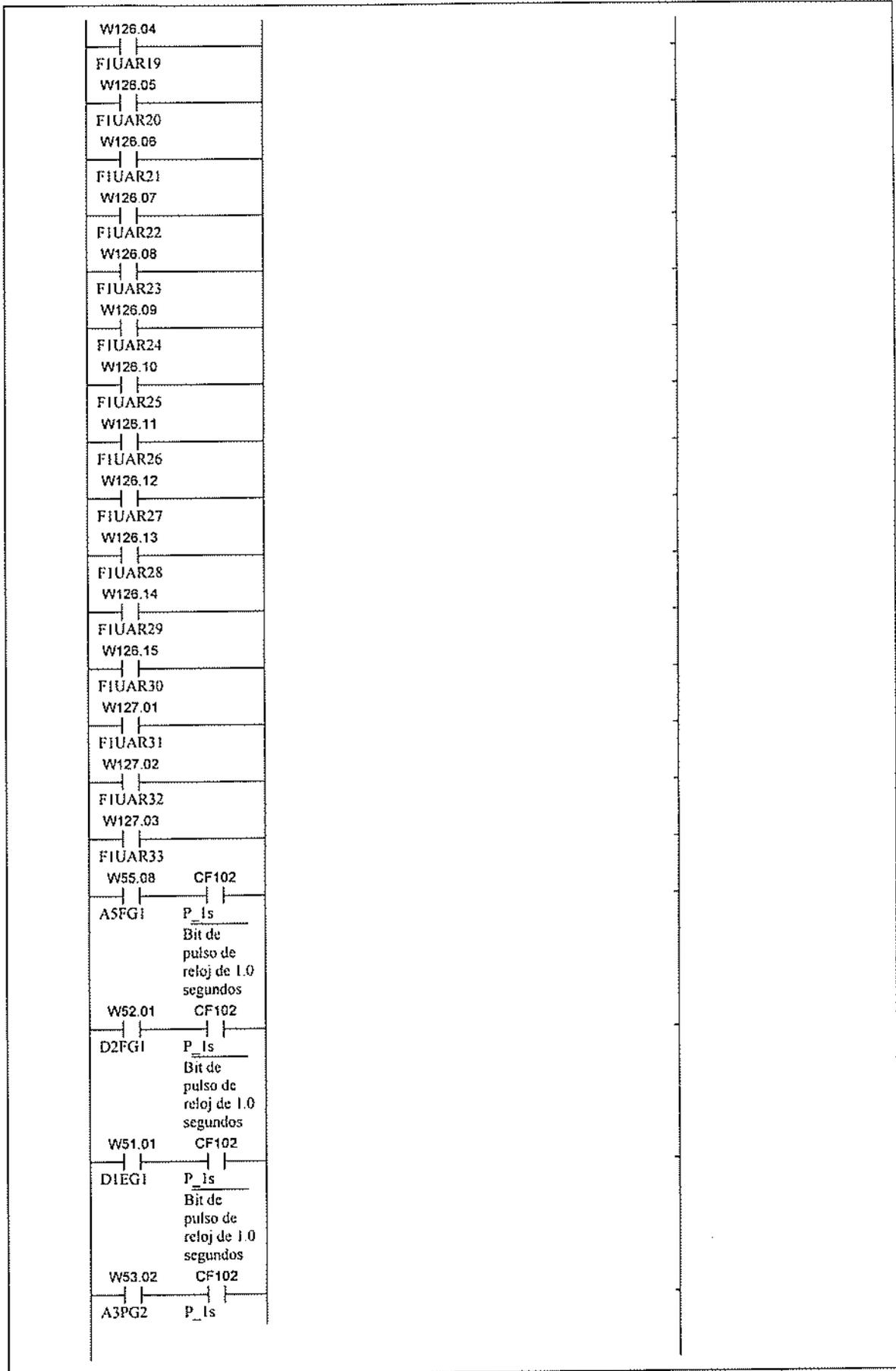


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001294

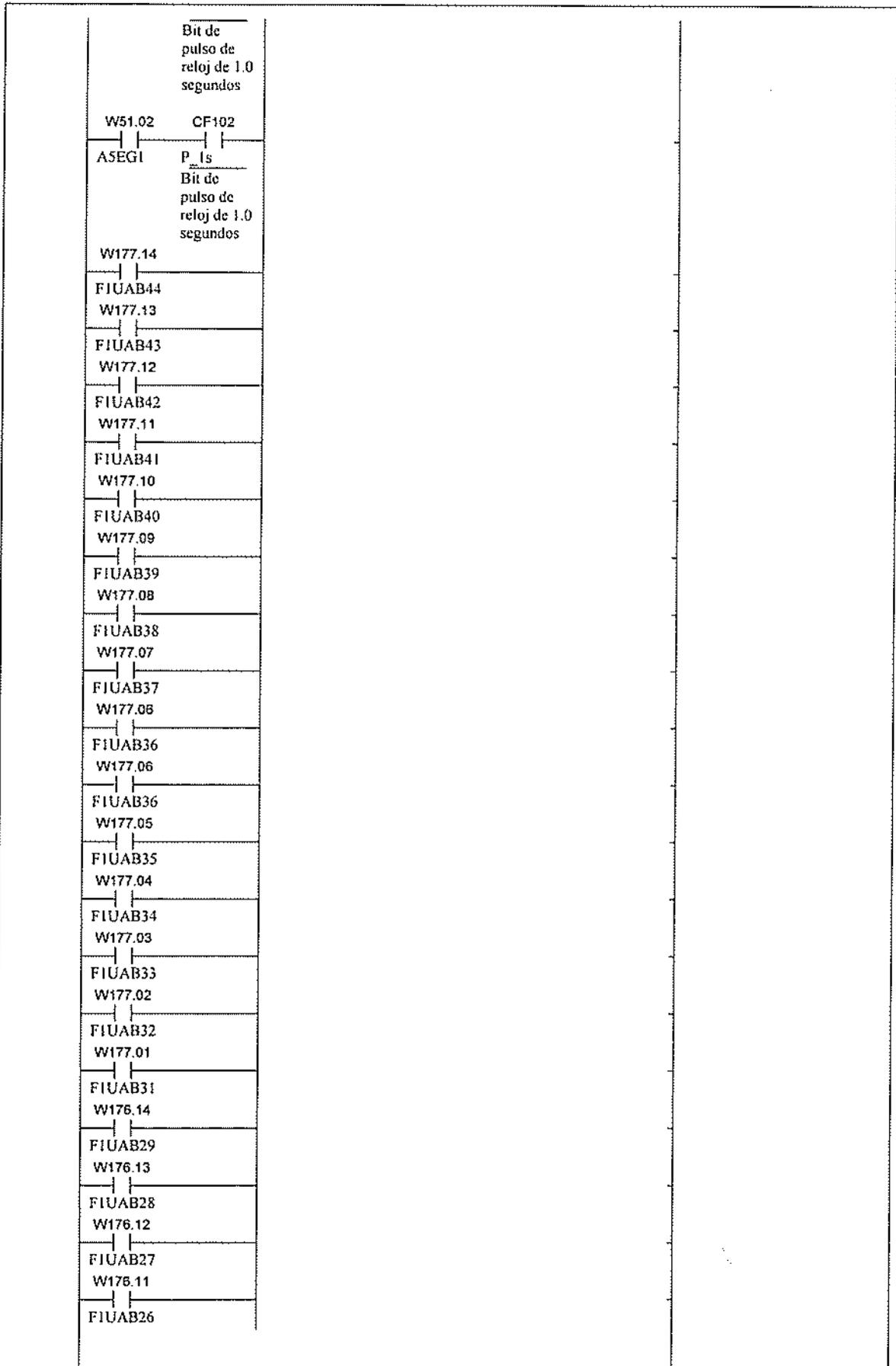


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001331

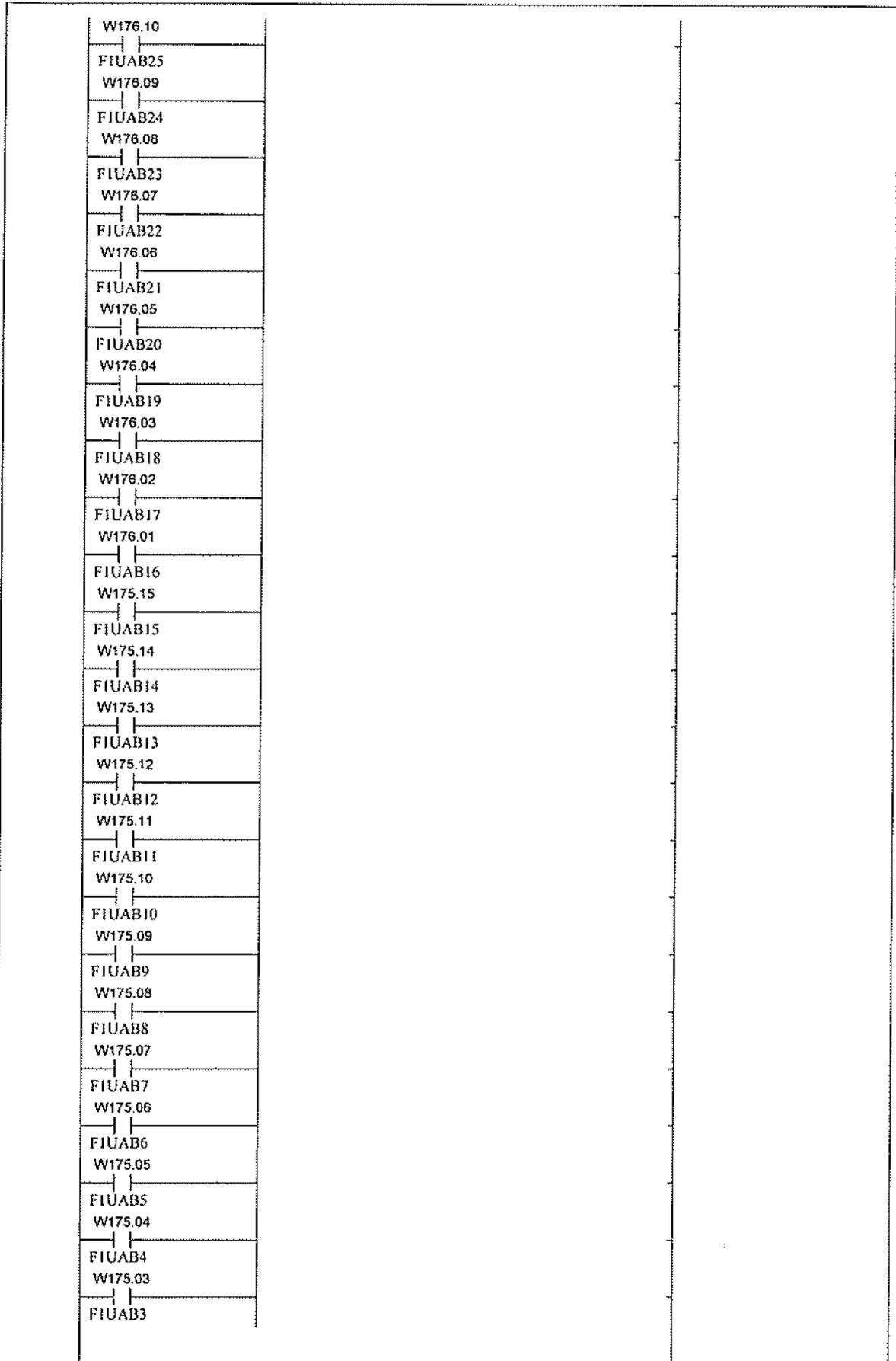




Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001353

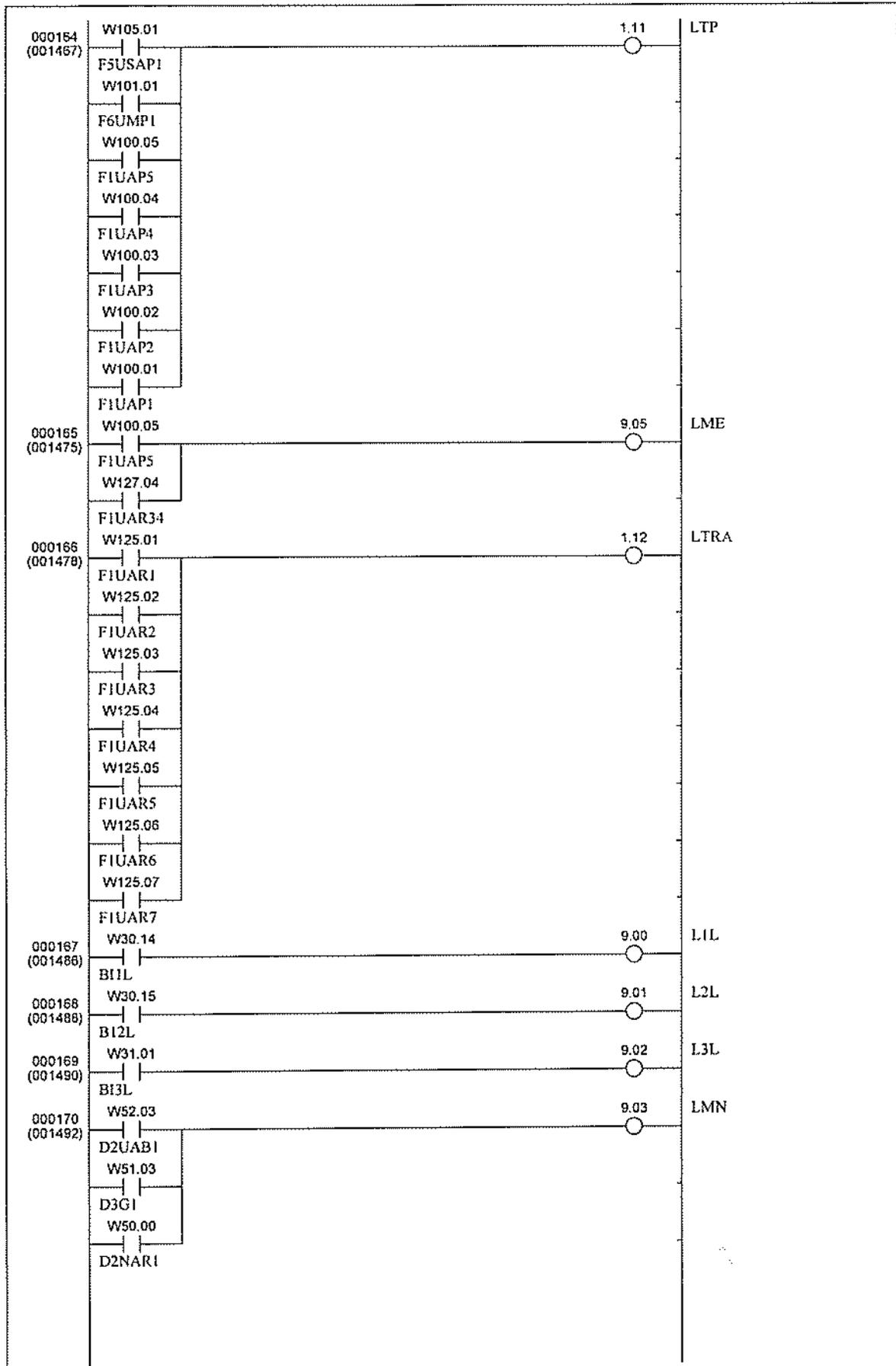


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001353

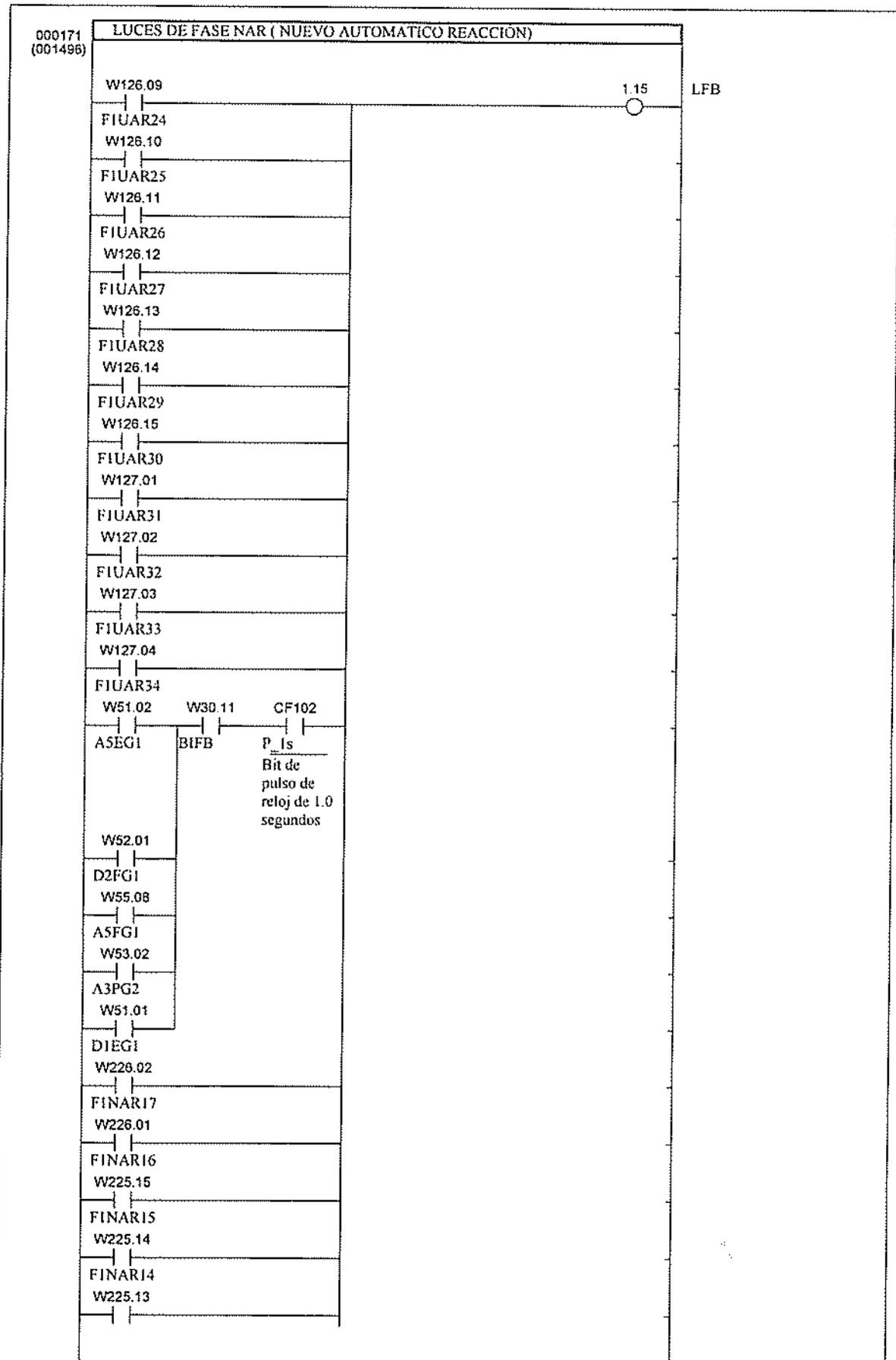


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001353

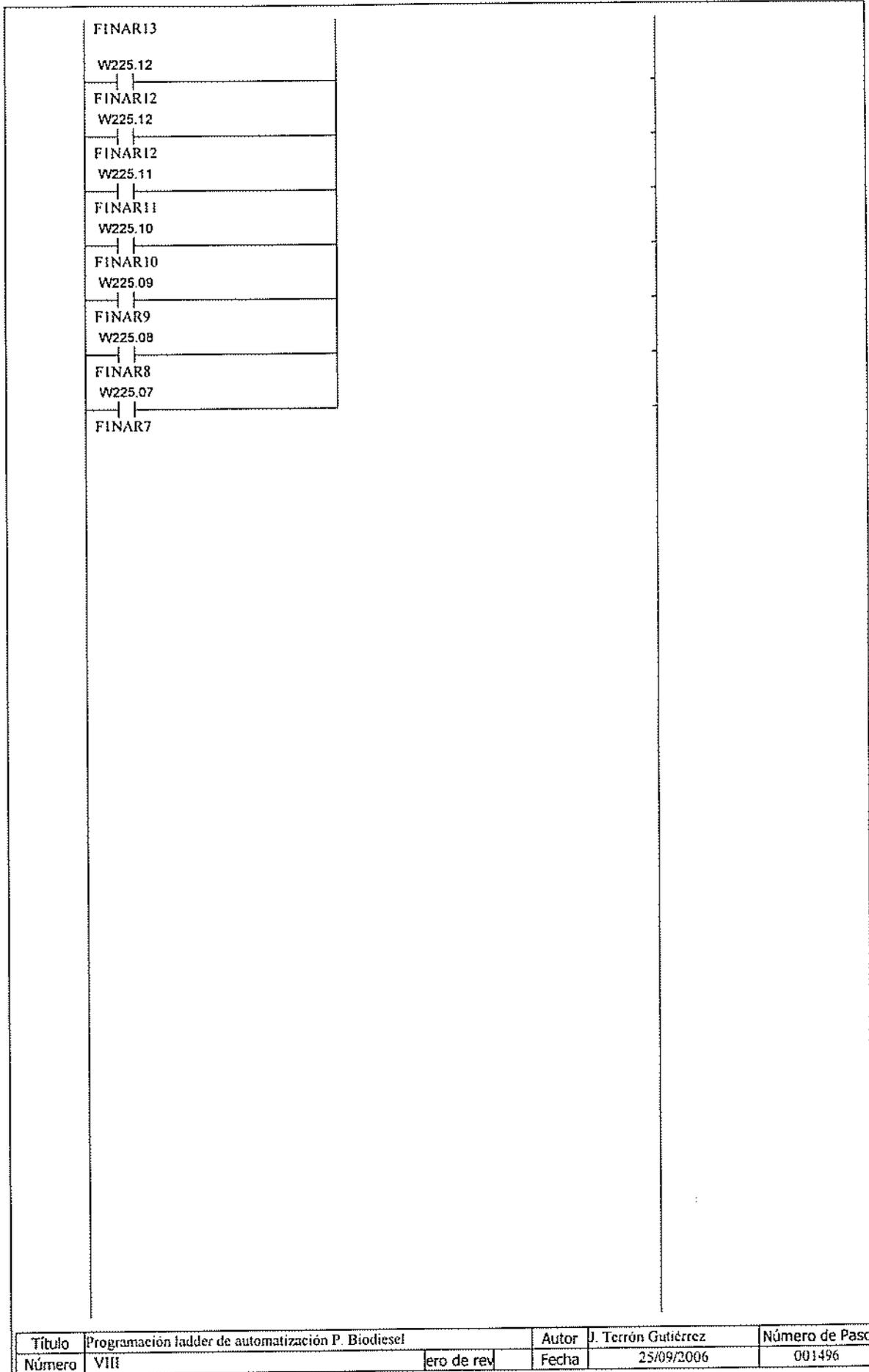
<p>W175.02</p> <p>FIUAB2</p> <p>W175.01</p> <p>FIUAB1</p> <p>W226.02</p> <p>FINAR17</p> <p>W226.01</p> <p>FINAR16</p> <p>W225.15</p> <p>FINAR15</p> <p>W225.14</p> <p>FINAR14</p> <p>W225.13</p> <p>FINAR13</p> <p>W225.12</p> <p>FINAR12</p> <p>W225.12</p> <p>FINAR12</p> <p>W225.11</p> <p>FINAR11</p> <p>W225.10</p> <p>FINAR10</p> <p>W225.09</p> <p>FINAR9</p> <p>W225.08</p> <p>FINAR8</p> <p>W225.07</p> <p>FINAR7</p> <p>225.06</p> <p>FINAR6</p> <p>225.05</p> <p>FINAR5</p> <p>225.04</p> <p>FINAR4</p> <p>W225.03</p> <p>FINAR3</p> <p>W225.02</p> <p>FINAR2</p>					
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	001353



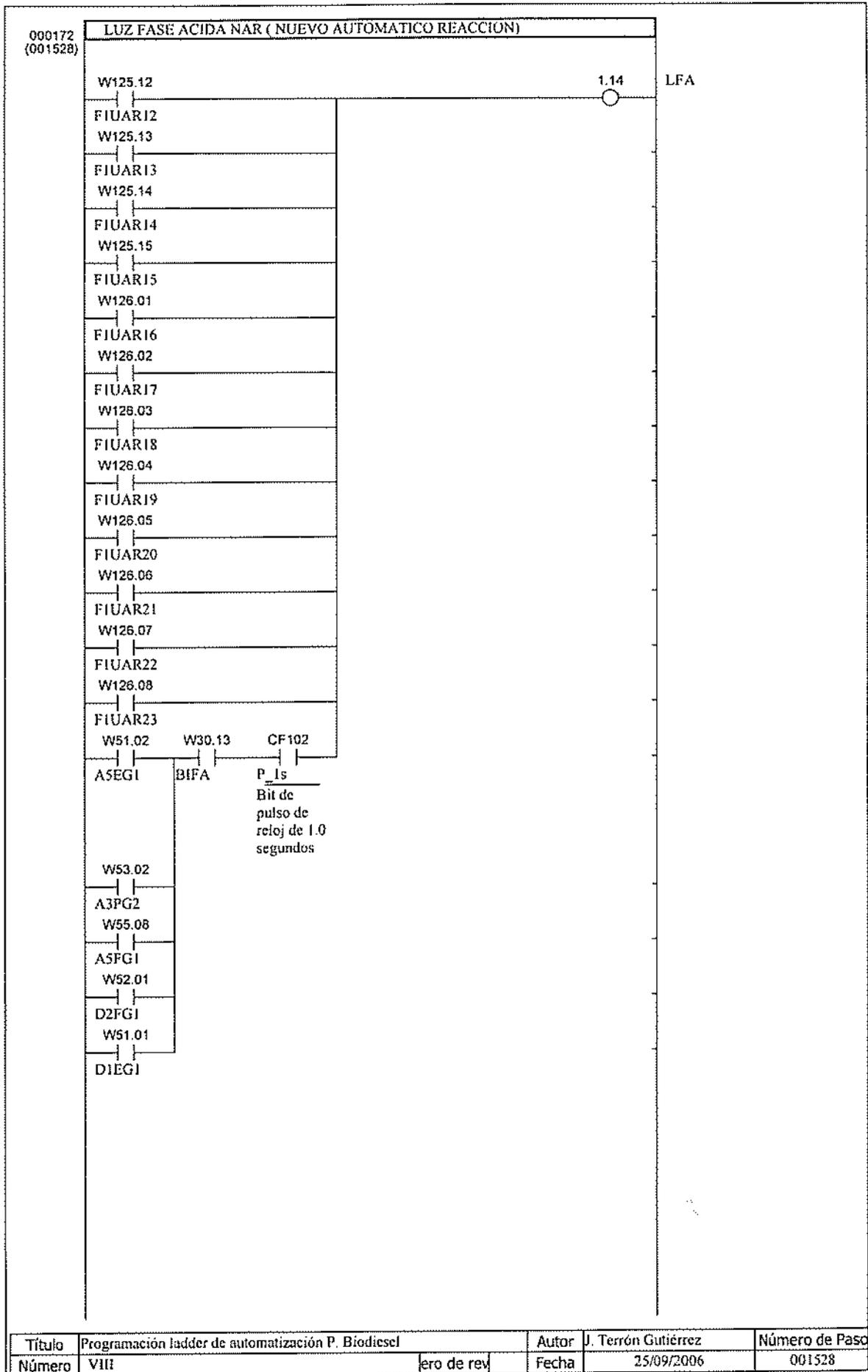
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001467

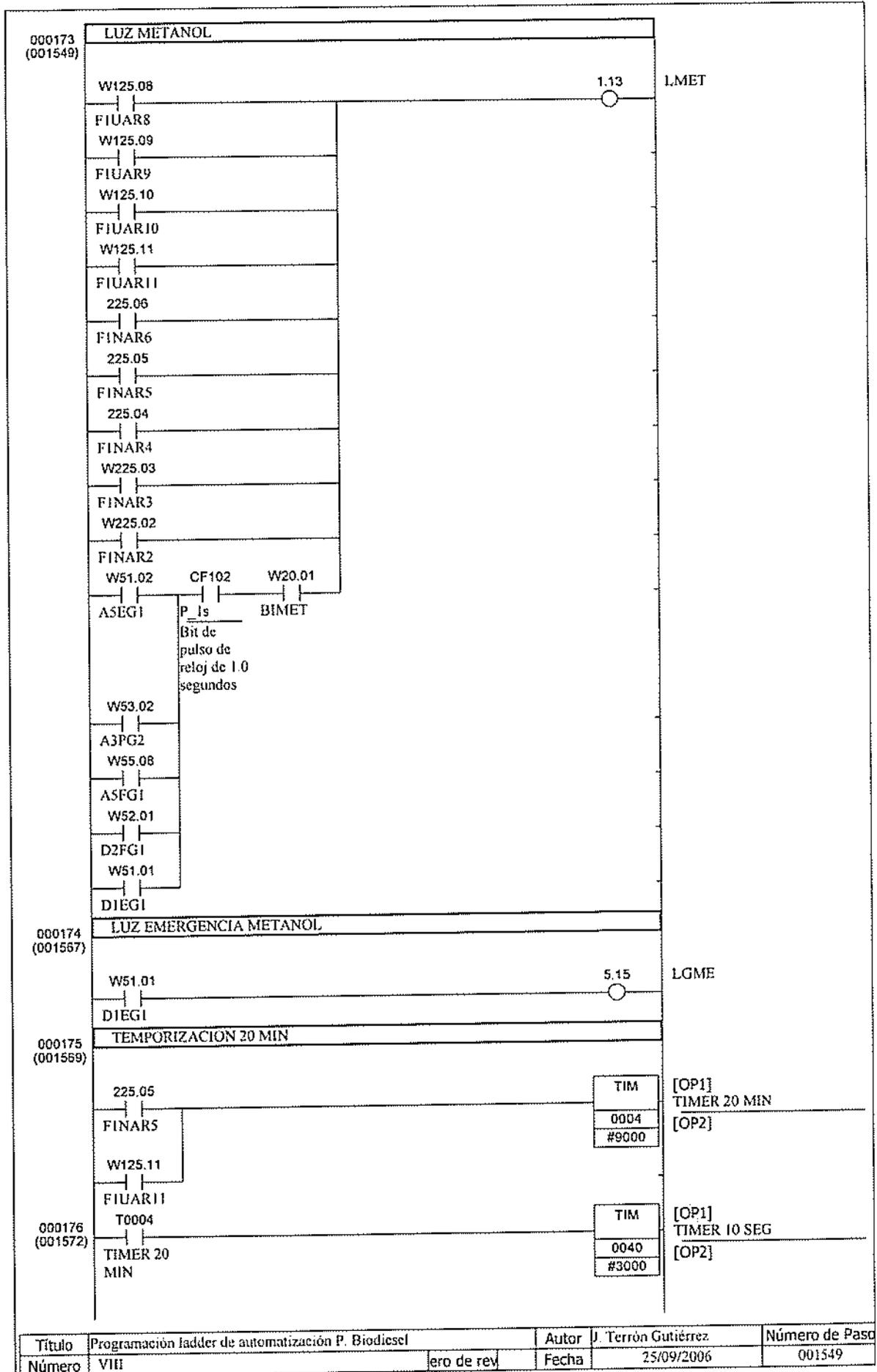


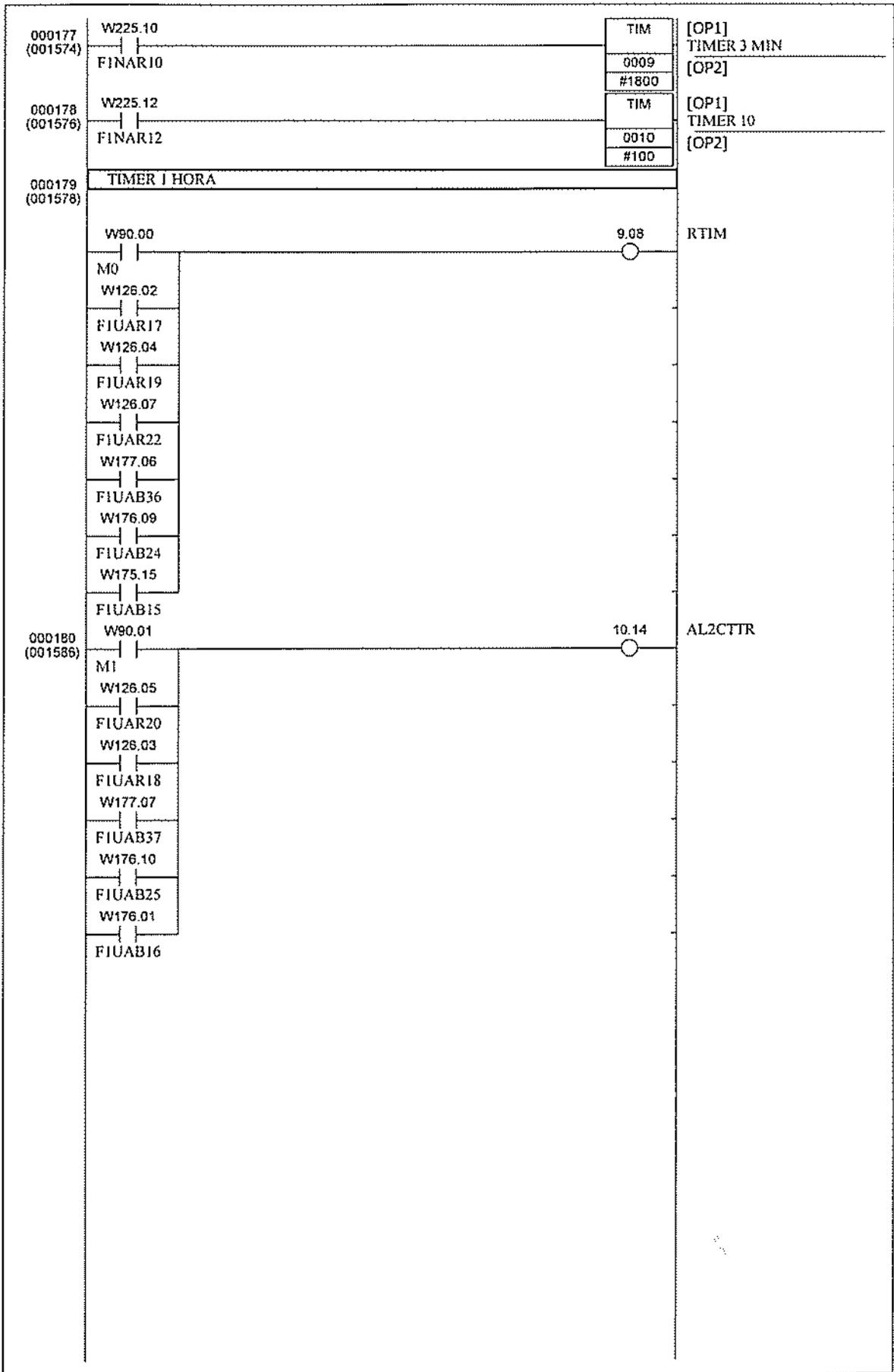
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001496



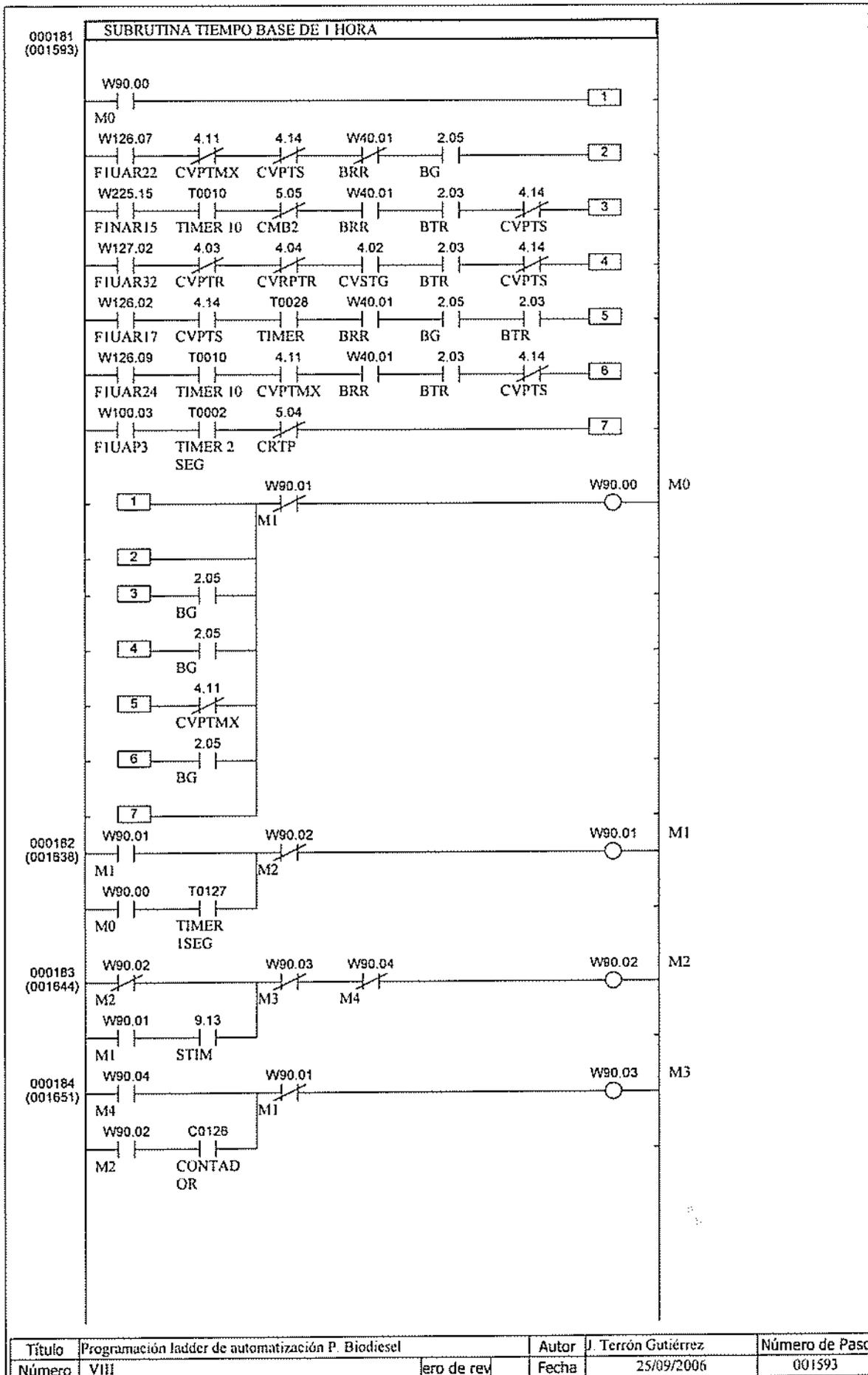
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001496

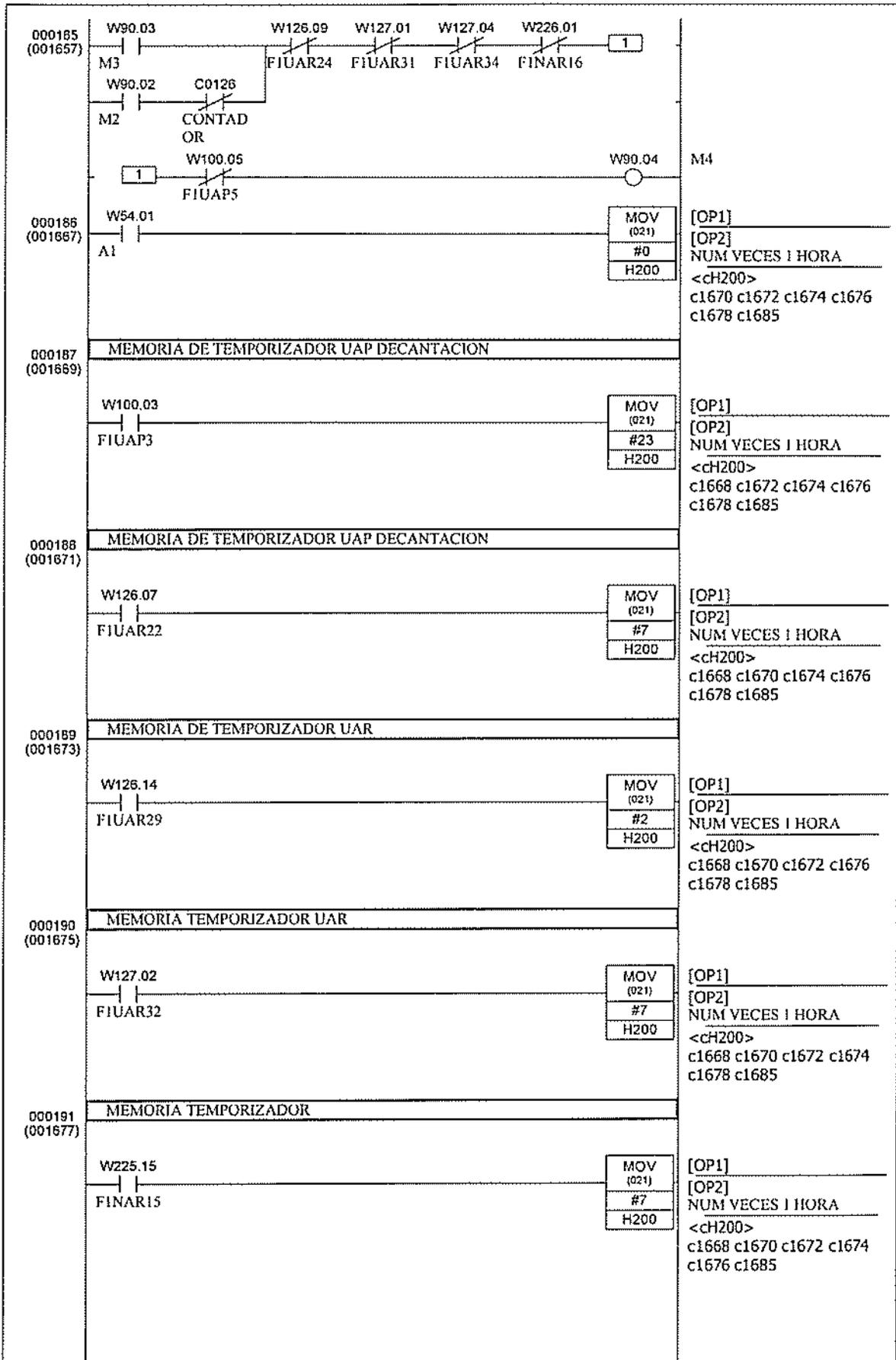




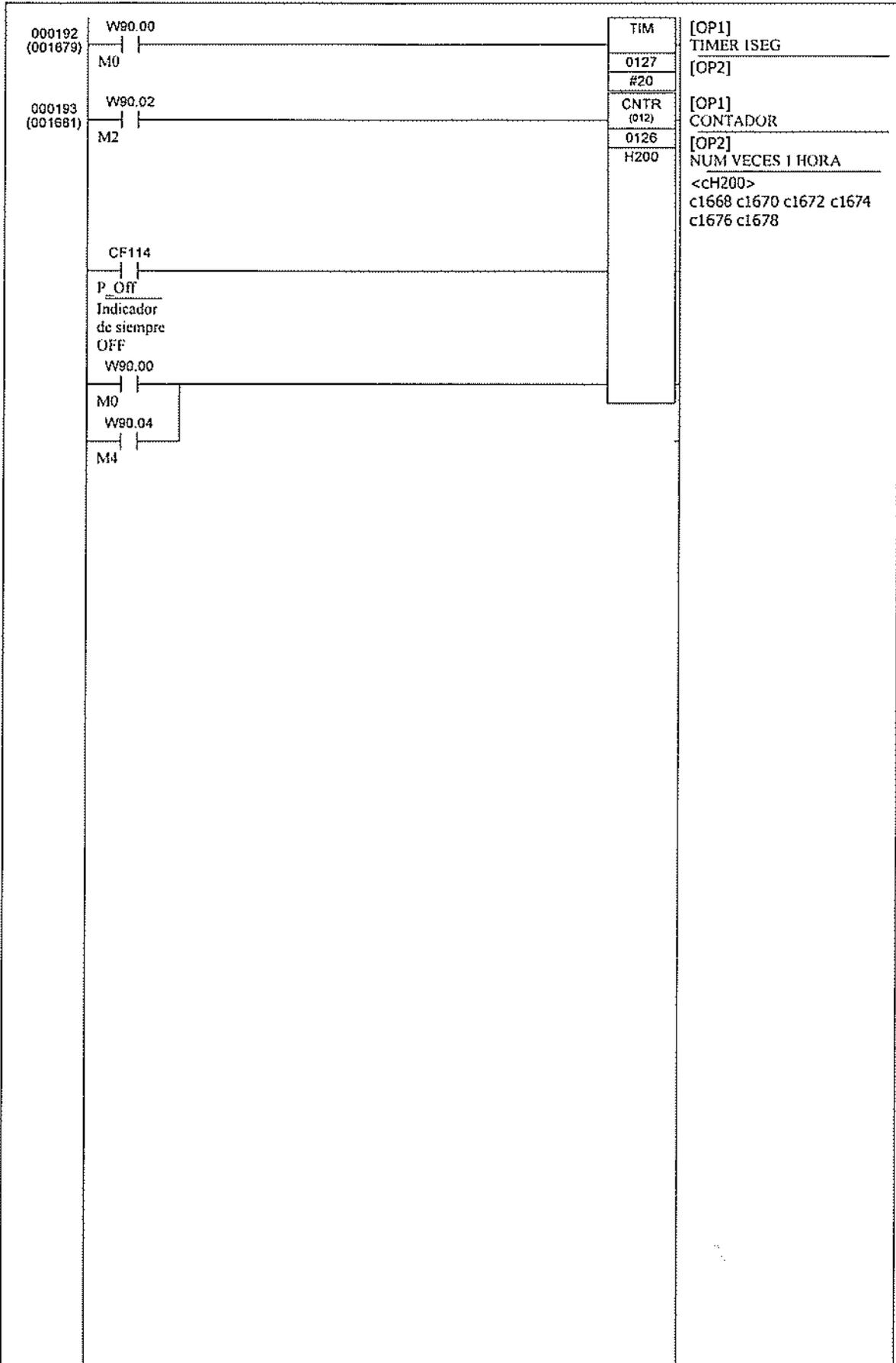


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001574

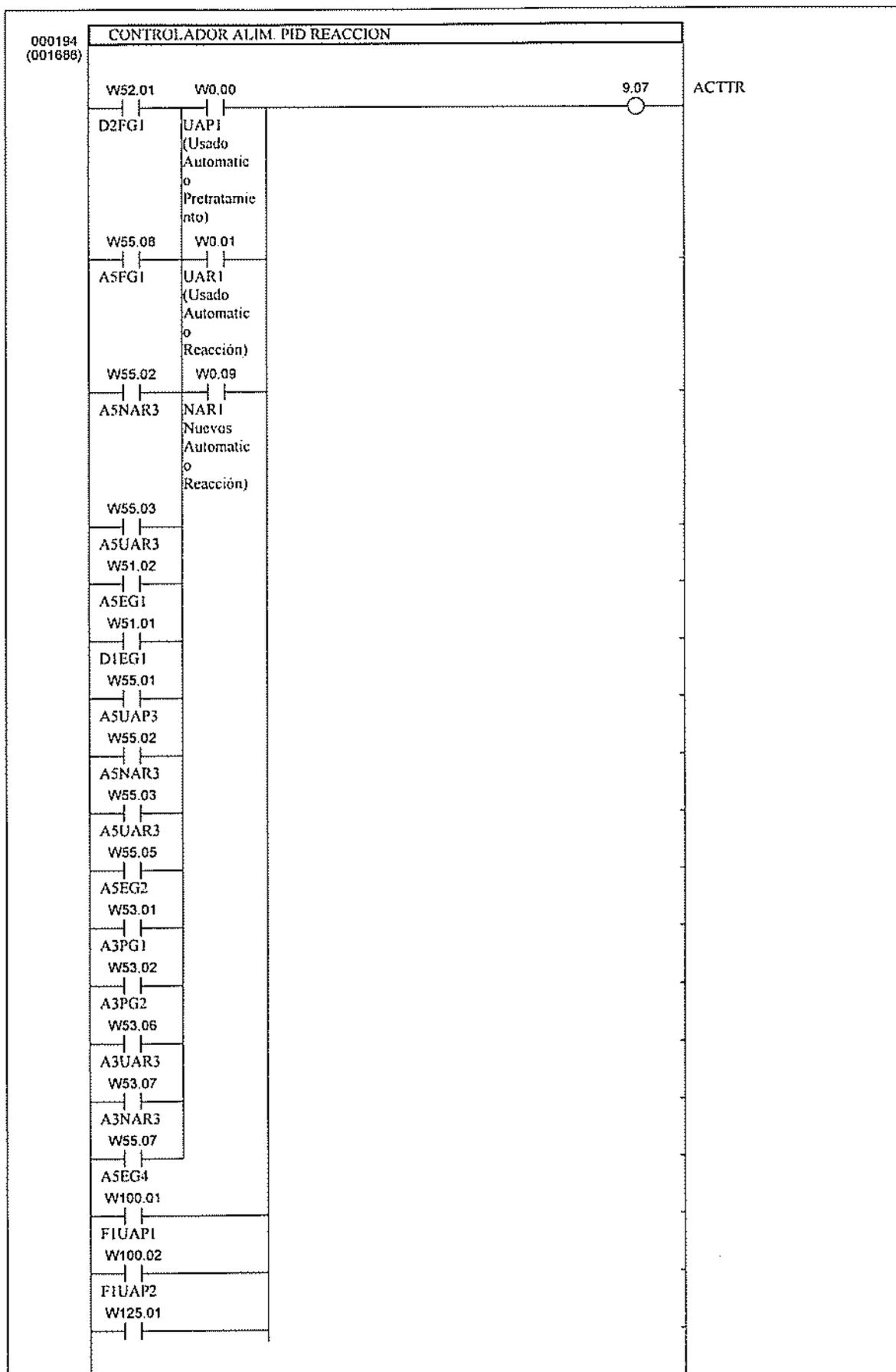




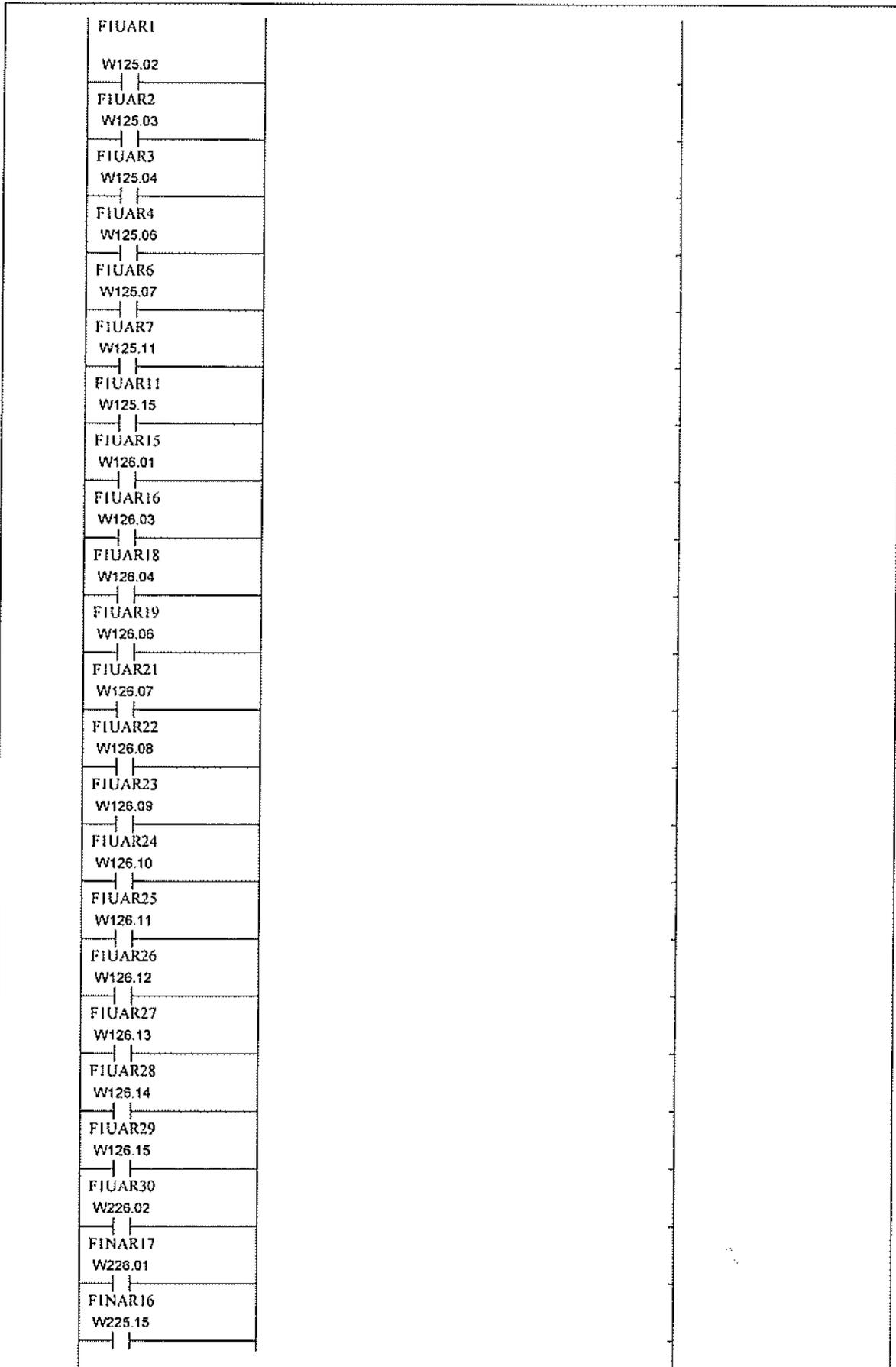
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001657



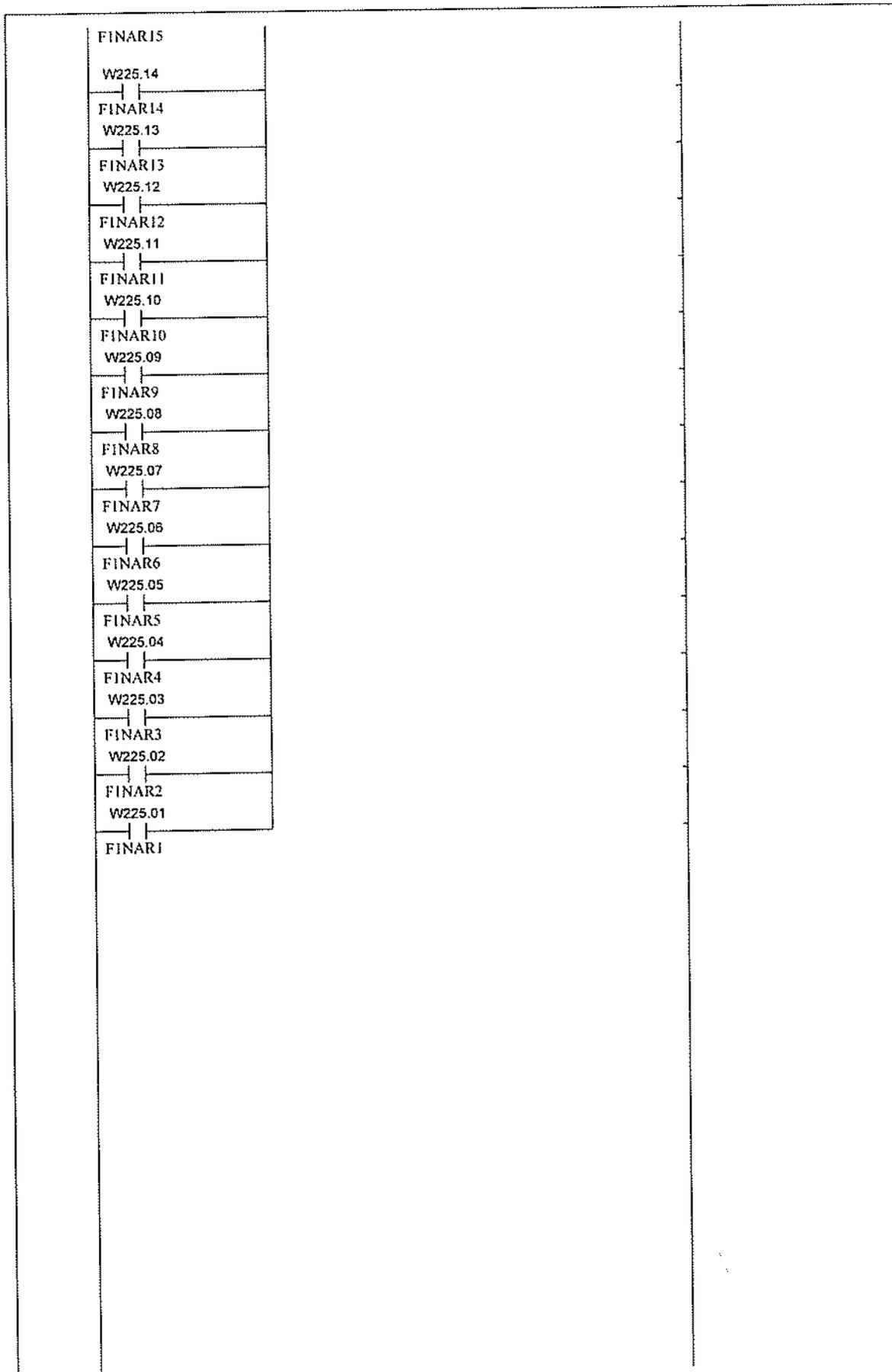
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001679



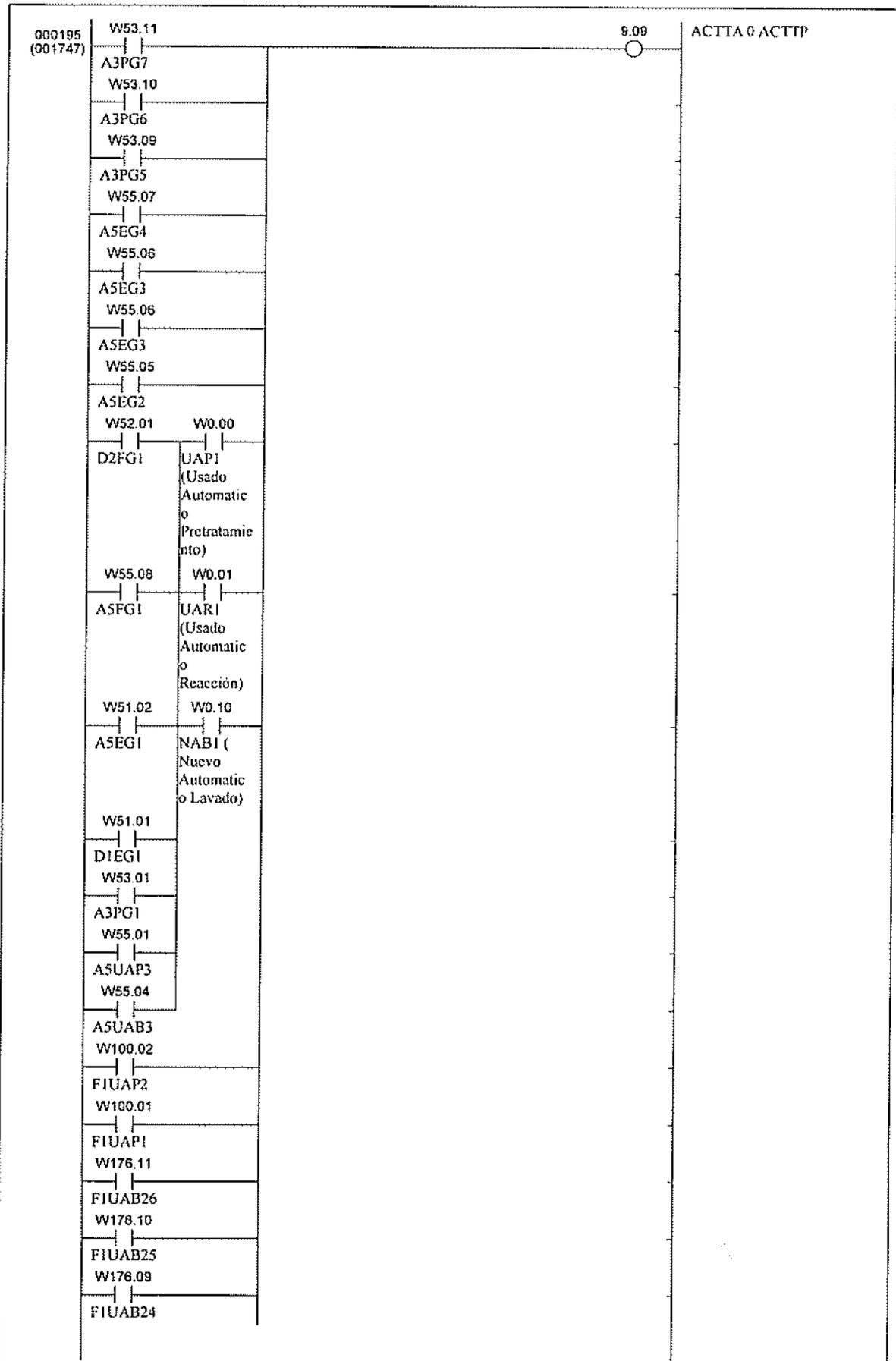
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001686



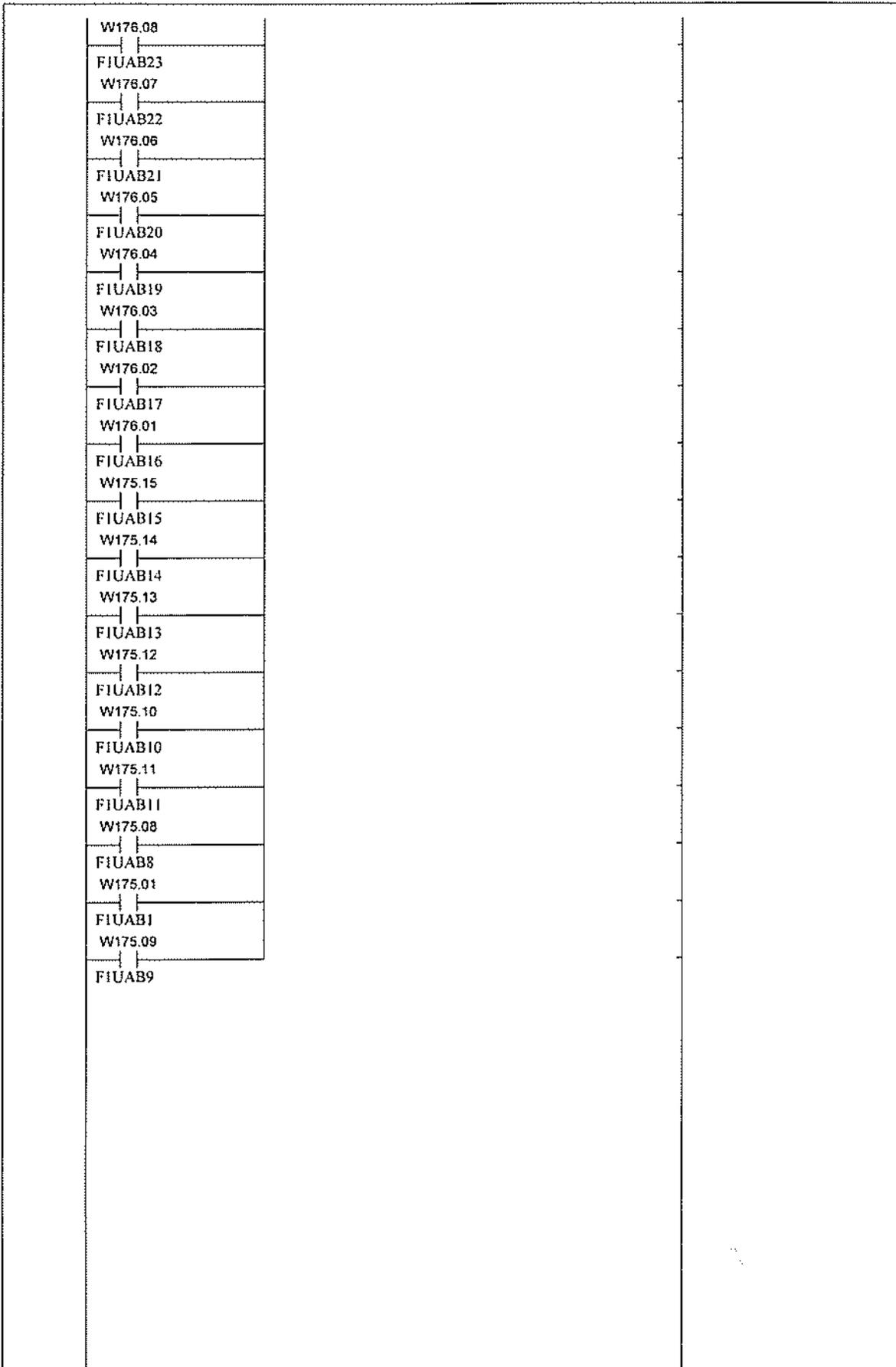
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001686



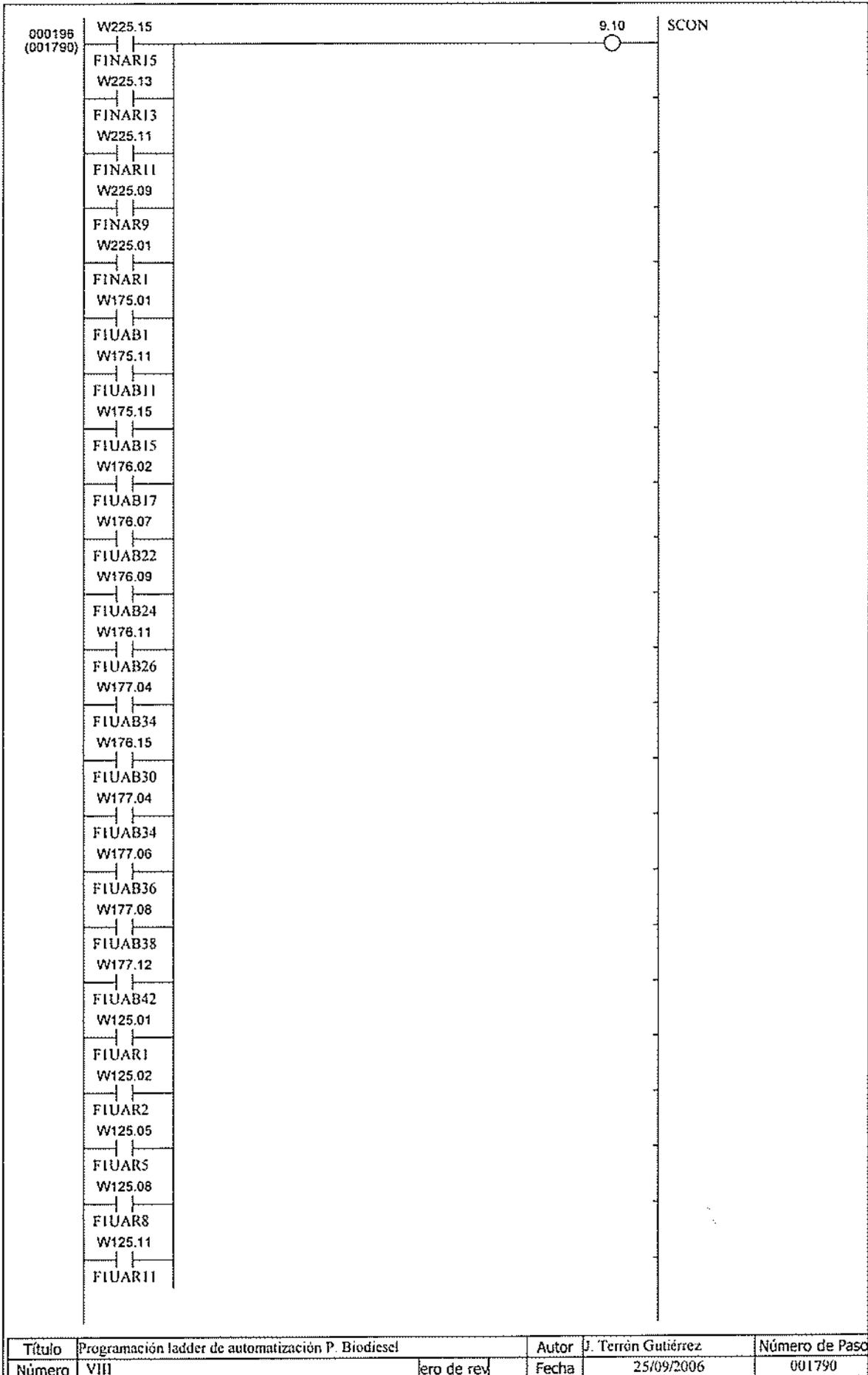
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				001686

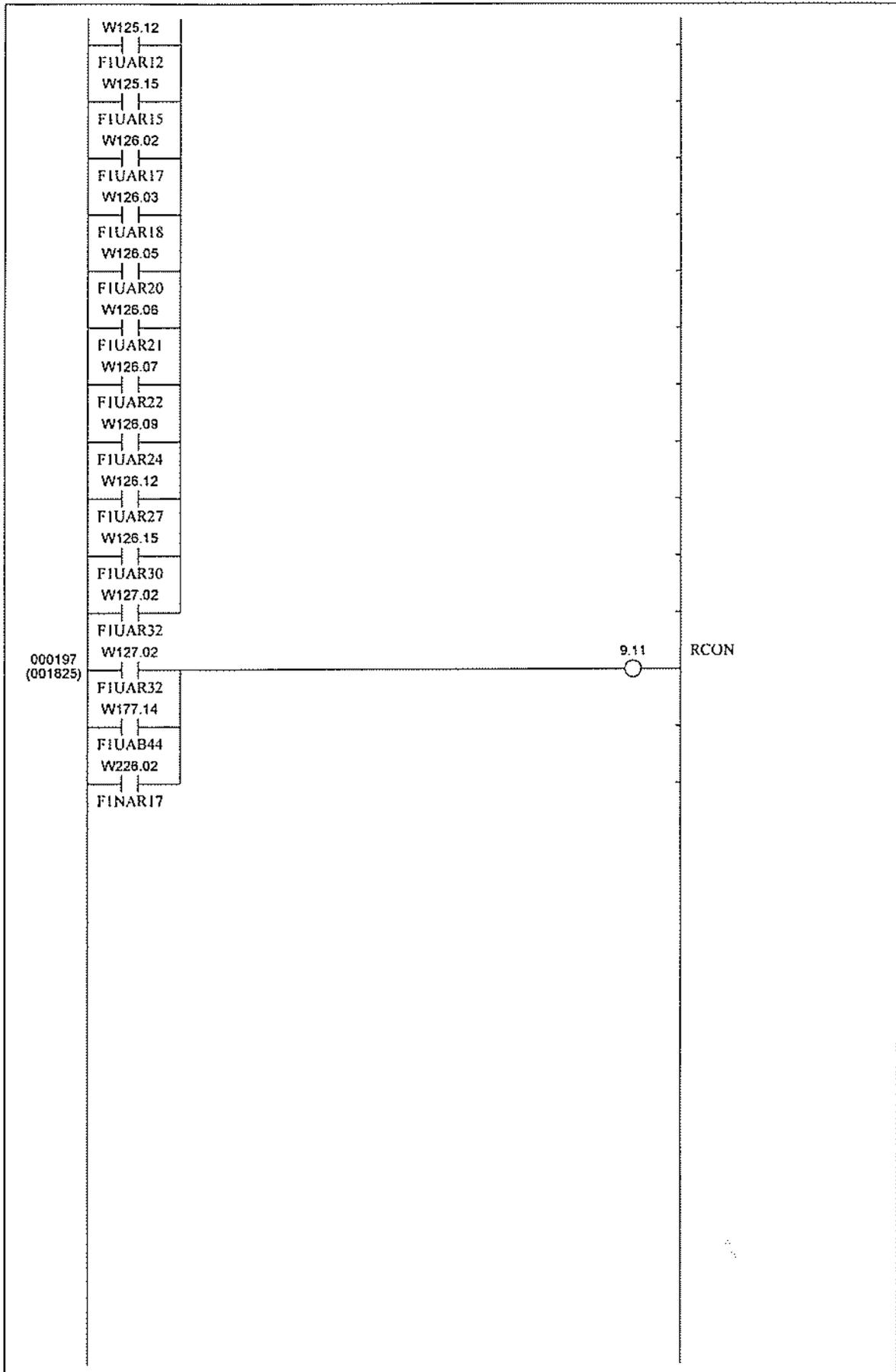


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001747

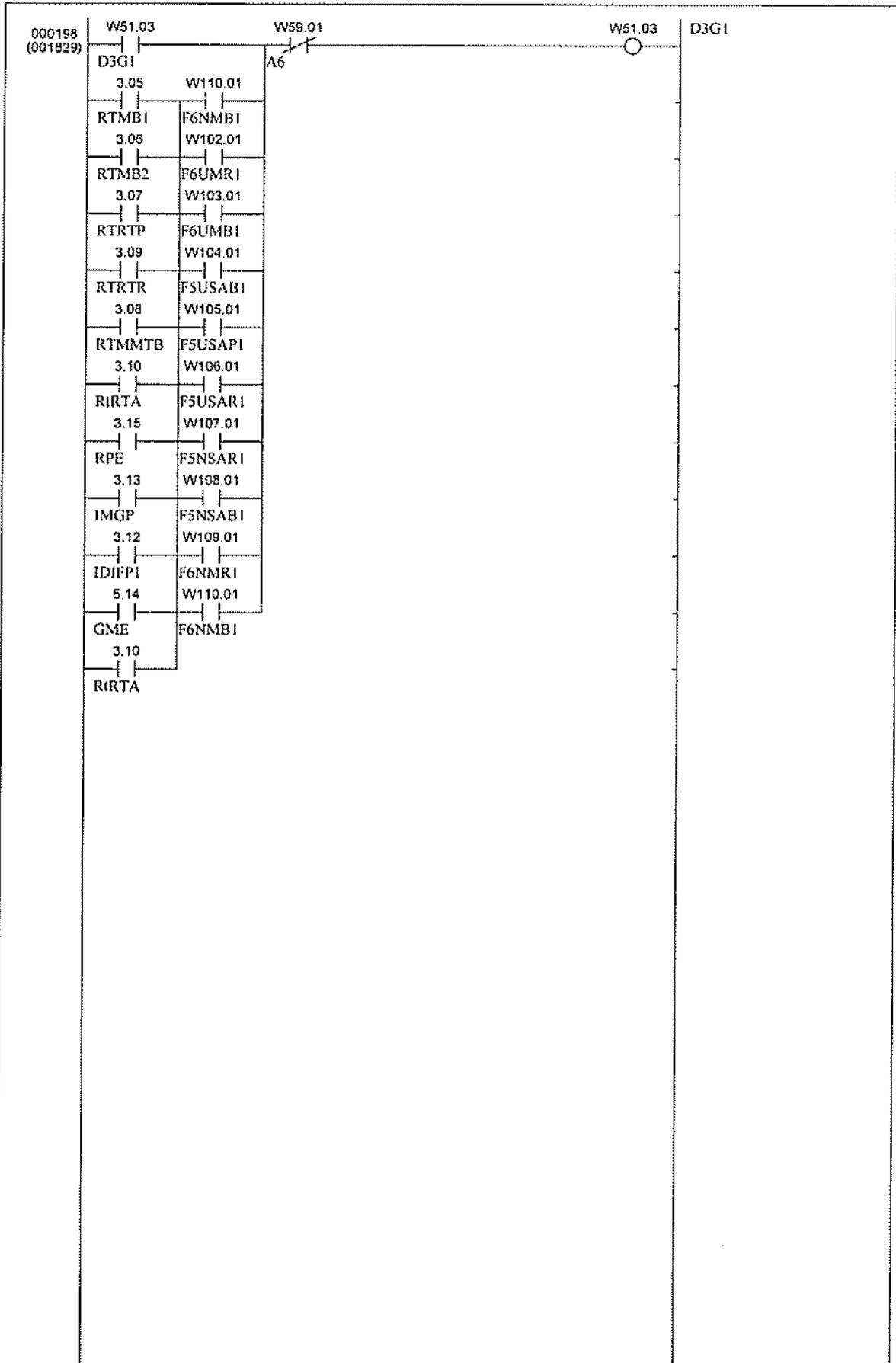


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001747

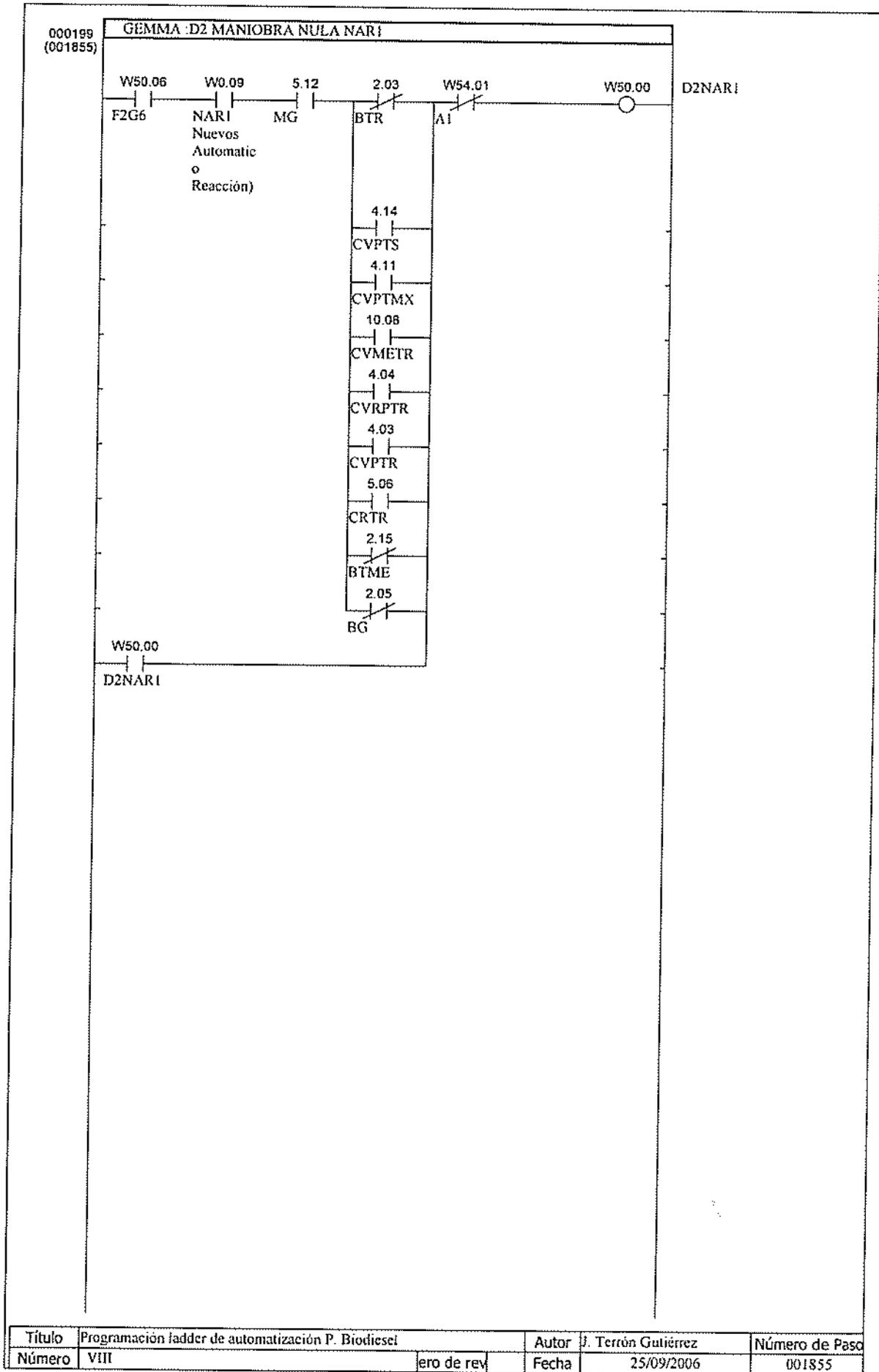


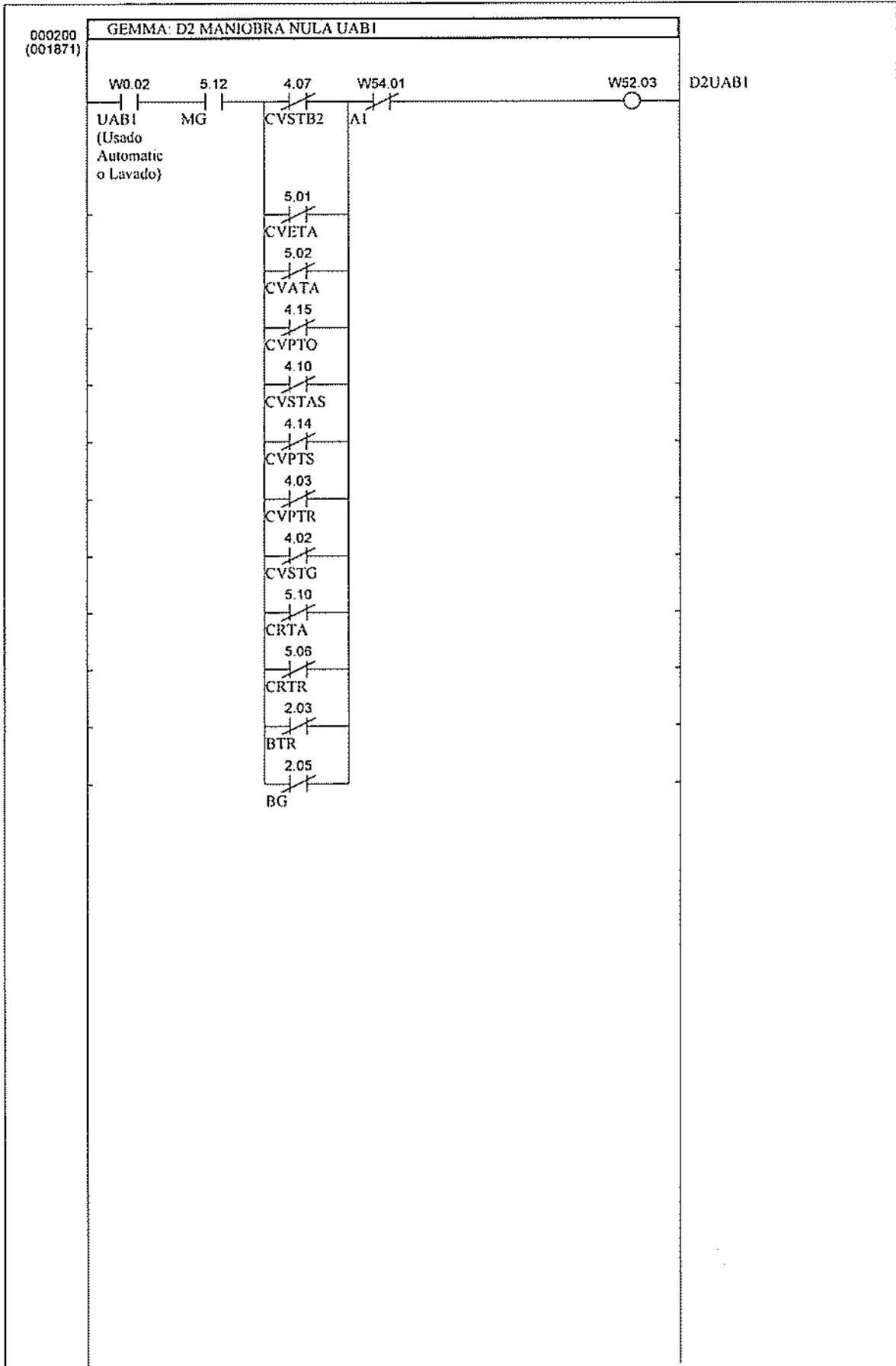


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001790

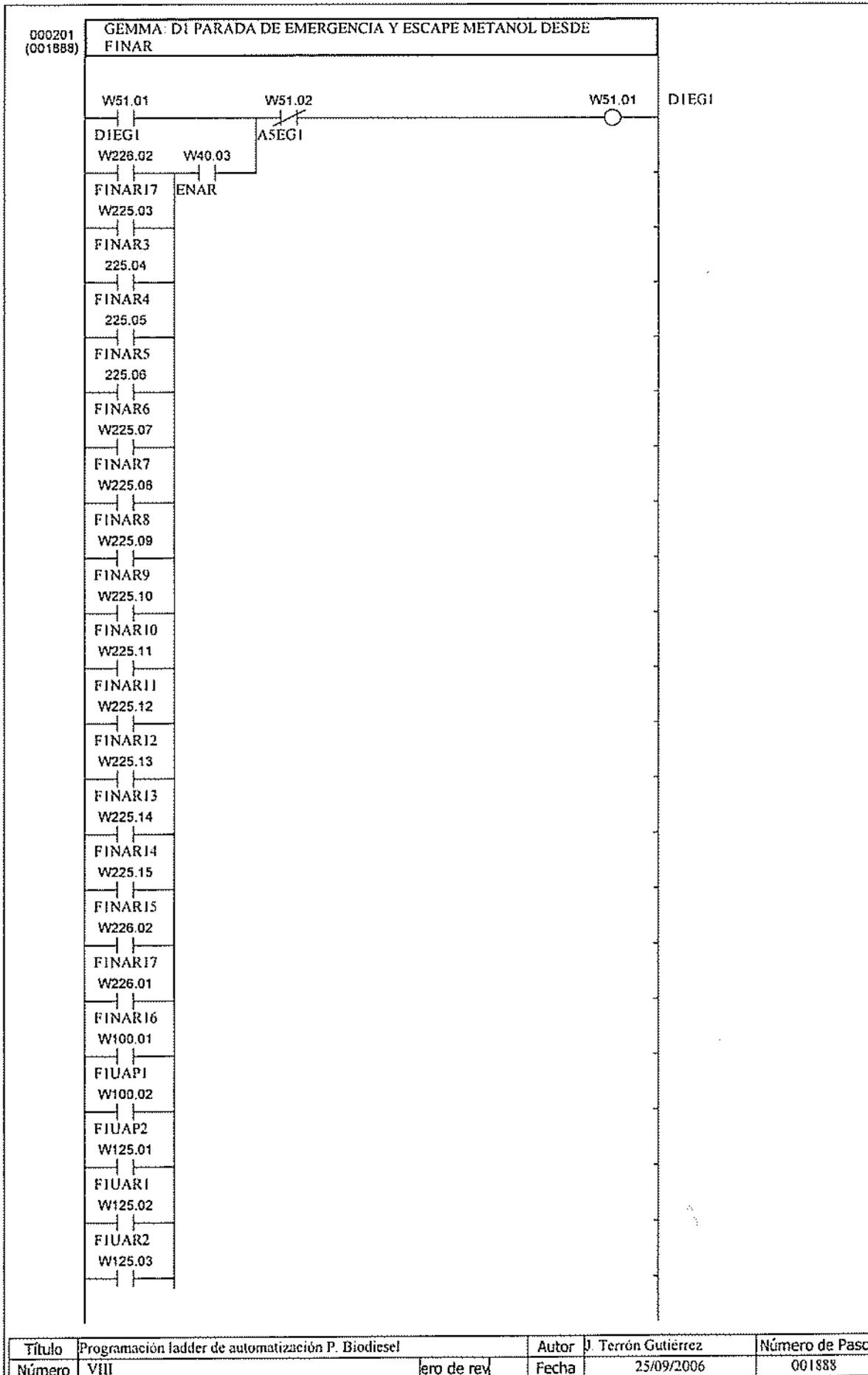


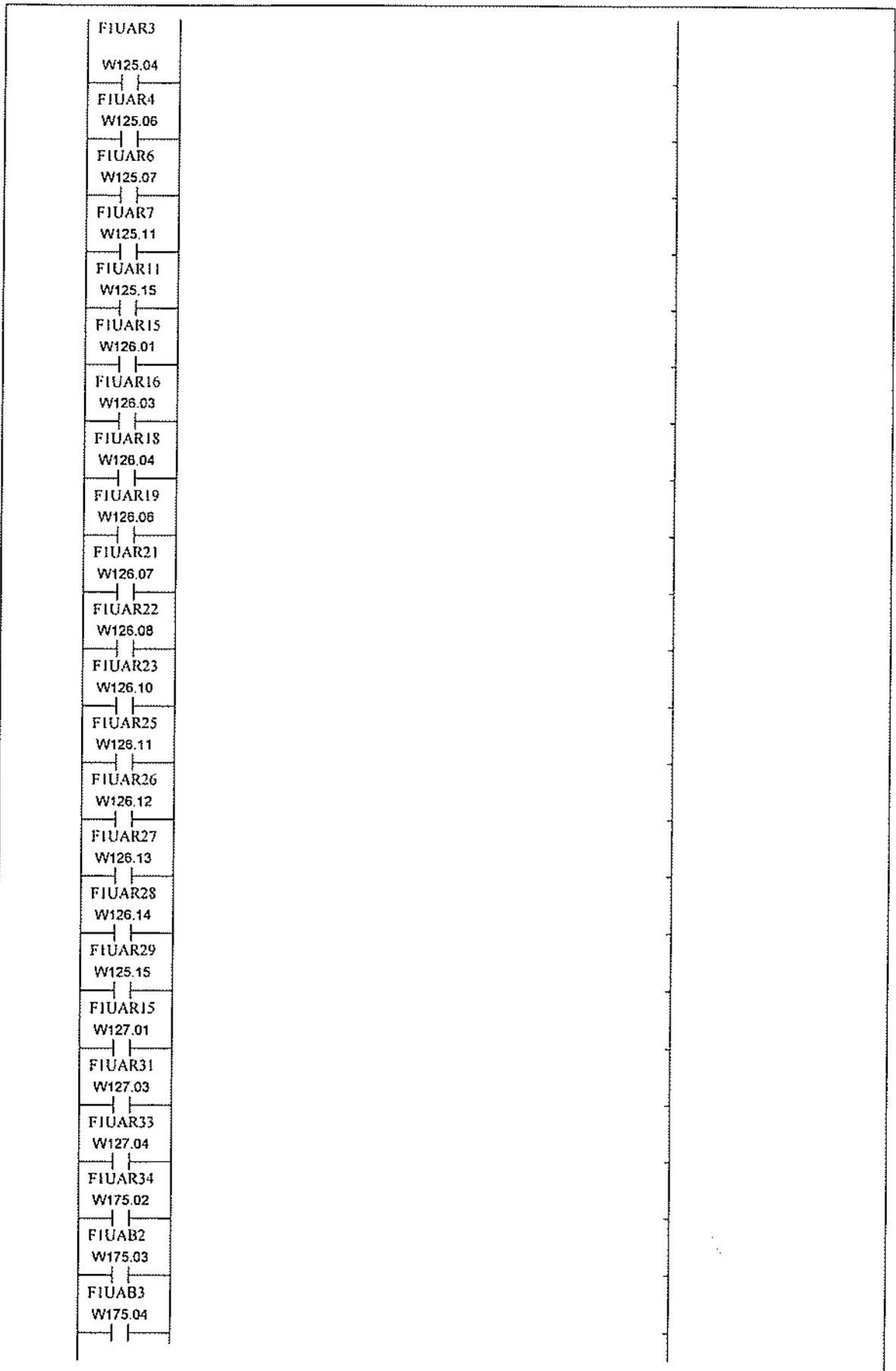
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001829



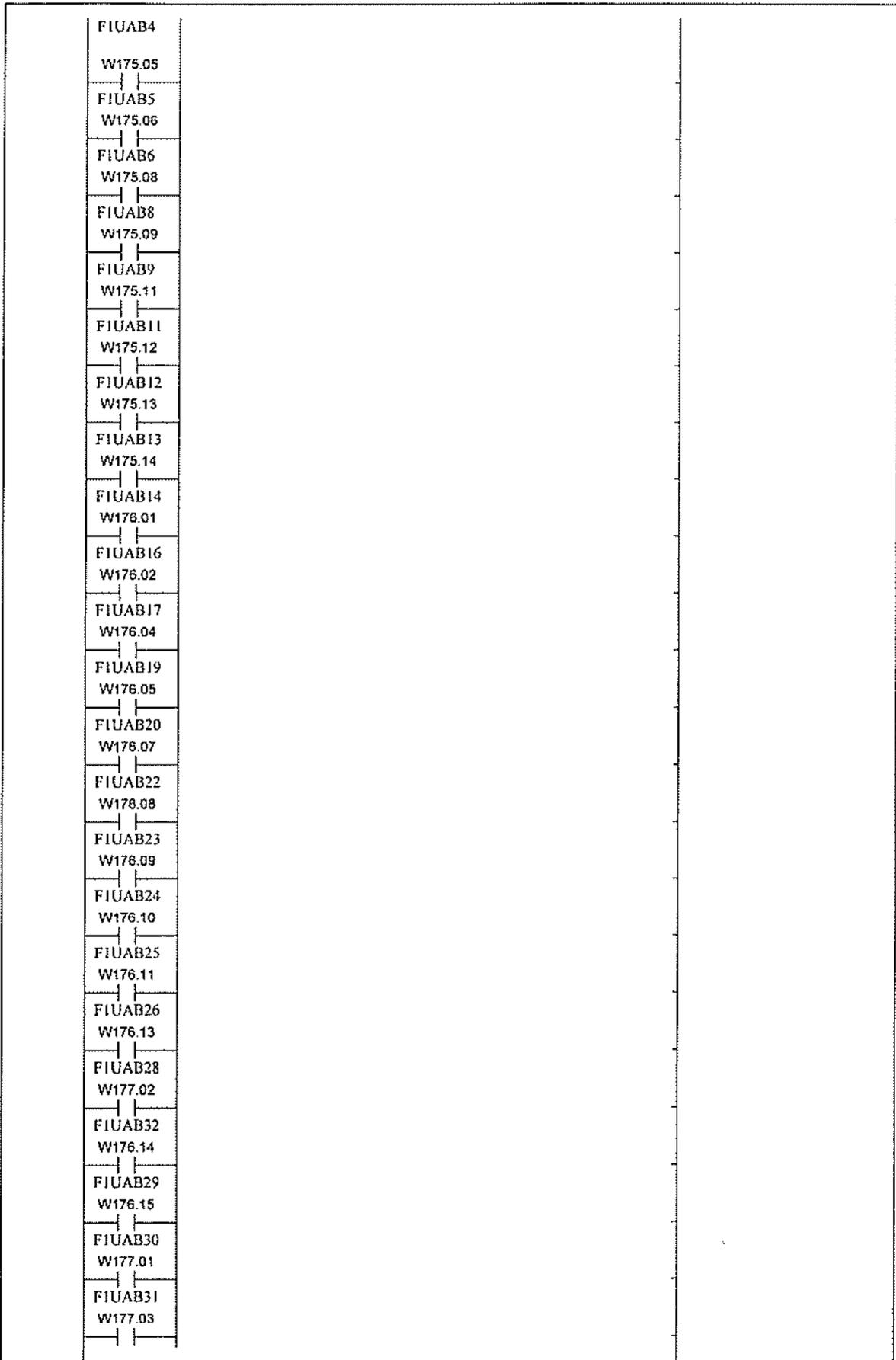


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				001871

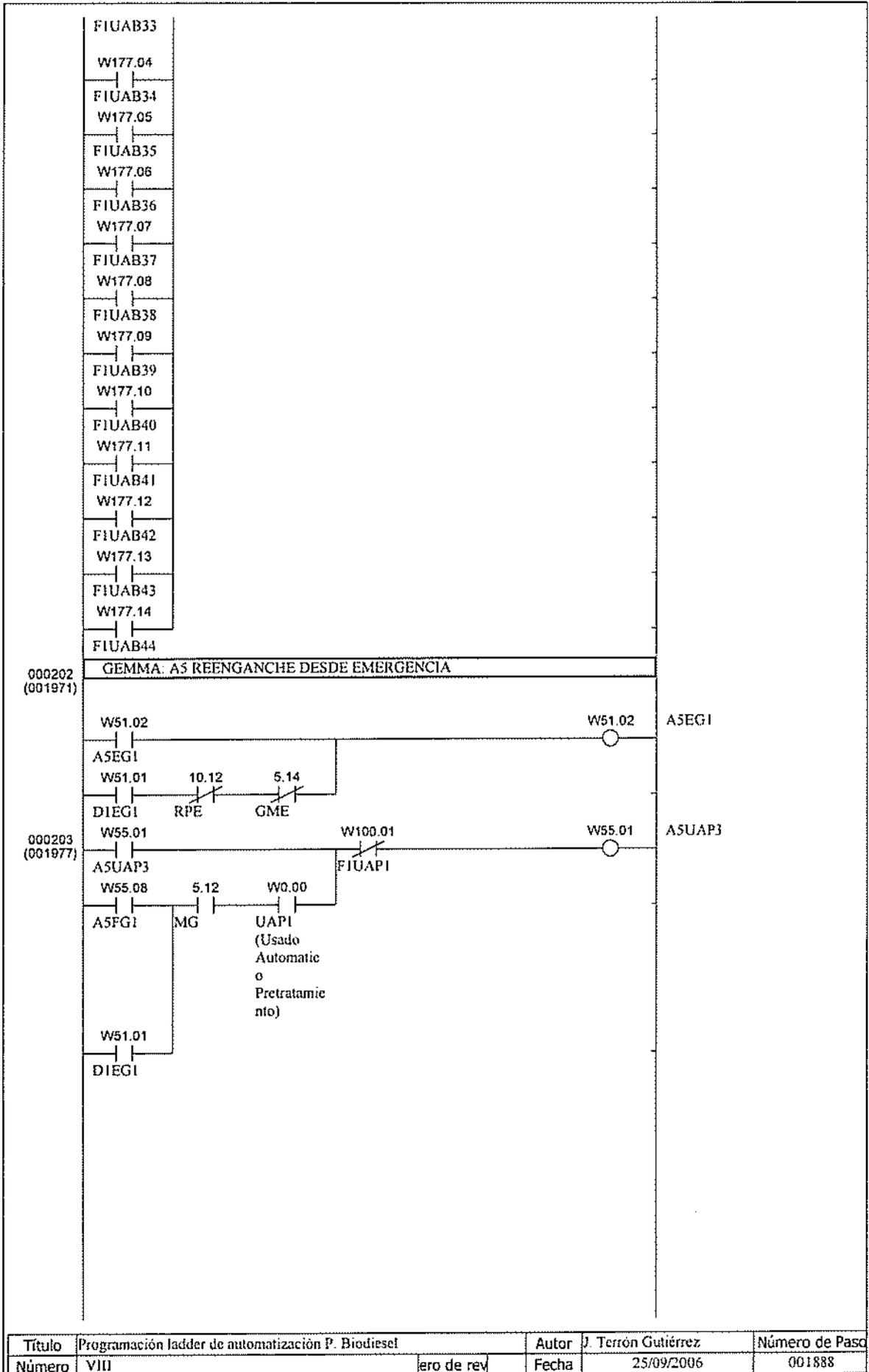




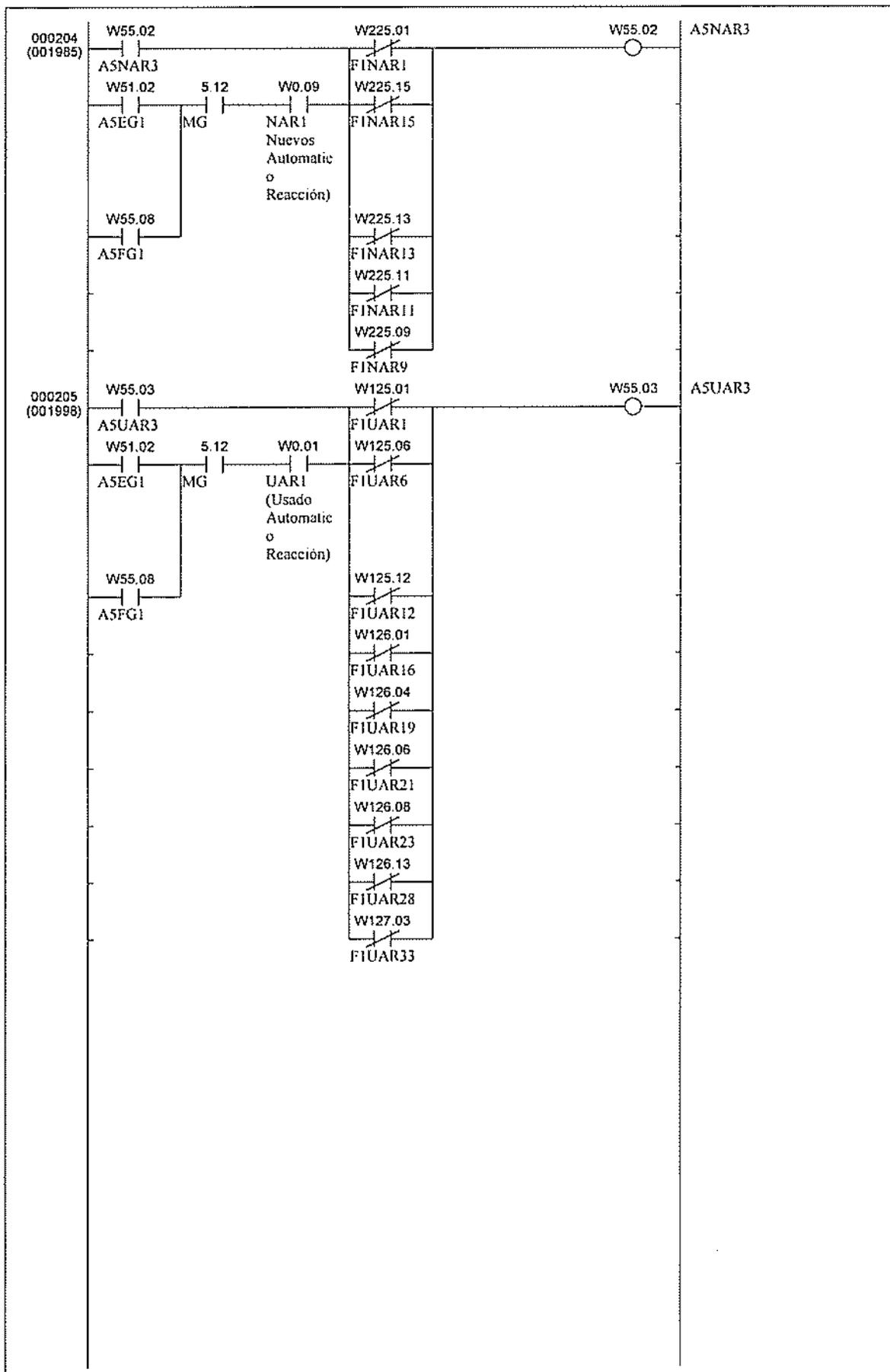
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001888



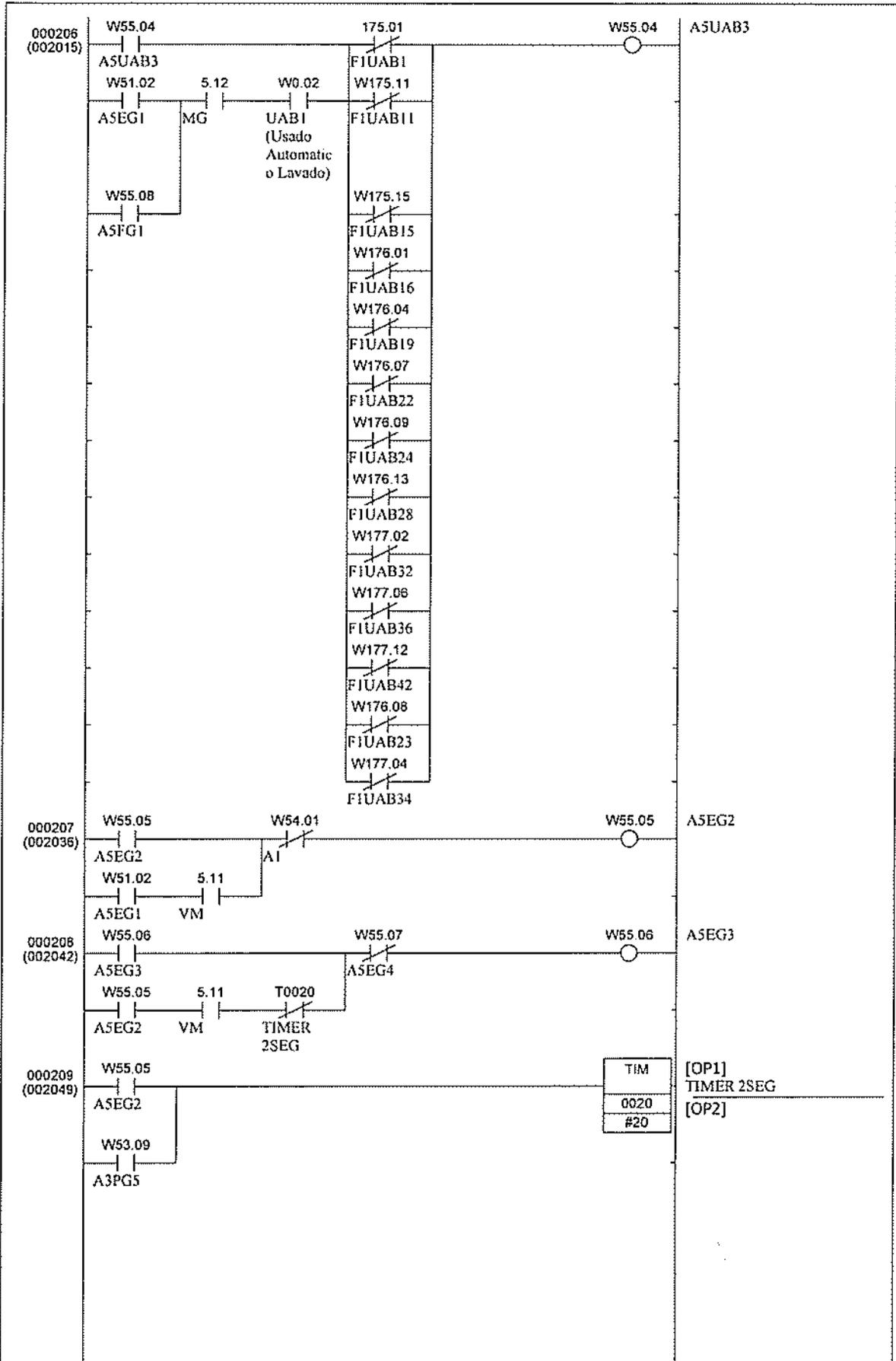
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha 25/09/2006	001888



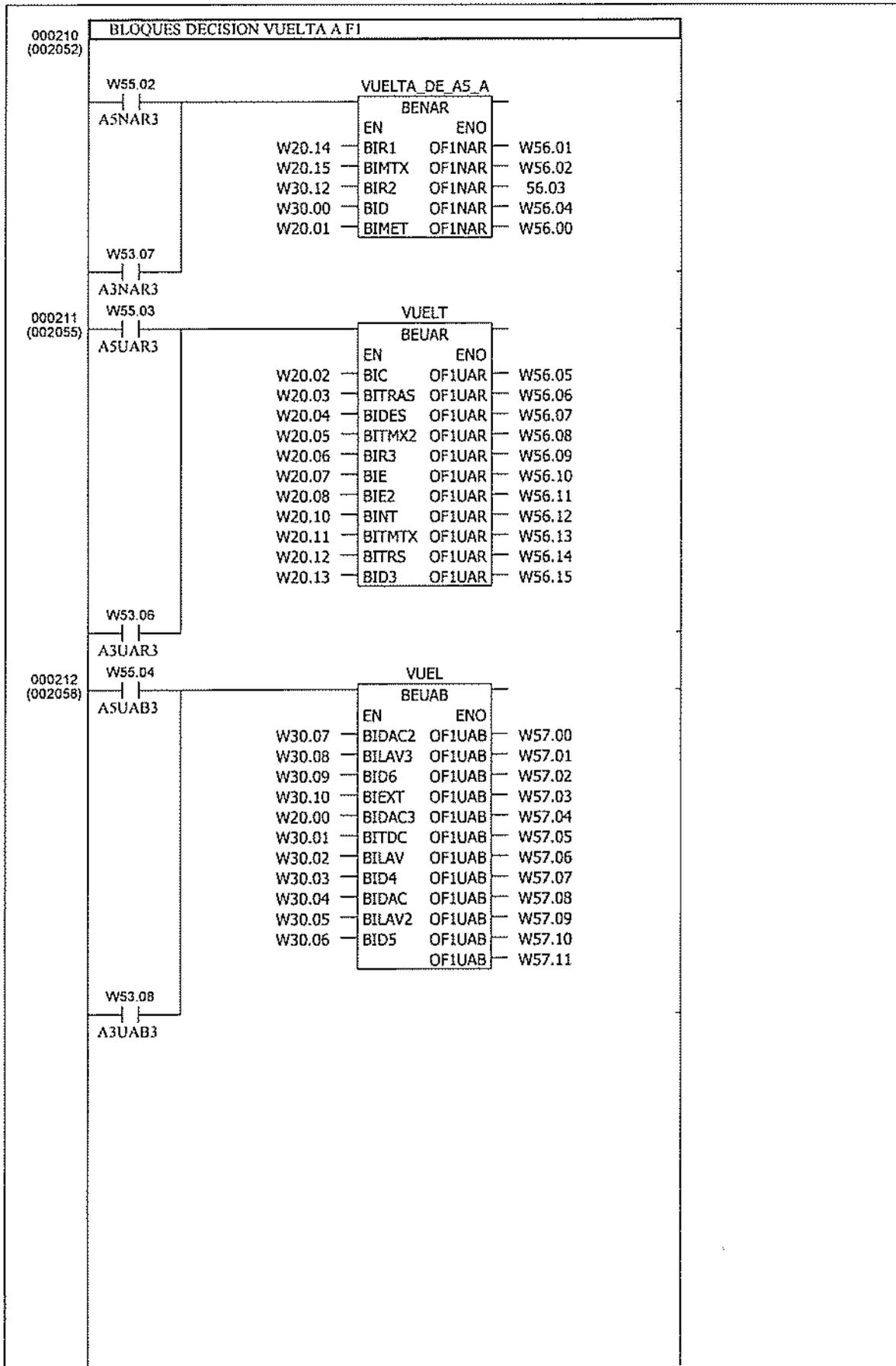
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001888



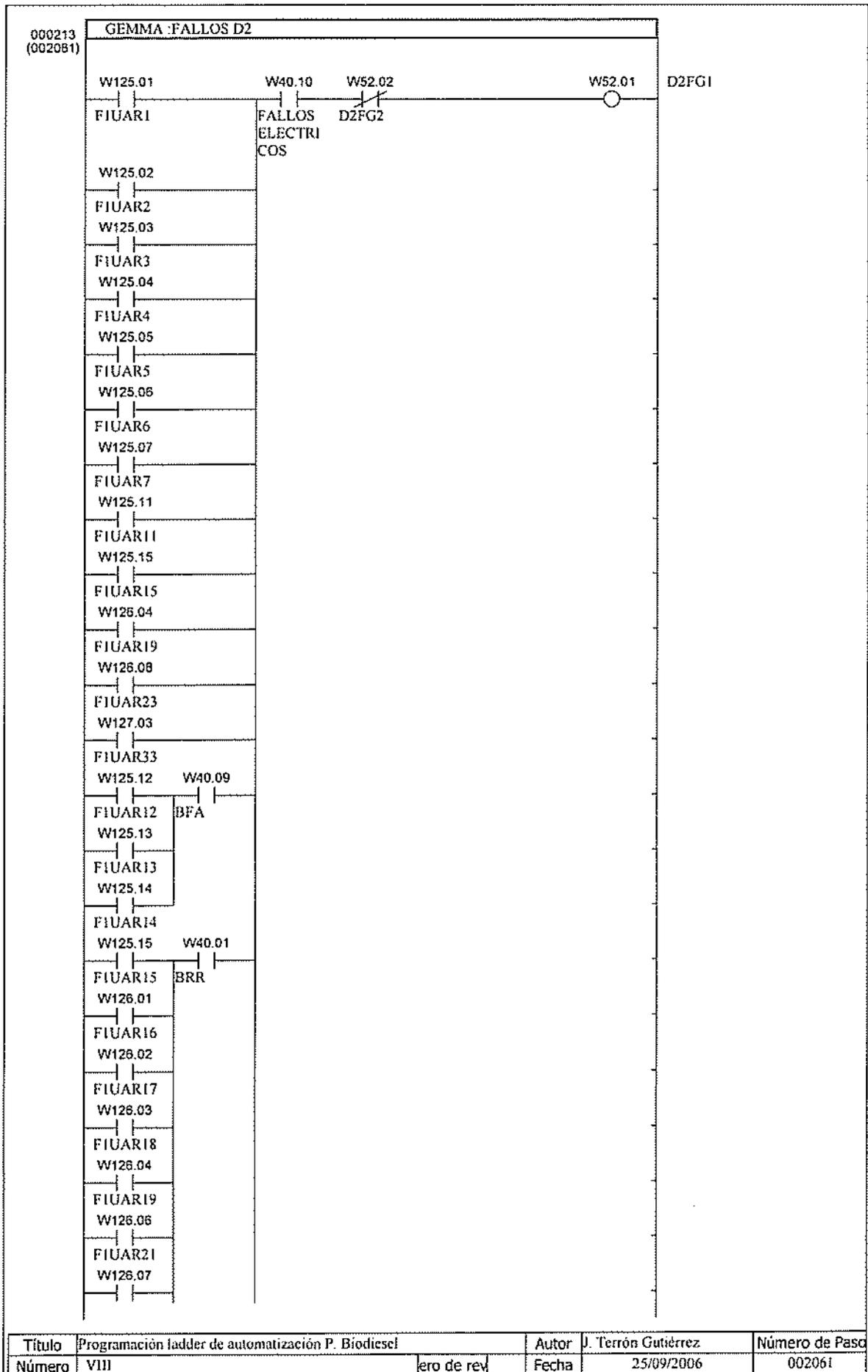
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	001985

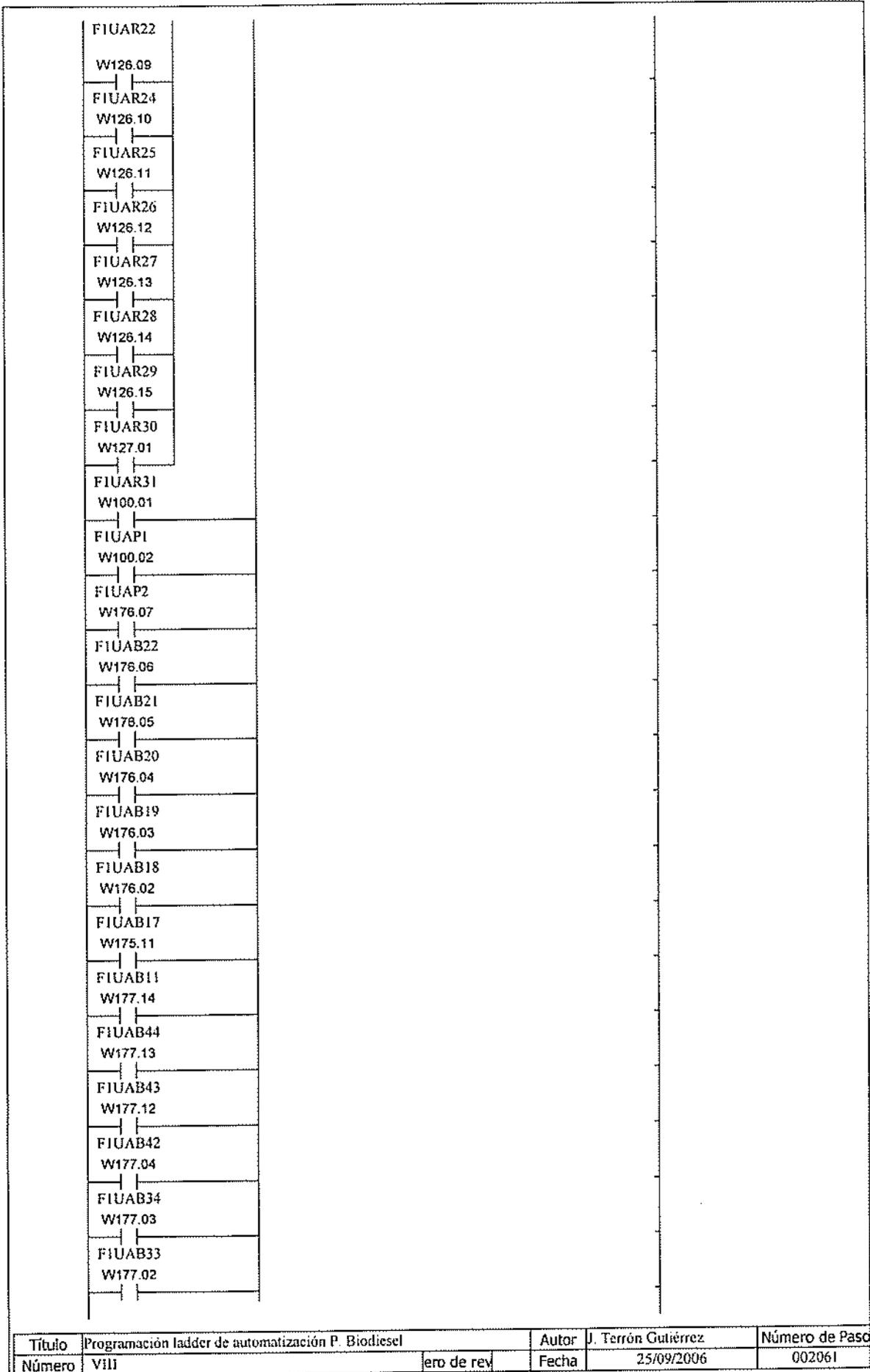


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		002015

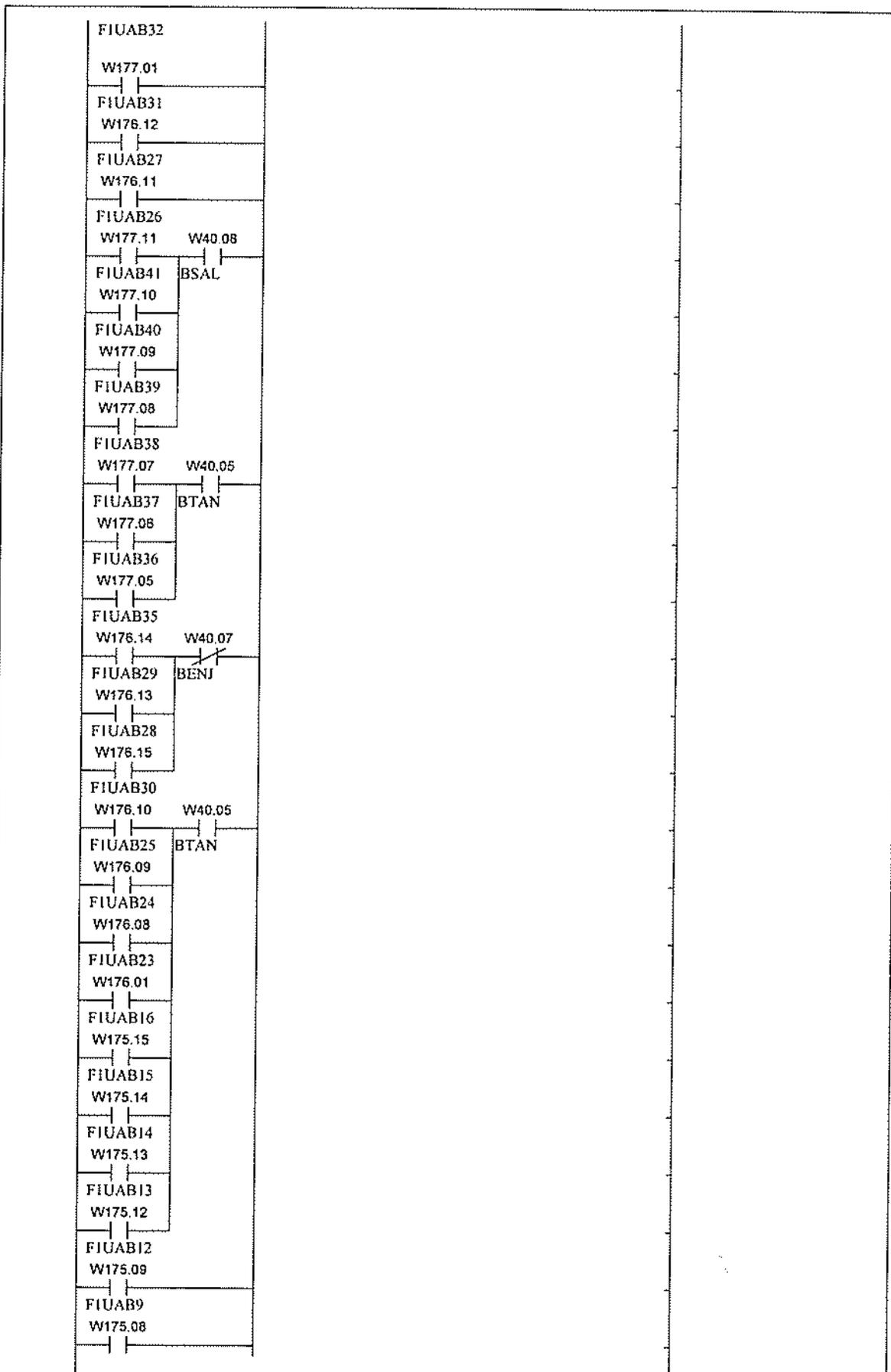


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	002052

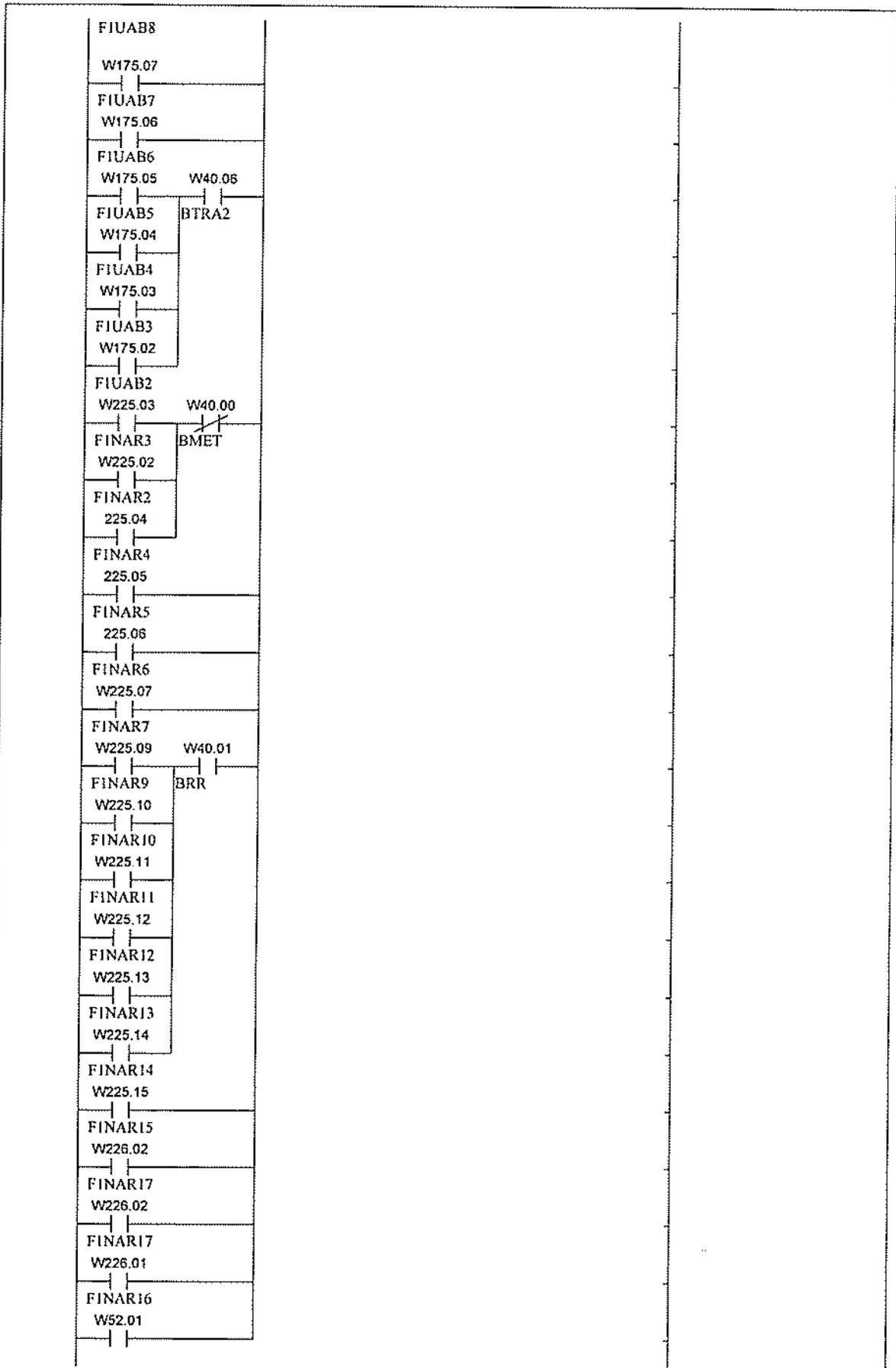




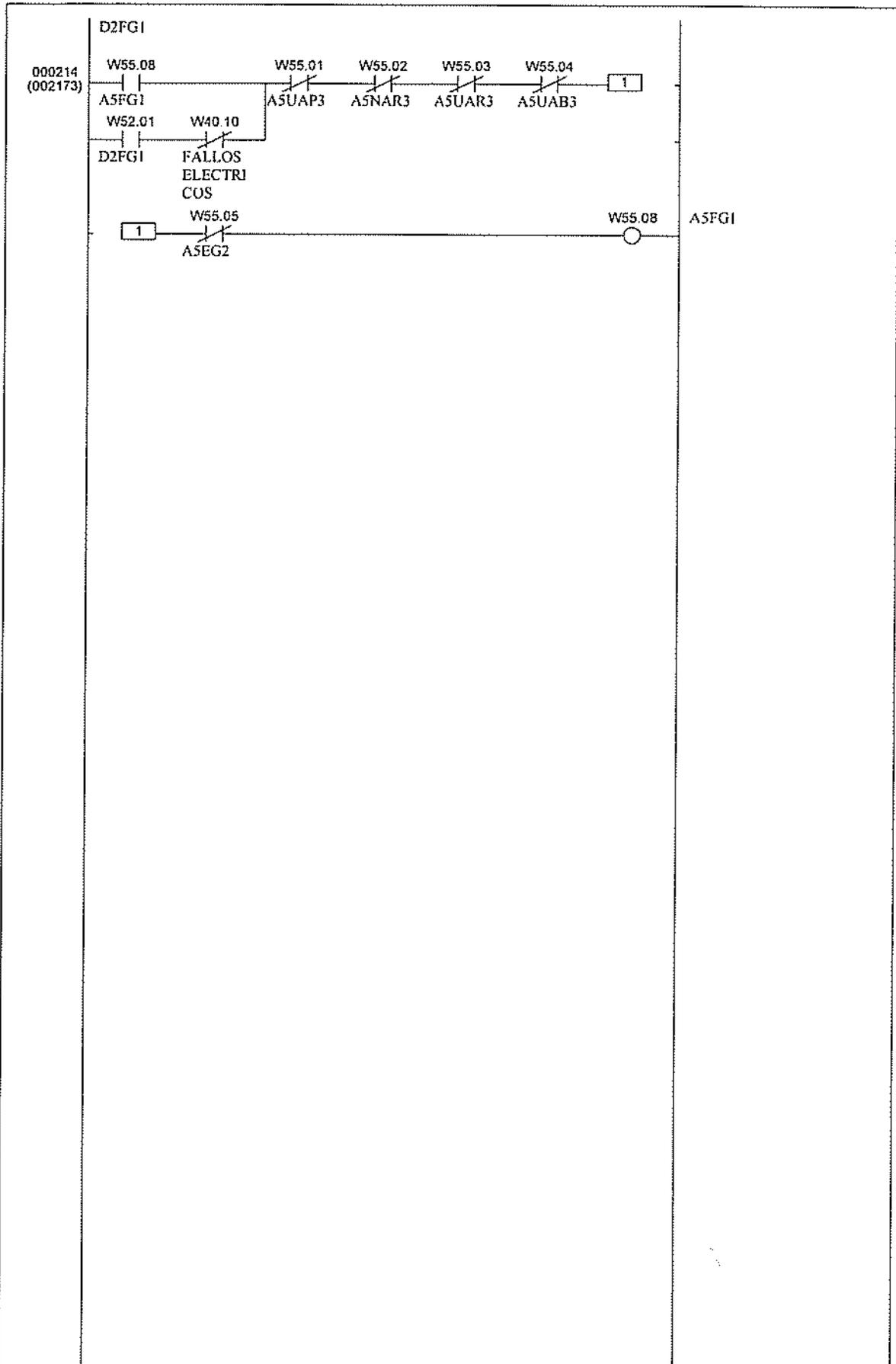
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002061



Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002061

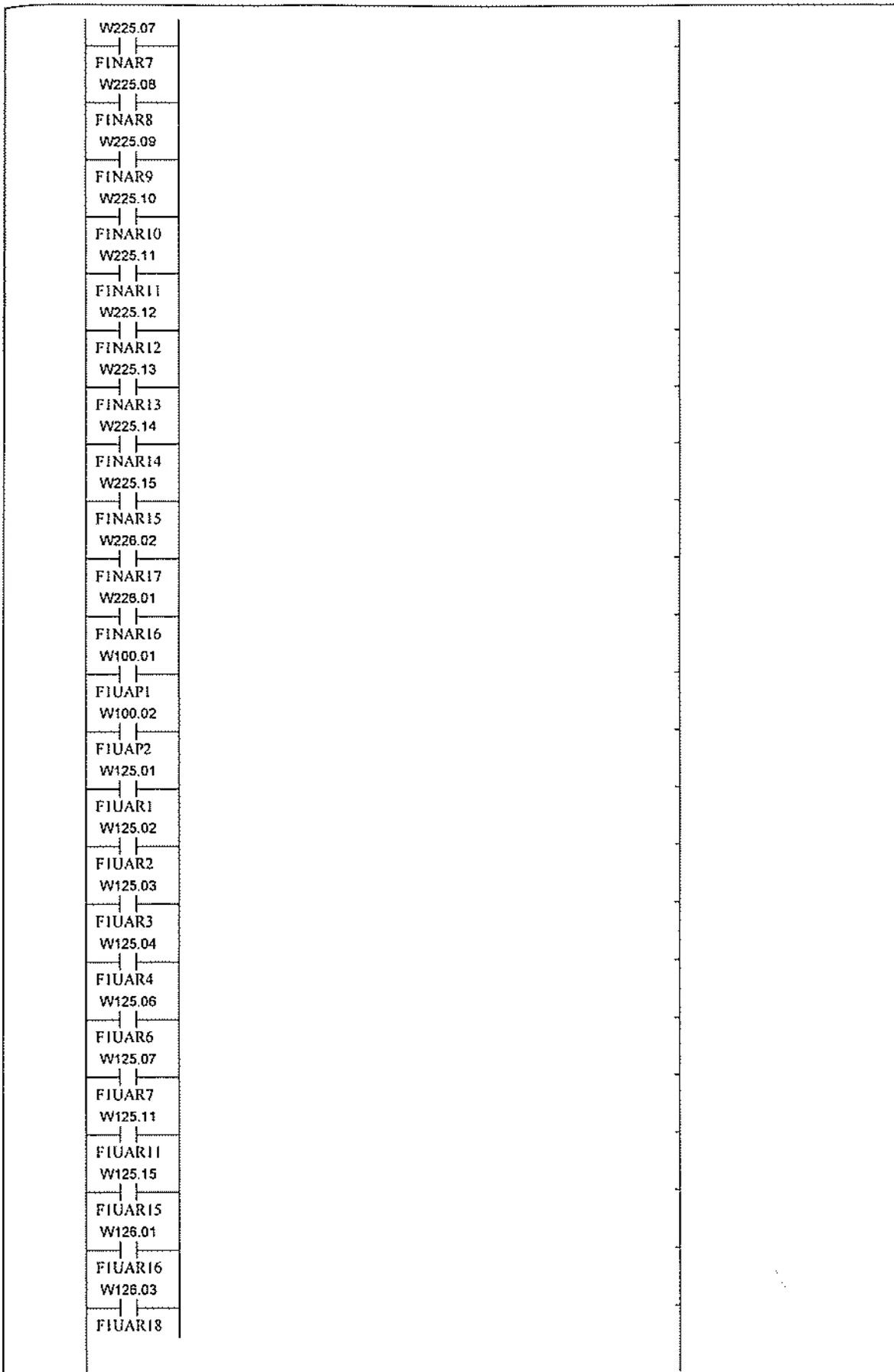


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002061



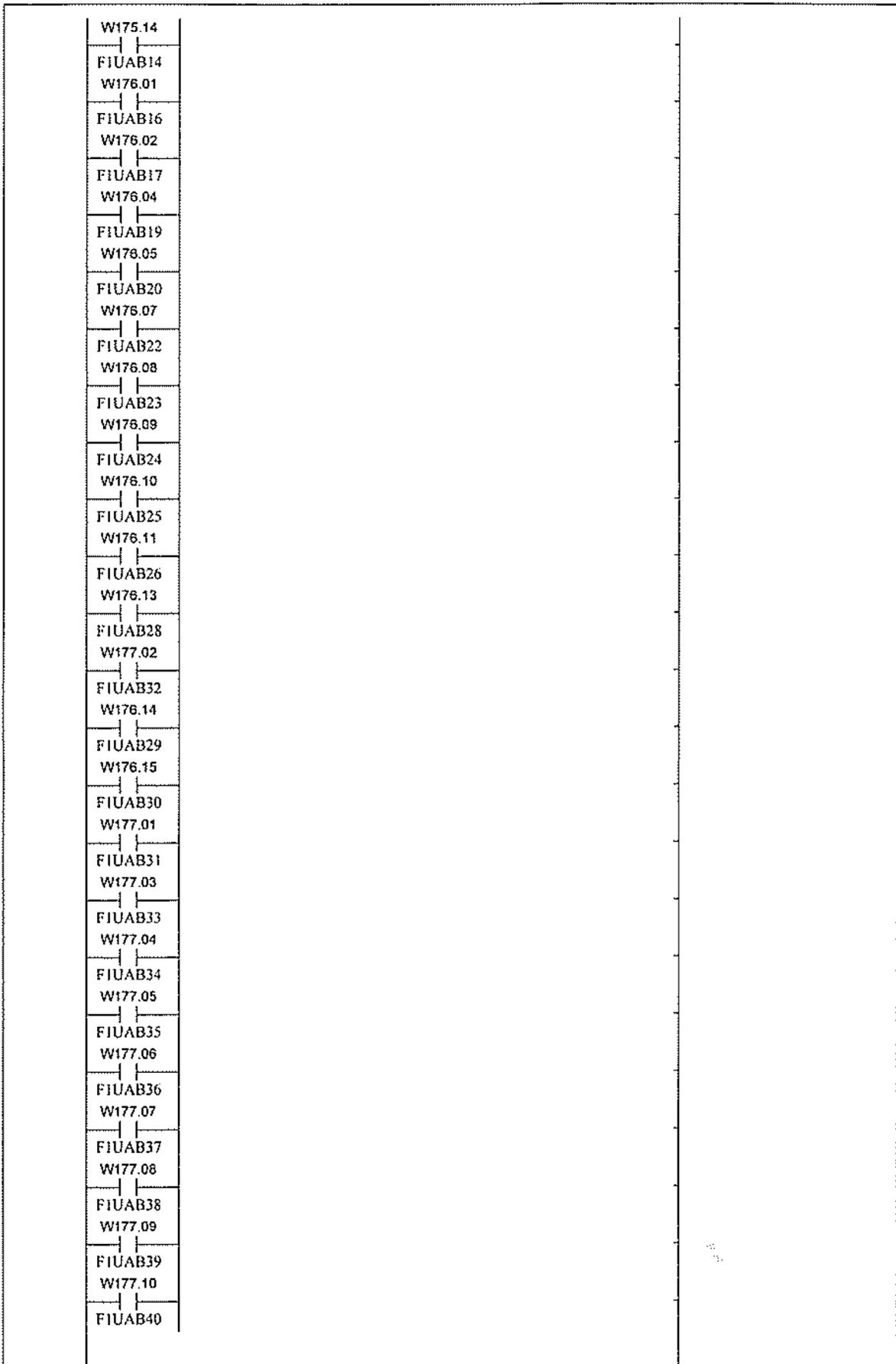
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	002061



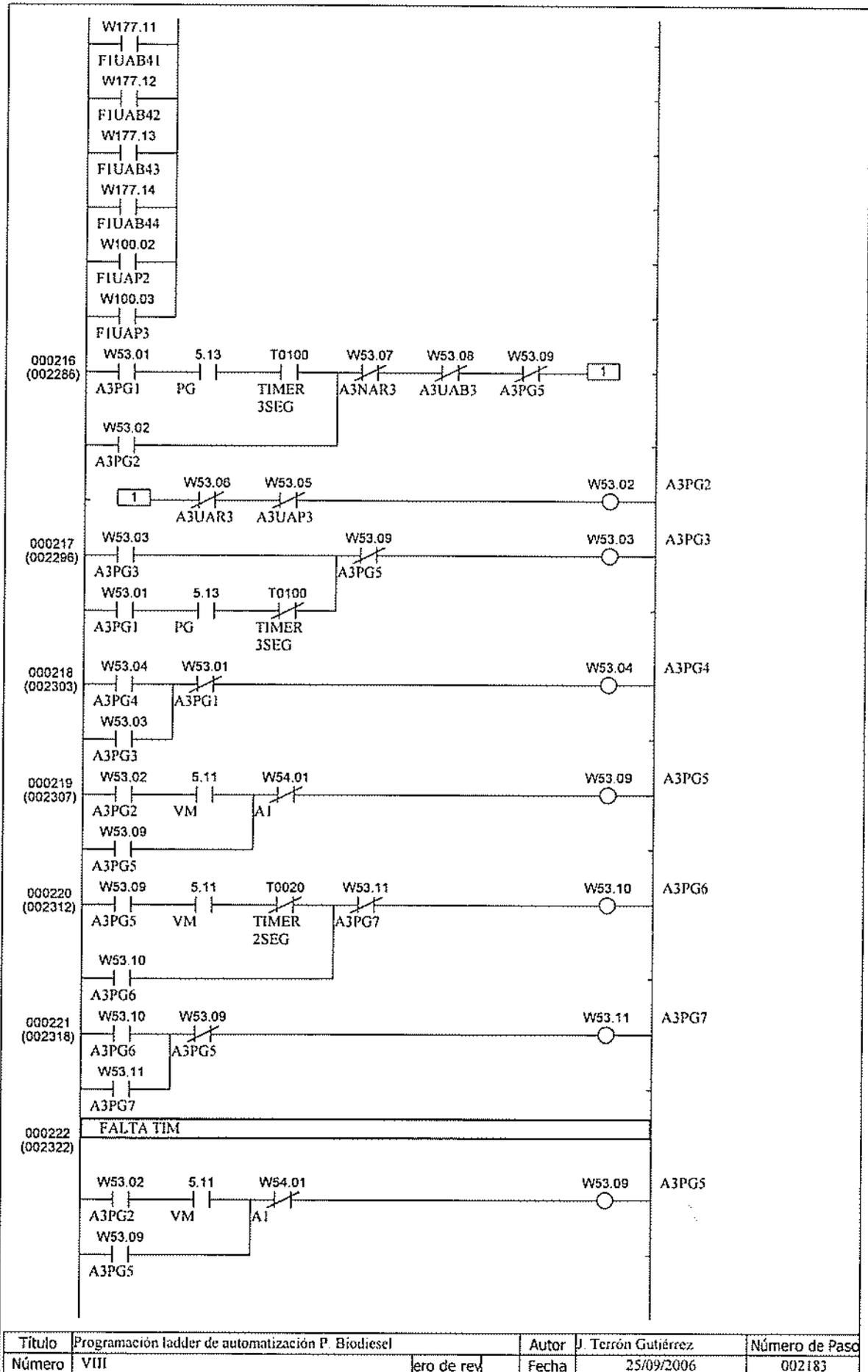


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				002183

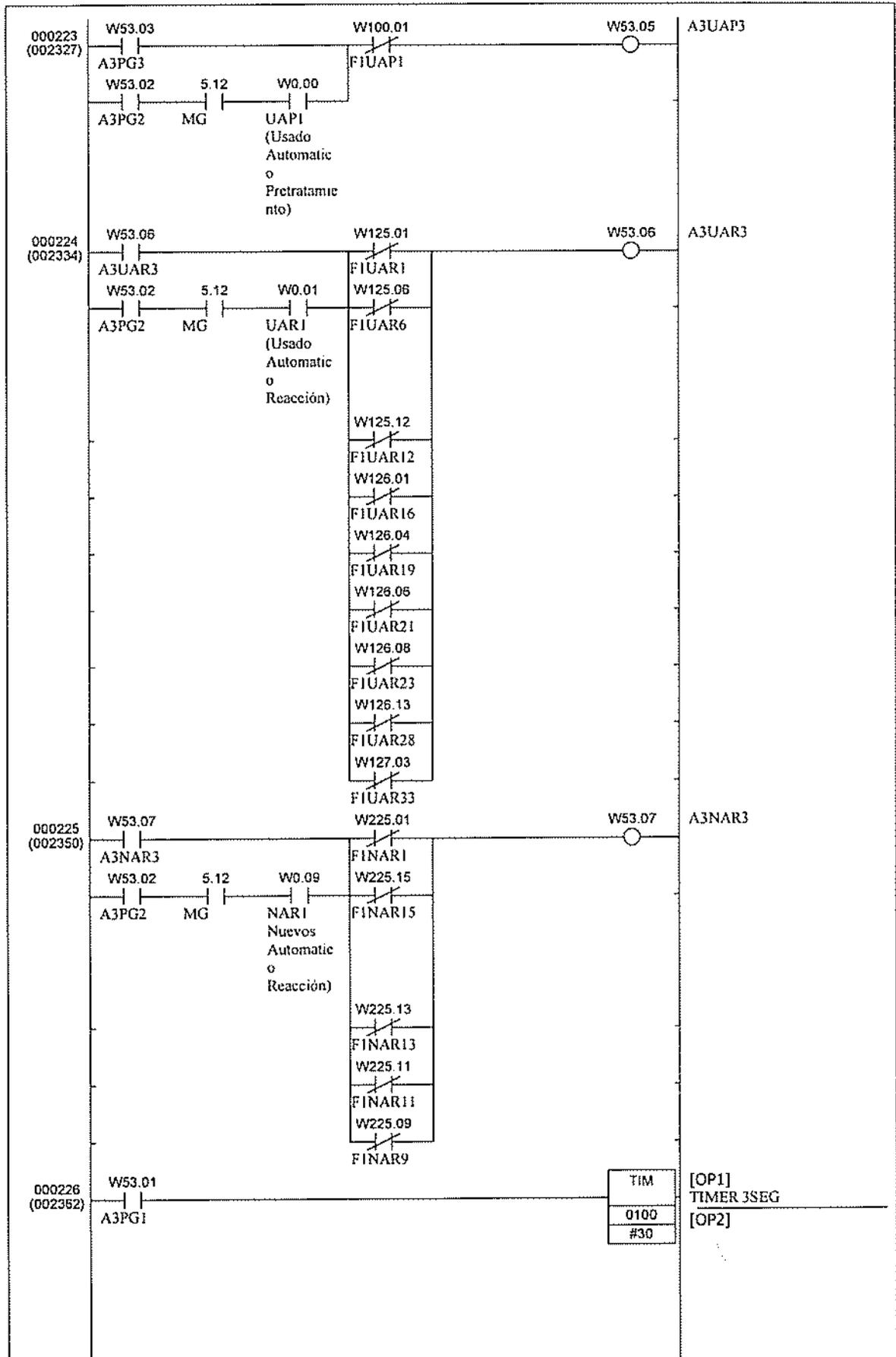
	W126.04				
	FIUAR19				
	W126.06				
	FIUAR21				
	W126.07				
	FIUAR22				
	W126.08				
	FIUAR23				
	W126.10				
	FIUAR25				
	W126.11				
	FIUAR26				
	W126.12				
	FIUAR27				
	W126.13				
	FIUAR28				
	W126.14				
	FIUAR29				
	W125.15				
	FIUAR15				
	W127.01				
	FIUAR31				
	W127.03				
	FIUAR33				
	W127.04				
	FIUAR34				
	W175.02				
	FIUAB2				
	W175.03				
	FIUAB3				
	W175.04				
	FIUAB4				
	W175.05				
	FIUAB5				
	W175.06				
	FIUAB6				
	W175.08				
	FIUAB8				
	W175.09				
	FIUAB9				
	W175.11				
	FIUAB11				
	W175.12				
	FIUAB12				
	W175.13				
	FIUAB13				
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutierrez	Número de Pasd
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	002183



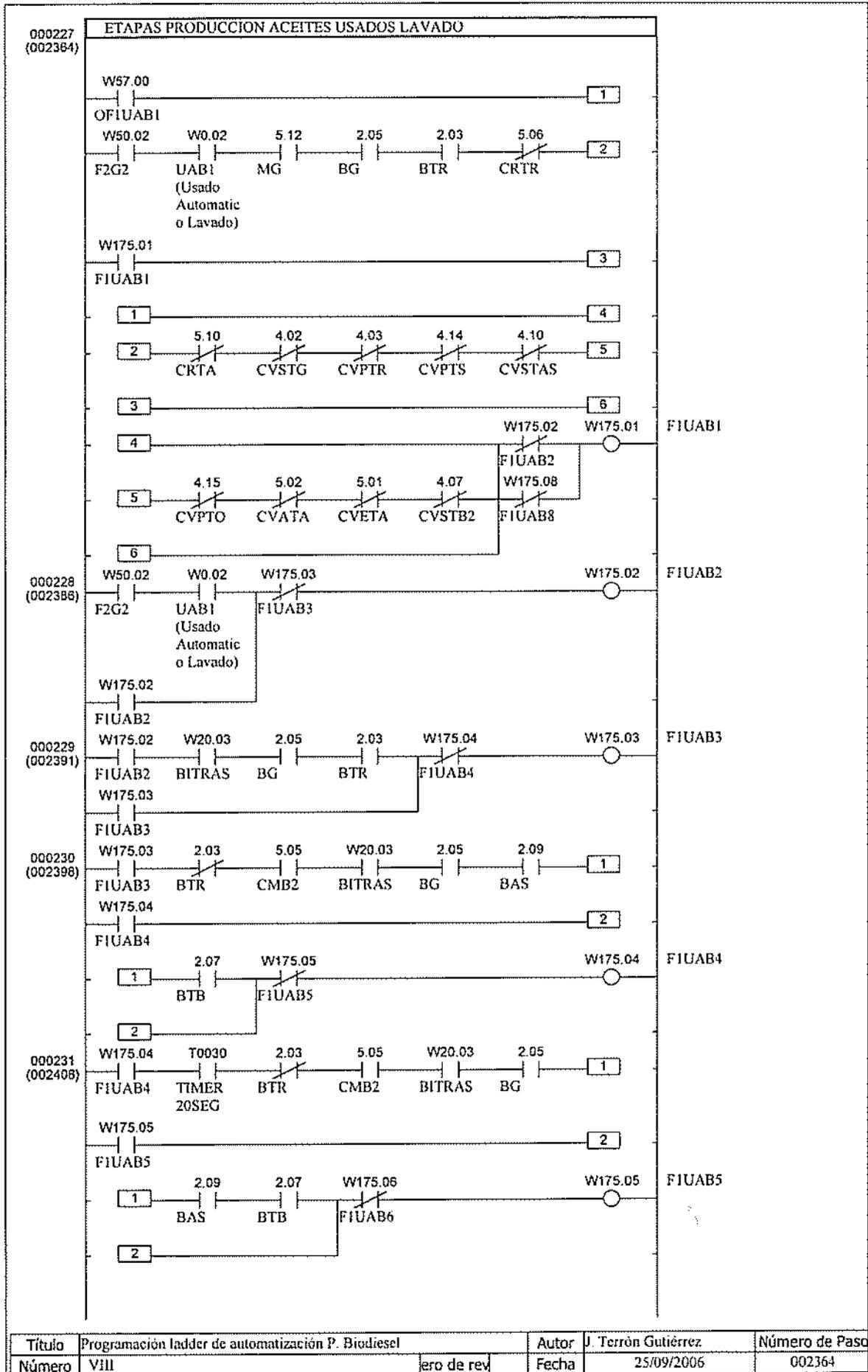
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002183

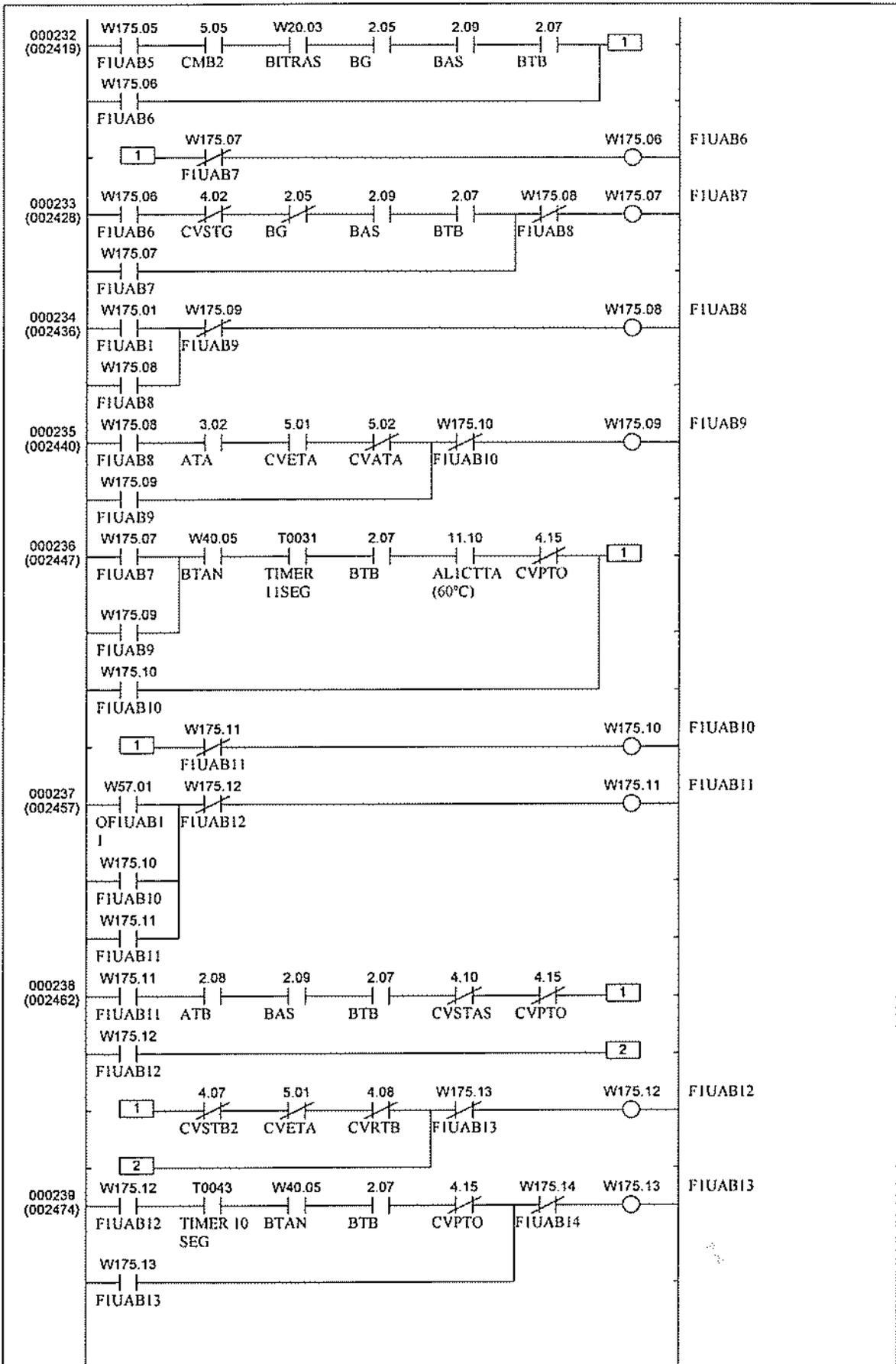


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002183

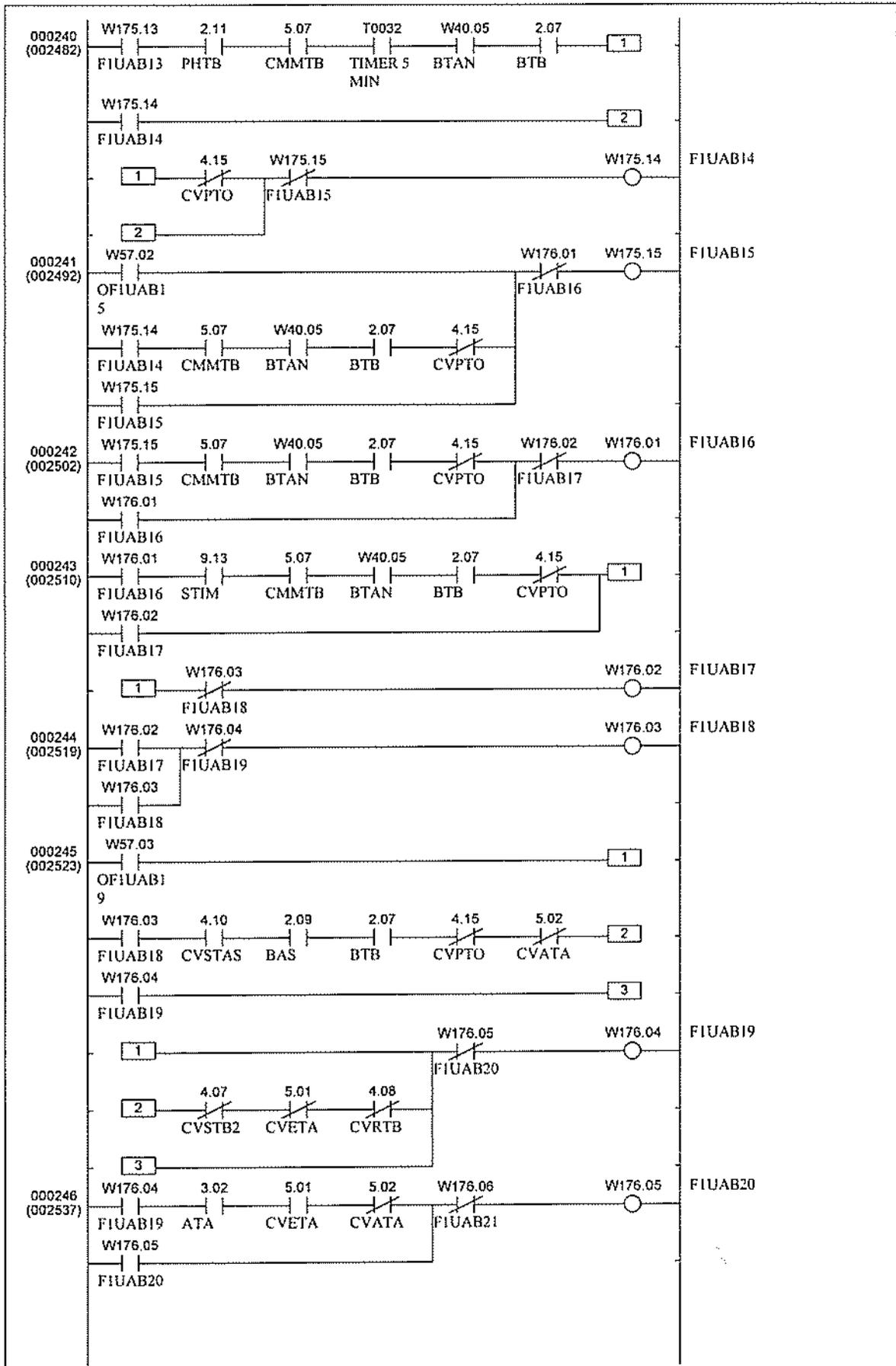


Título	Programación ladder de automatización P Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	002327
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	

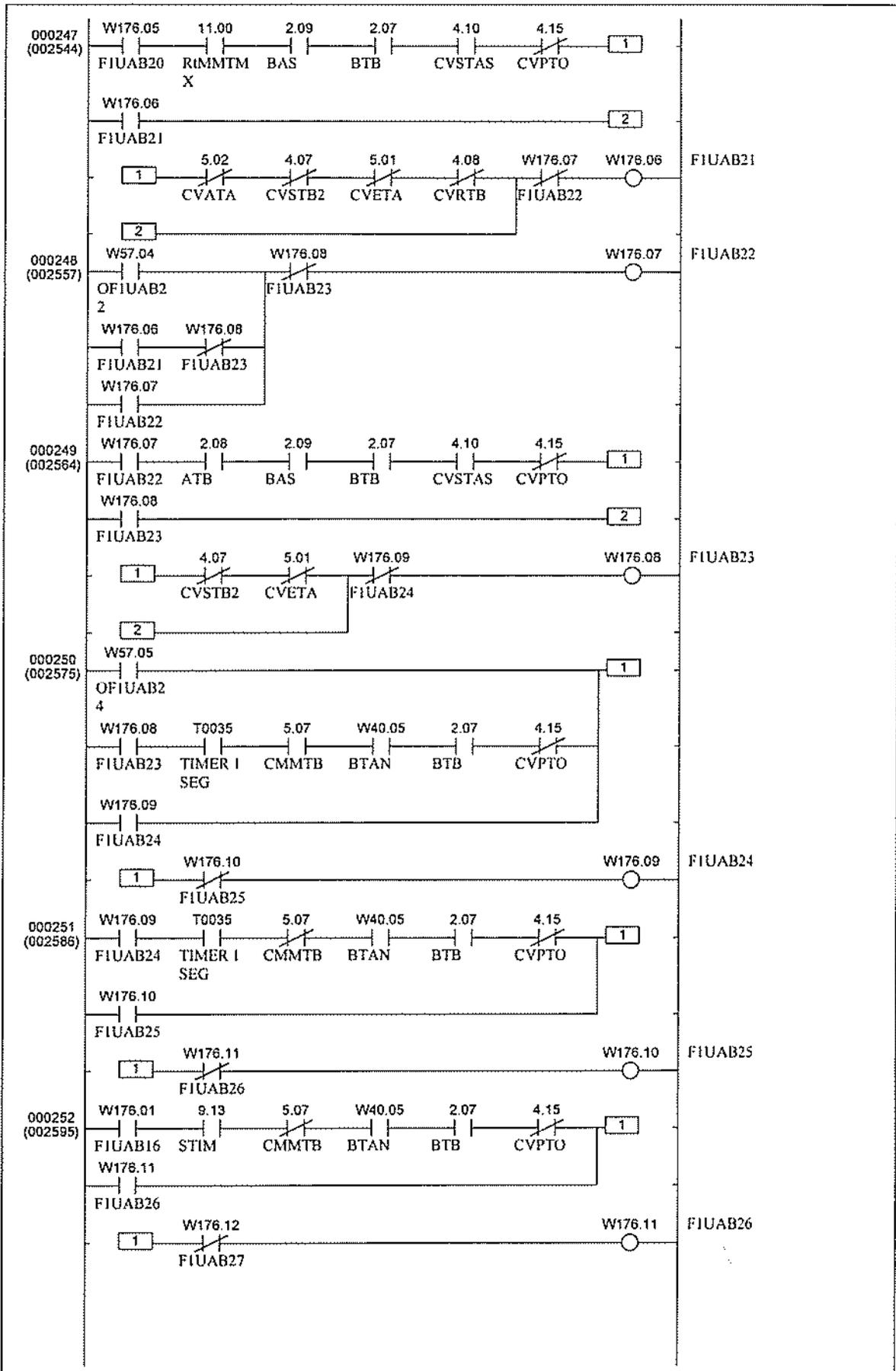




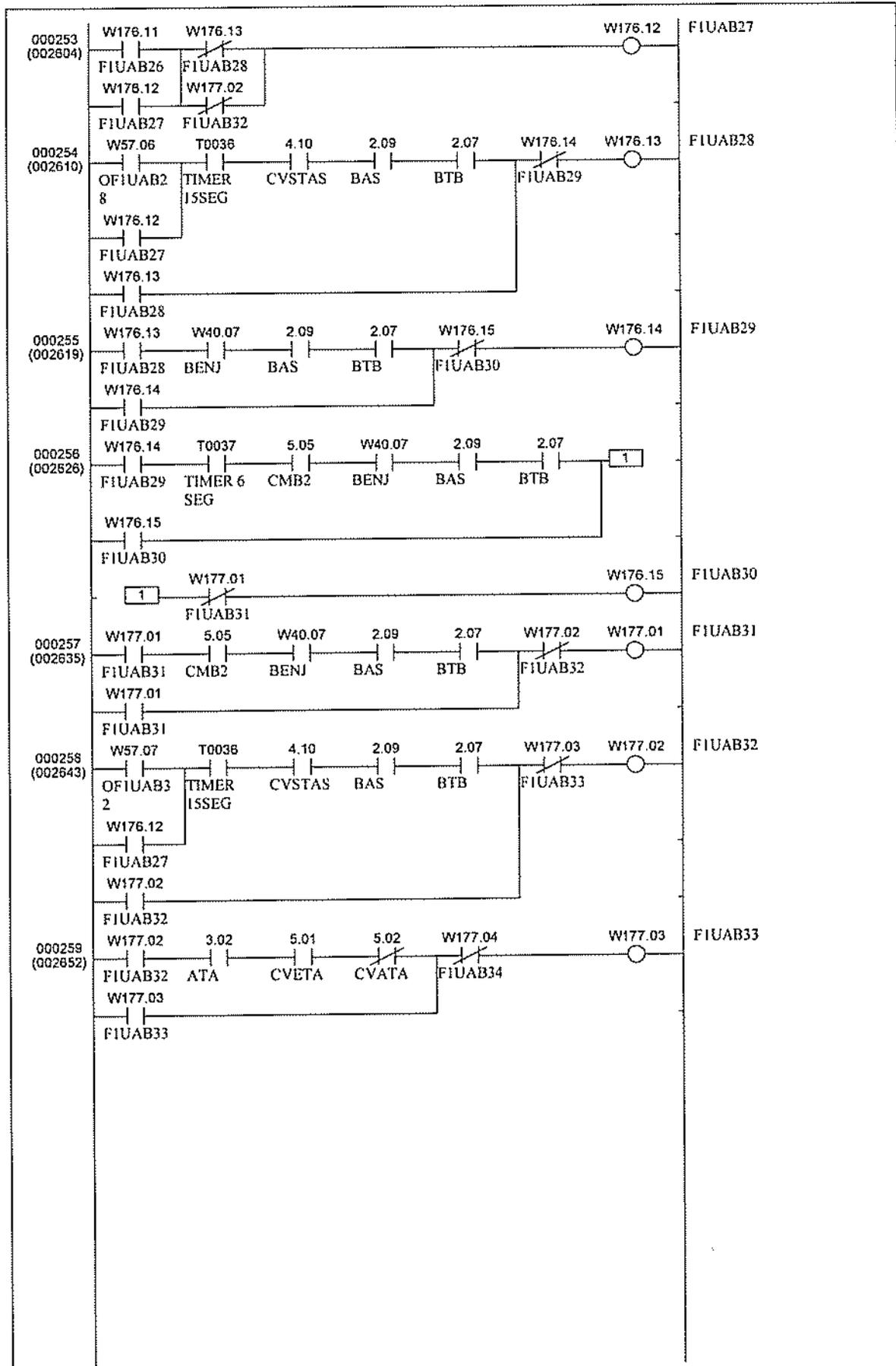
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002419



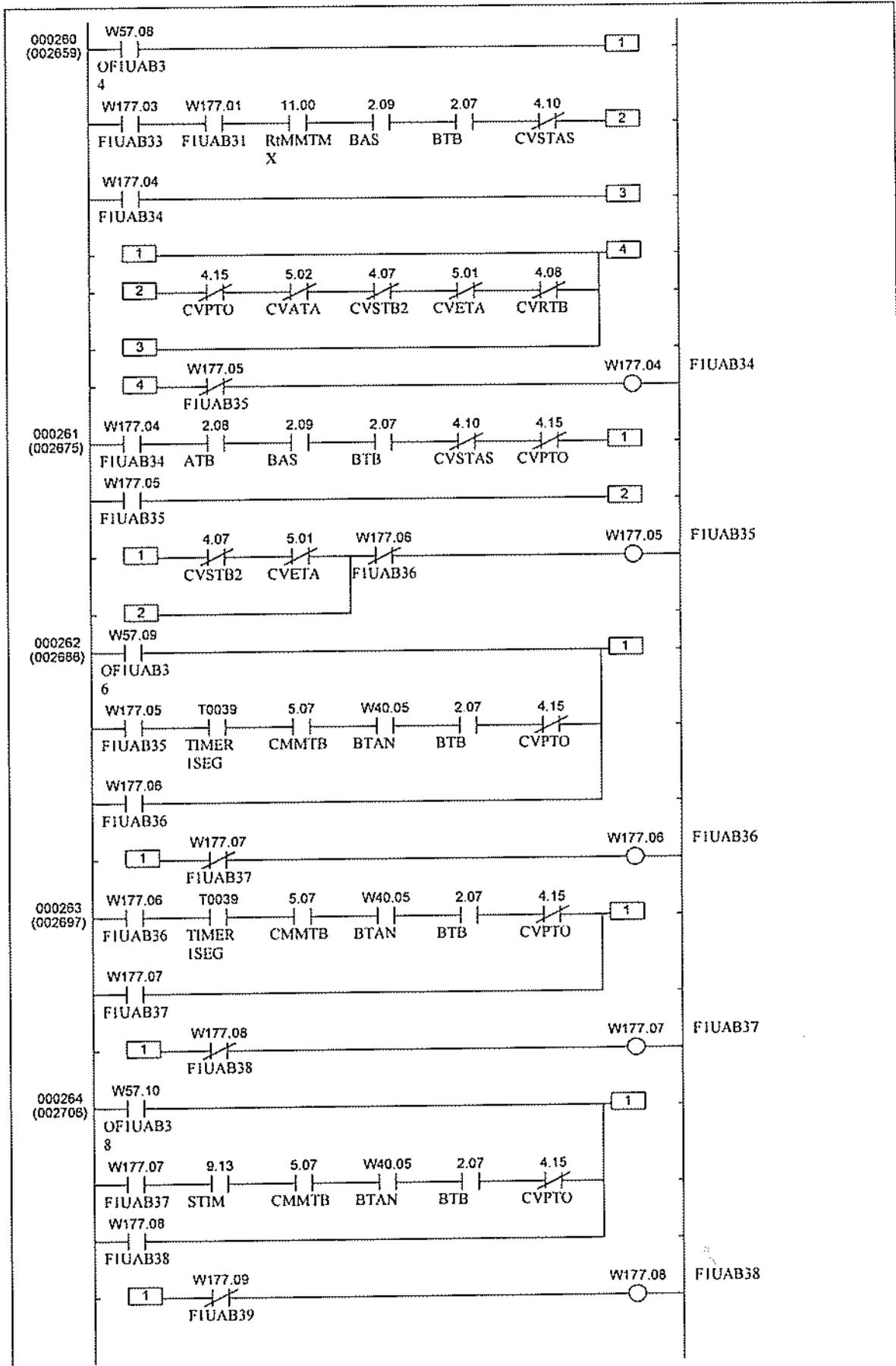
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		002482



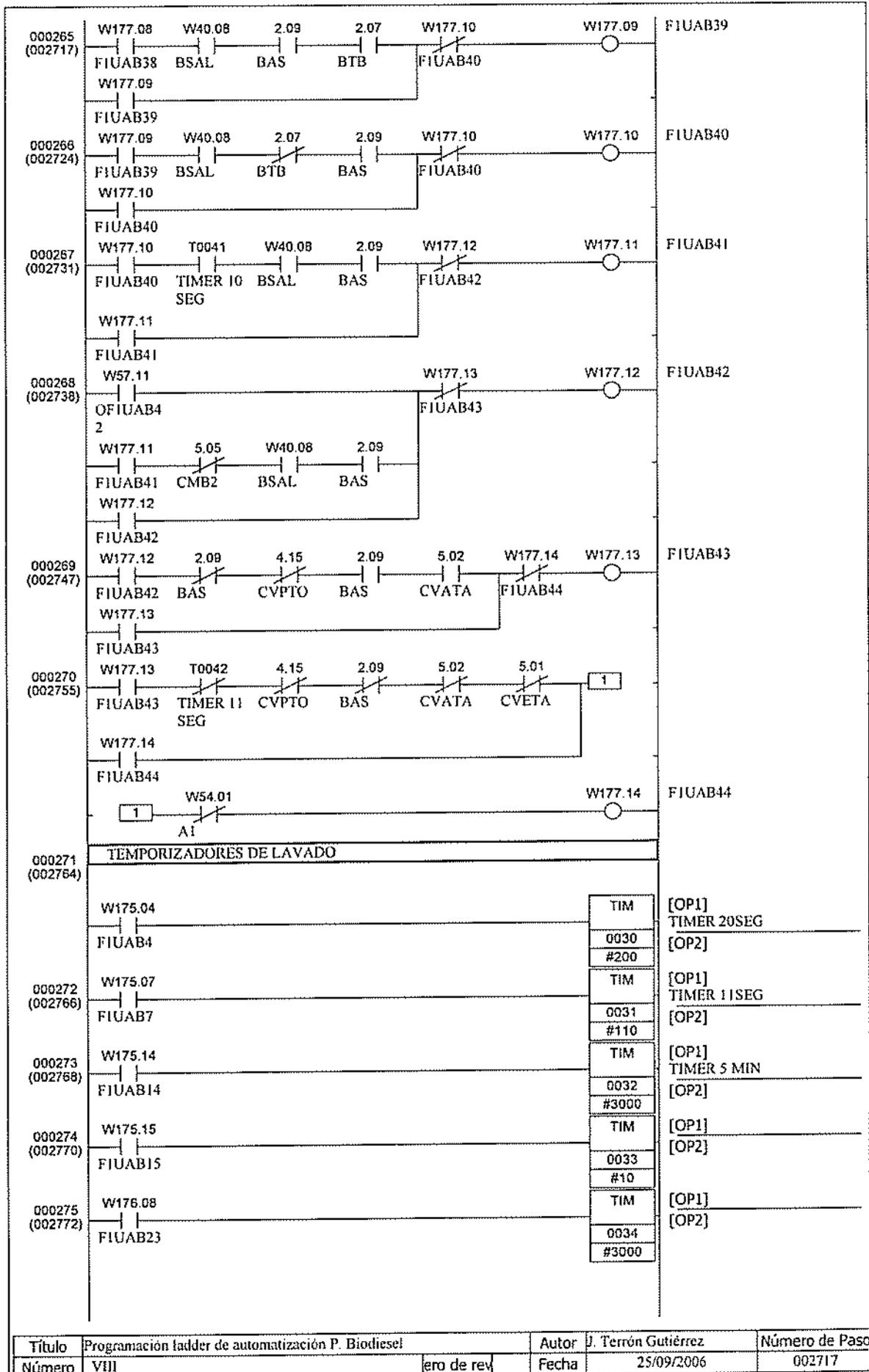
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		002544



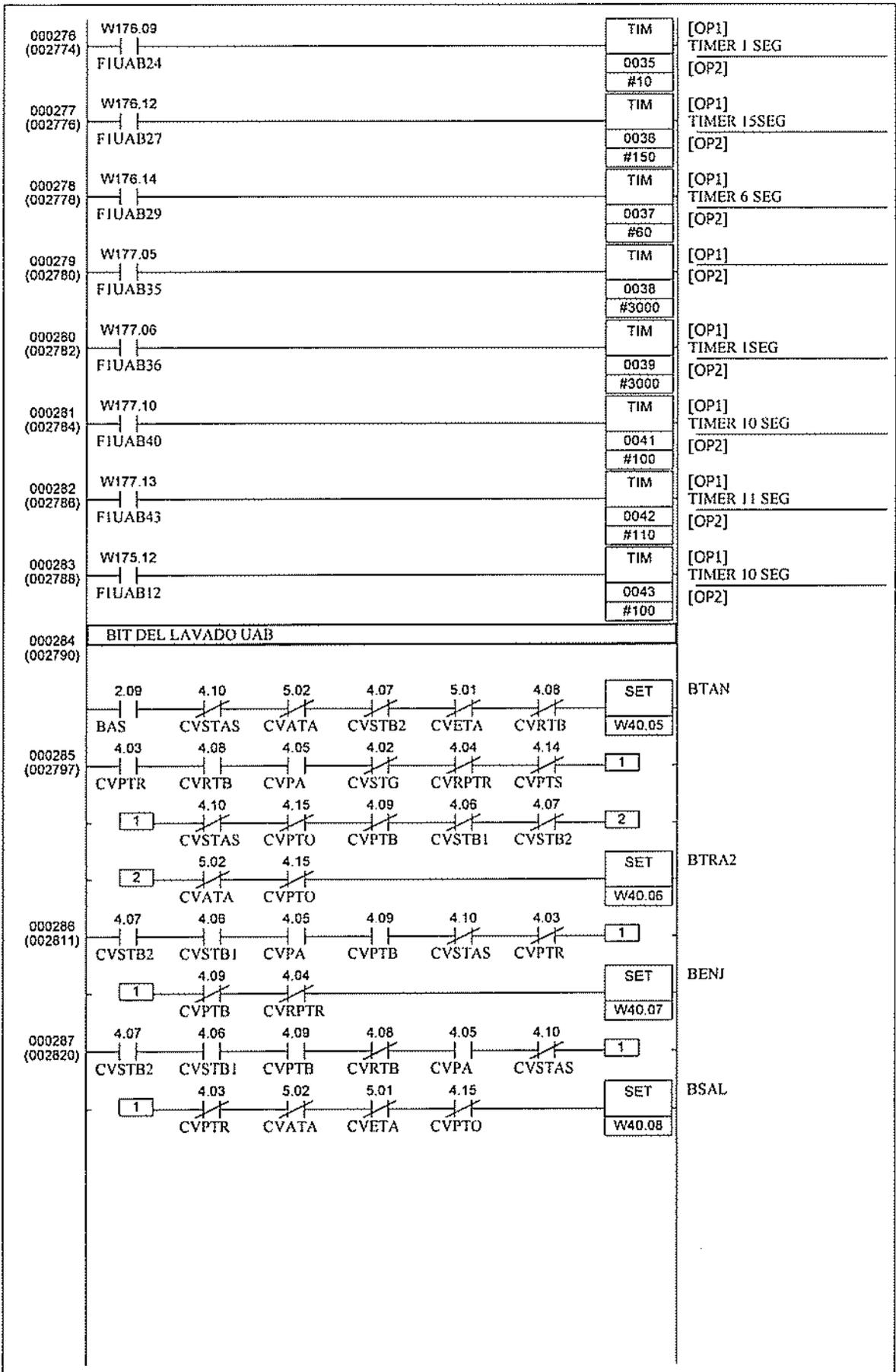
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				002604



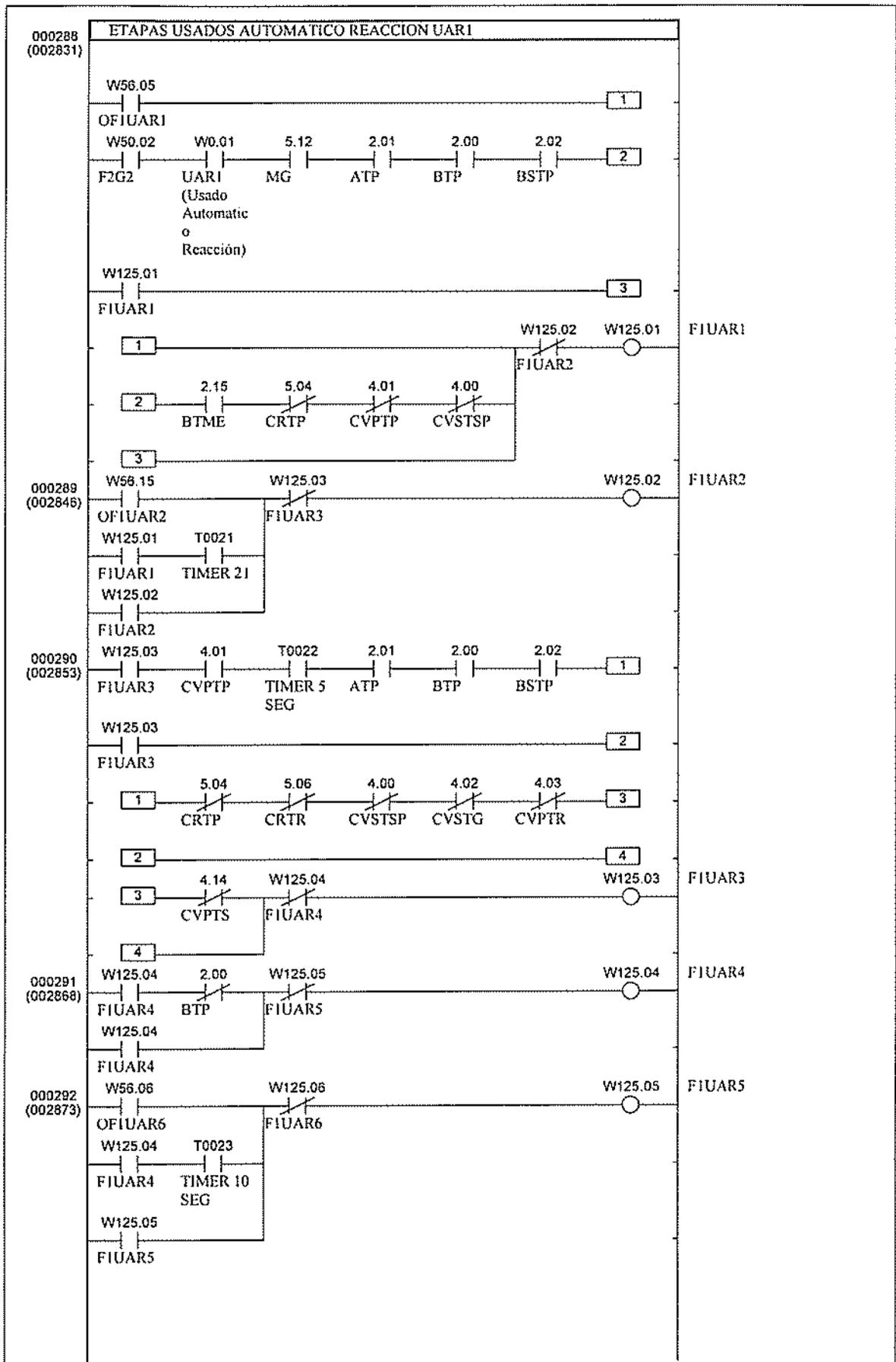
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		002659



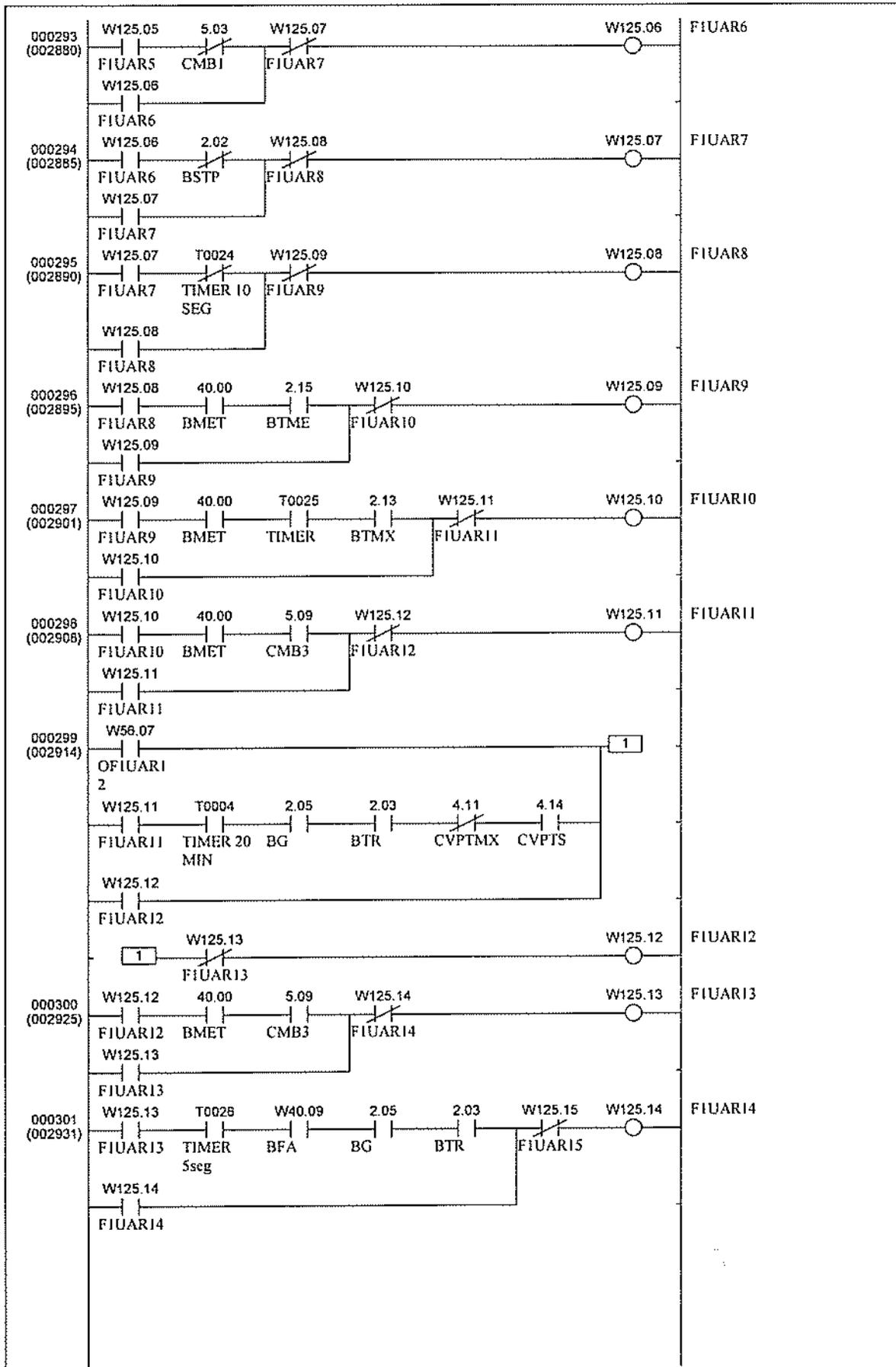
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	002717



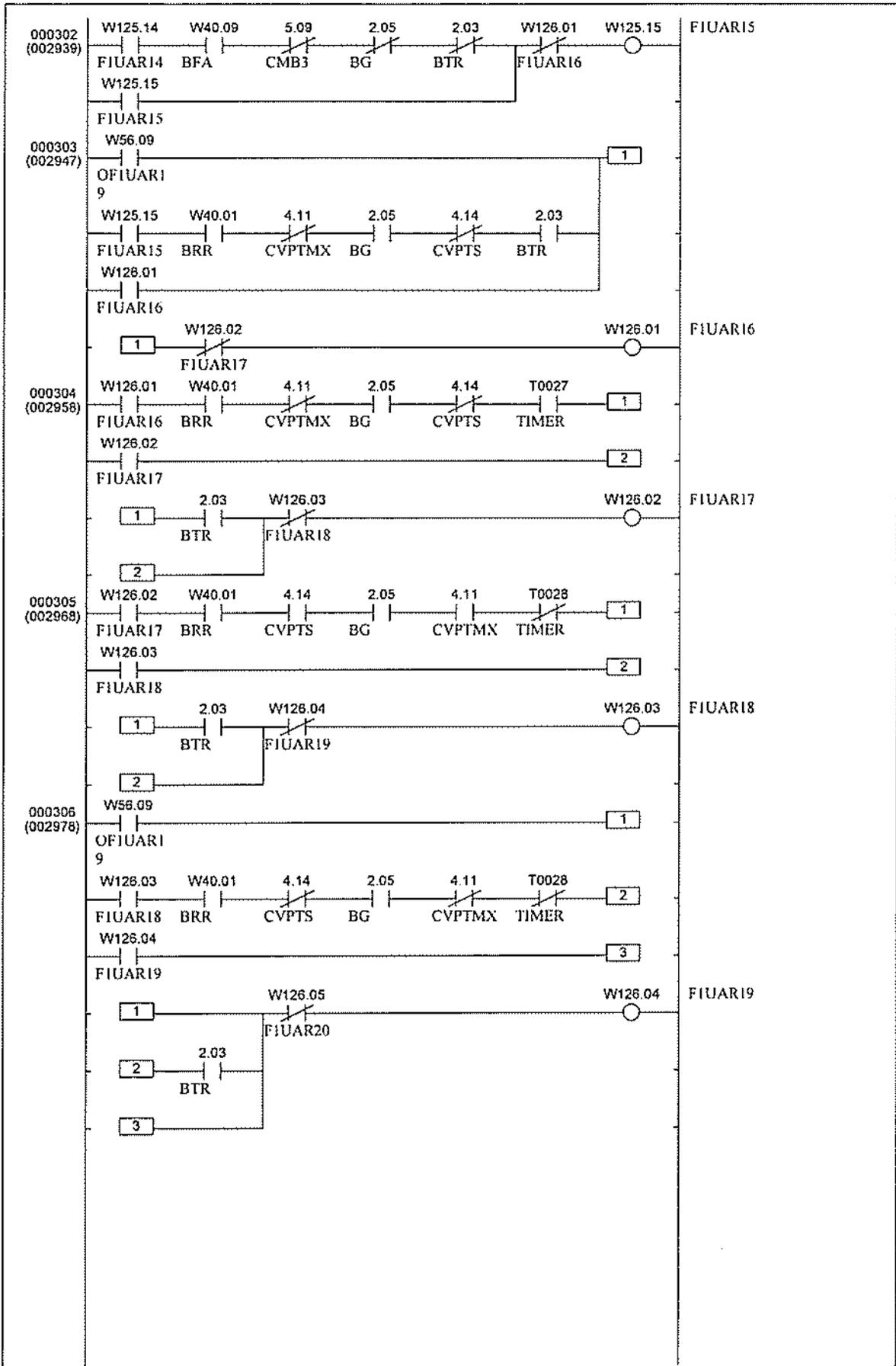
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				002774



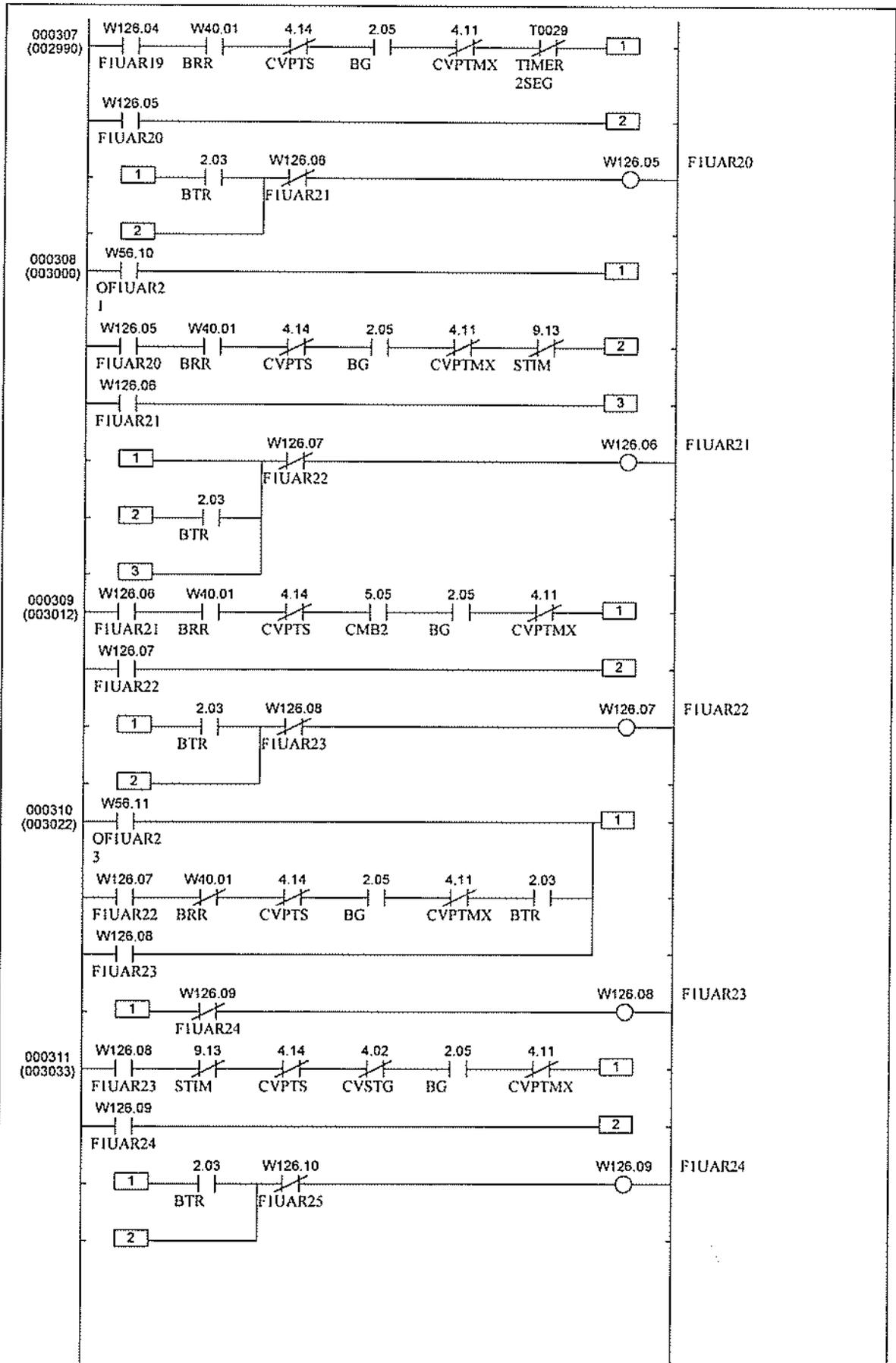
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006
				002831



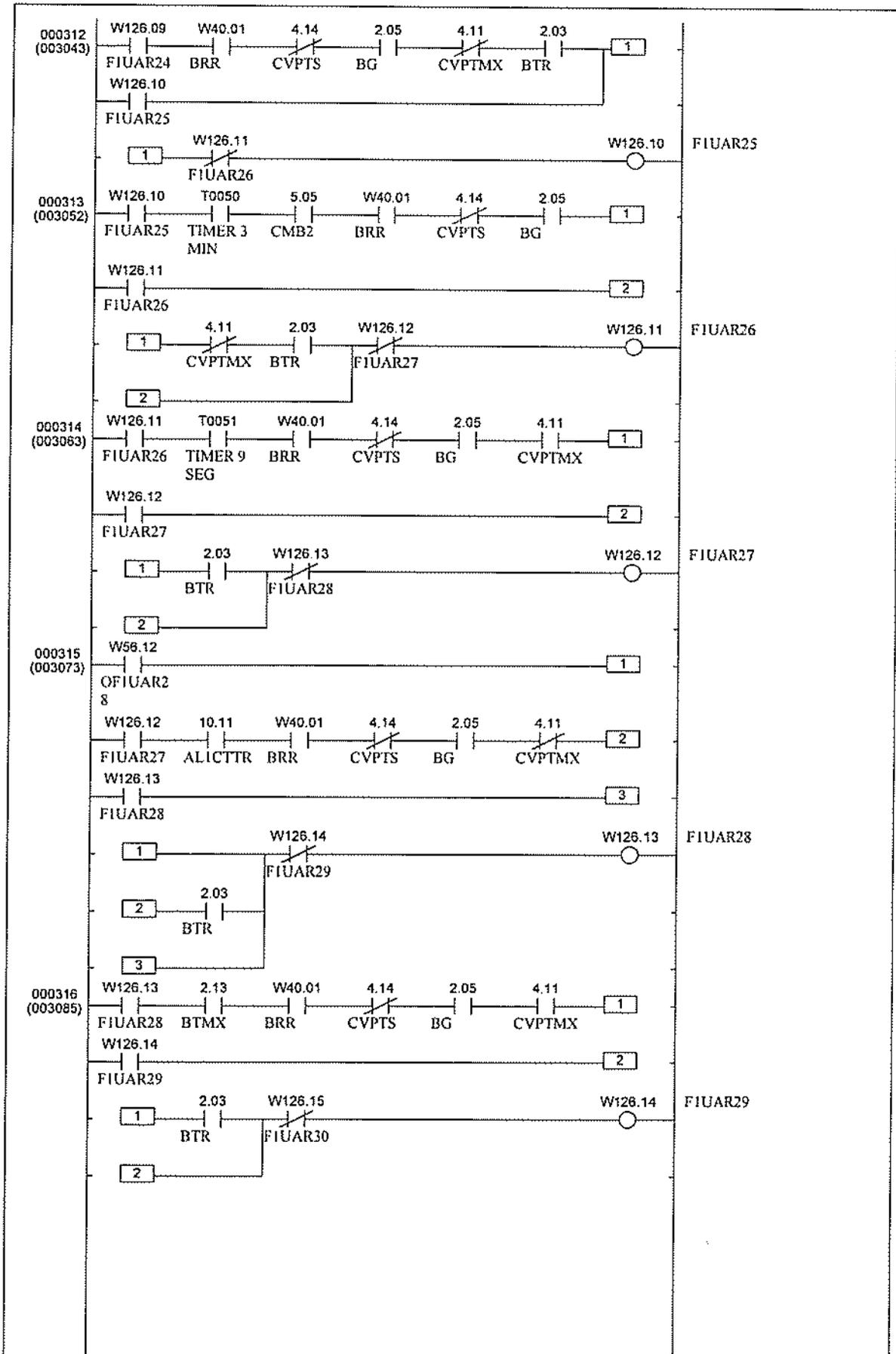
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002880



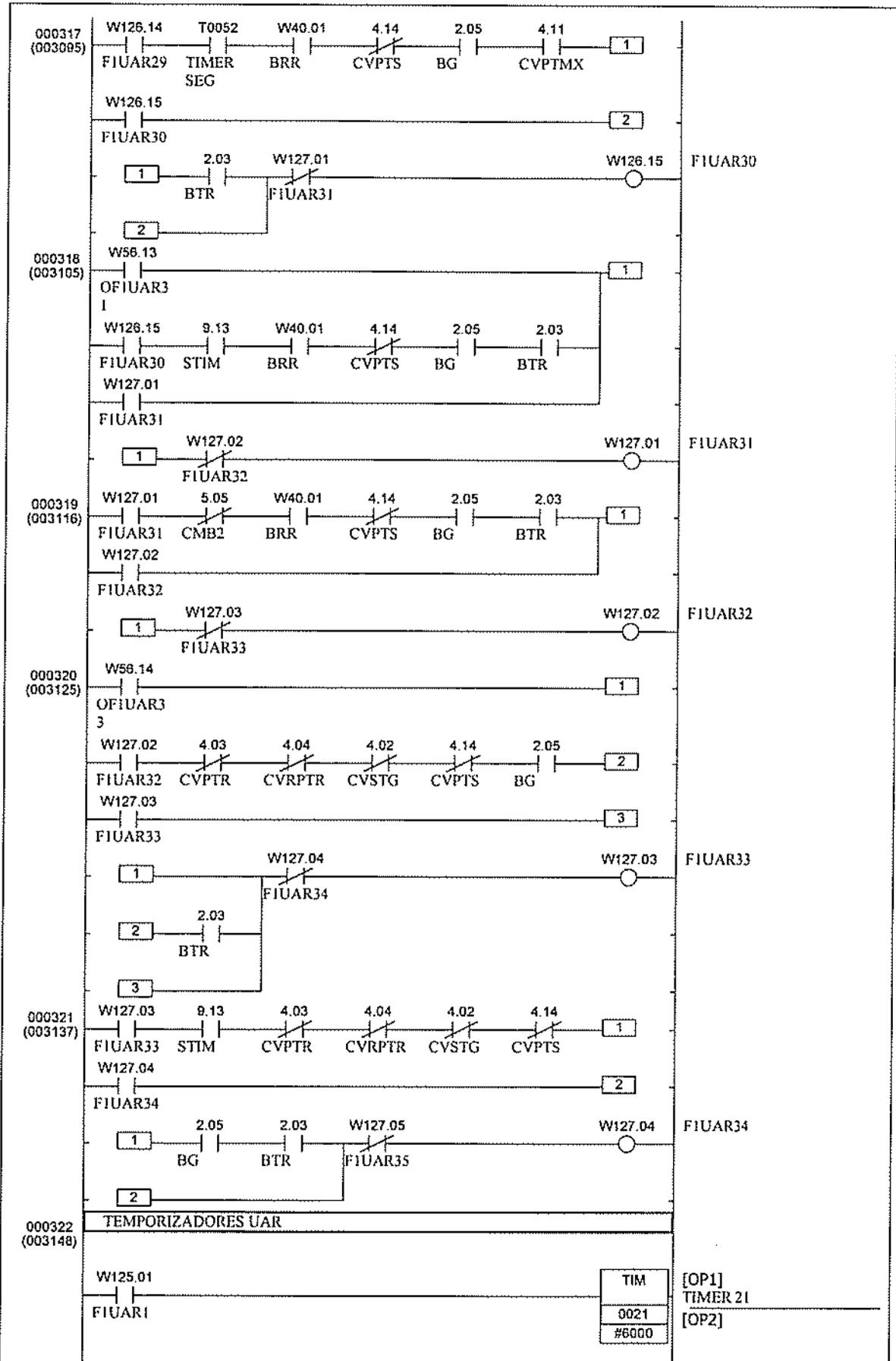
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002939



Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	002990

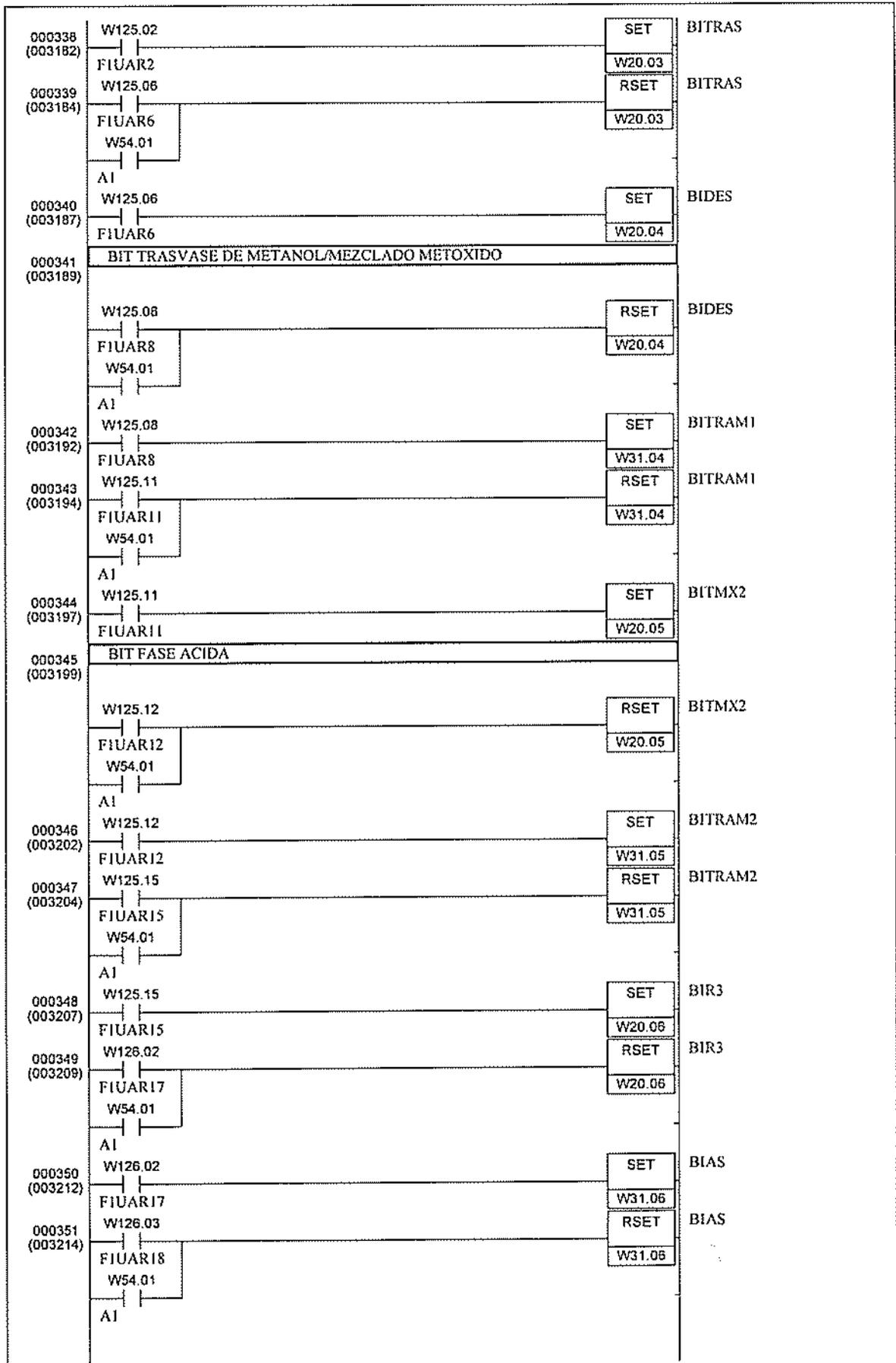


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	003043

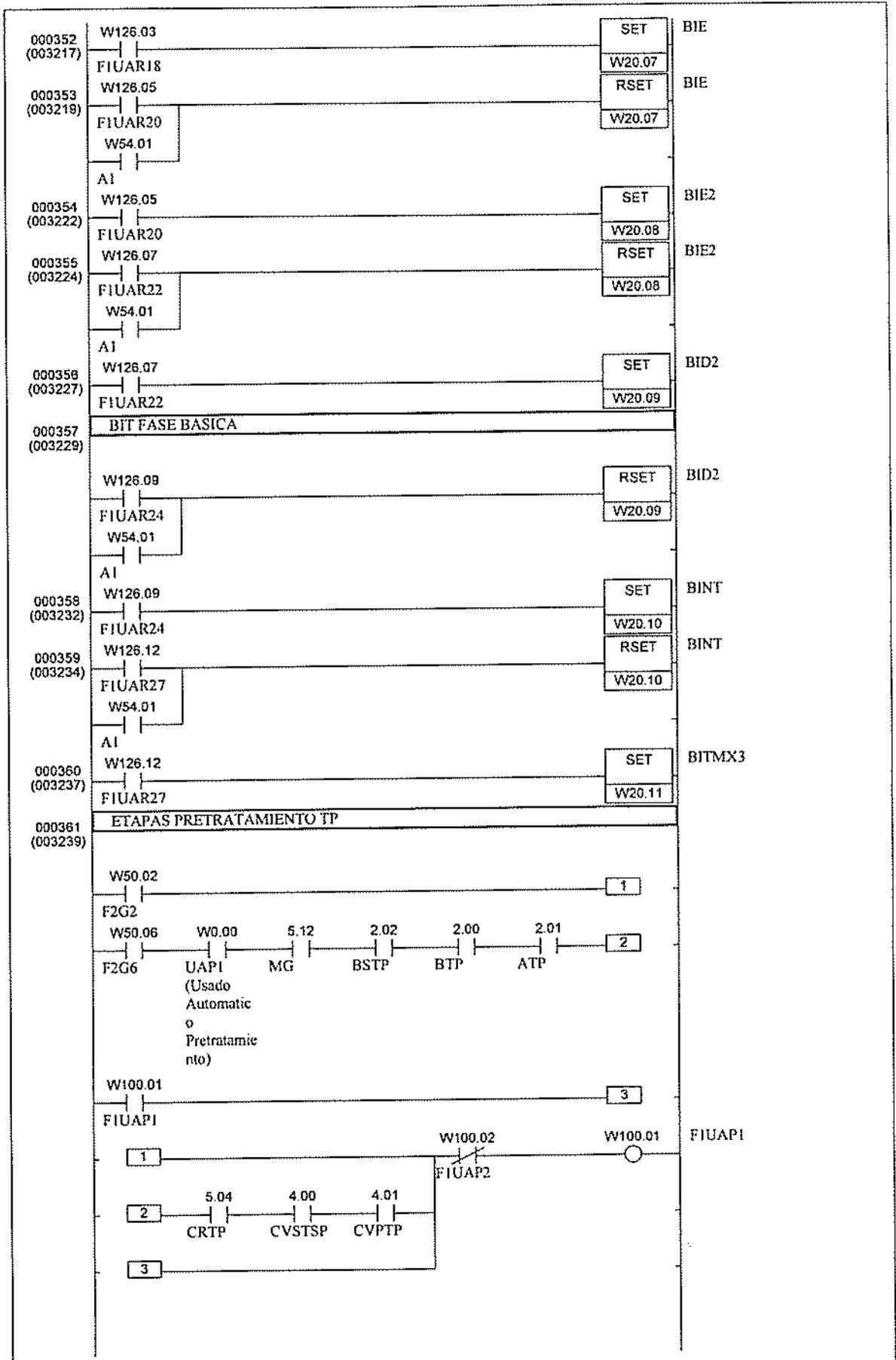


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		003095

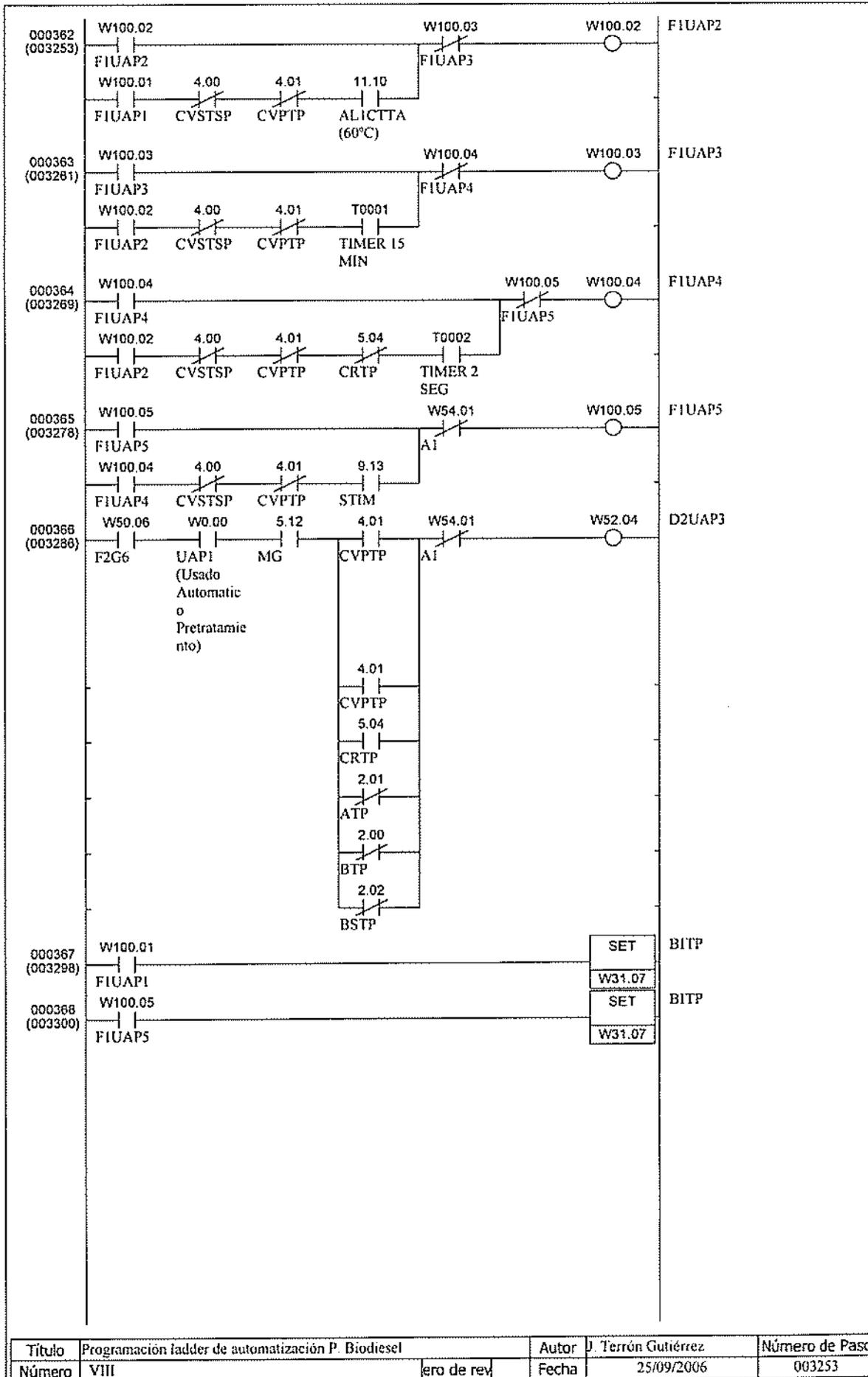
000323 (003150)	W125.02 FIUAR2	TIM 0022 50	[OP1] TIMER 5 SEG [OP2]
000324 (003152)	W125.04 FIUAR4	TIM 0023 #100	[OP1] TIMER 10 SEG [OP2]
000325 (003154)	W125.07 FIUAR7	TIM 0024 #100	[OP1] TIMER 10 SEG [OP2]
000328 (003156)	W125.09 FIUAR9	TIM 0025 #100	[OP1] TIMER [OP2]
000327 (003158)	W125.13 FIUAR13	TIM 0026 #50	[OP1] TIMER 5seg [OP2]
000328 (003160)	W125.15 FIUAR15	TIM 0027 #50	[OP1] TIMER [OP2]
000329 (003162)	W126.02 FIUAR17	TIM 0028 #50	[OP1] TIMER [OP2]
000330 (003164)	W126.04 FIUAR19	TIM 0029 #20	[OP1] TIMER 2SEG [OP2]
000331 (003166)	W126.04 FIUAR19	TIM 0050 #1800	[OP1] TIMER 3 MIN [OP2]
000332 (003168)	W126.11 FIUAR26	TIM 0051 #90	[OP1] TIMER 9 SEG [OP2]
000333 (003170)	W126.14 FIUAR29	TIM 0052 #90	[OP1] TIMER SEG [OP2]
000334 (003172)	<b>BIT PROCESO TRASVASE BITRAP</b>		
	W125.01 FIUAR1	SET W31.03	BITRAP
000335 (003174)	W125.08 FIUAR8 W54.01 A1	RSET W31.03	BITRAP
000336 (003177)	<b>BIT CALENTAMIENTO/TRASVASE/DESCARGA</b>		
	W125.01 FIUAR1	SET W20.02	BIC
000337 (003179)	W125.02 FIUAR2 W54.01 A1	RSET W20.02	BIC
<b>Título</b>	Programación ladder de automatización P. Biodiesel		<b>Autor</b> J. Terrón Gutiérrez
<b>Número</b>	VIII	<b>ero de rev</b>	<b>Fecha</b> 25/09/2006
			<b>Número de Paso</b> 003150



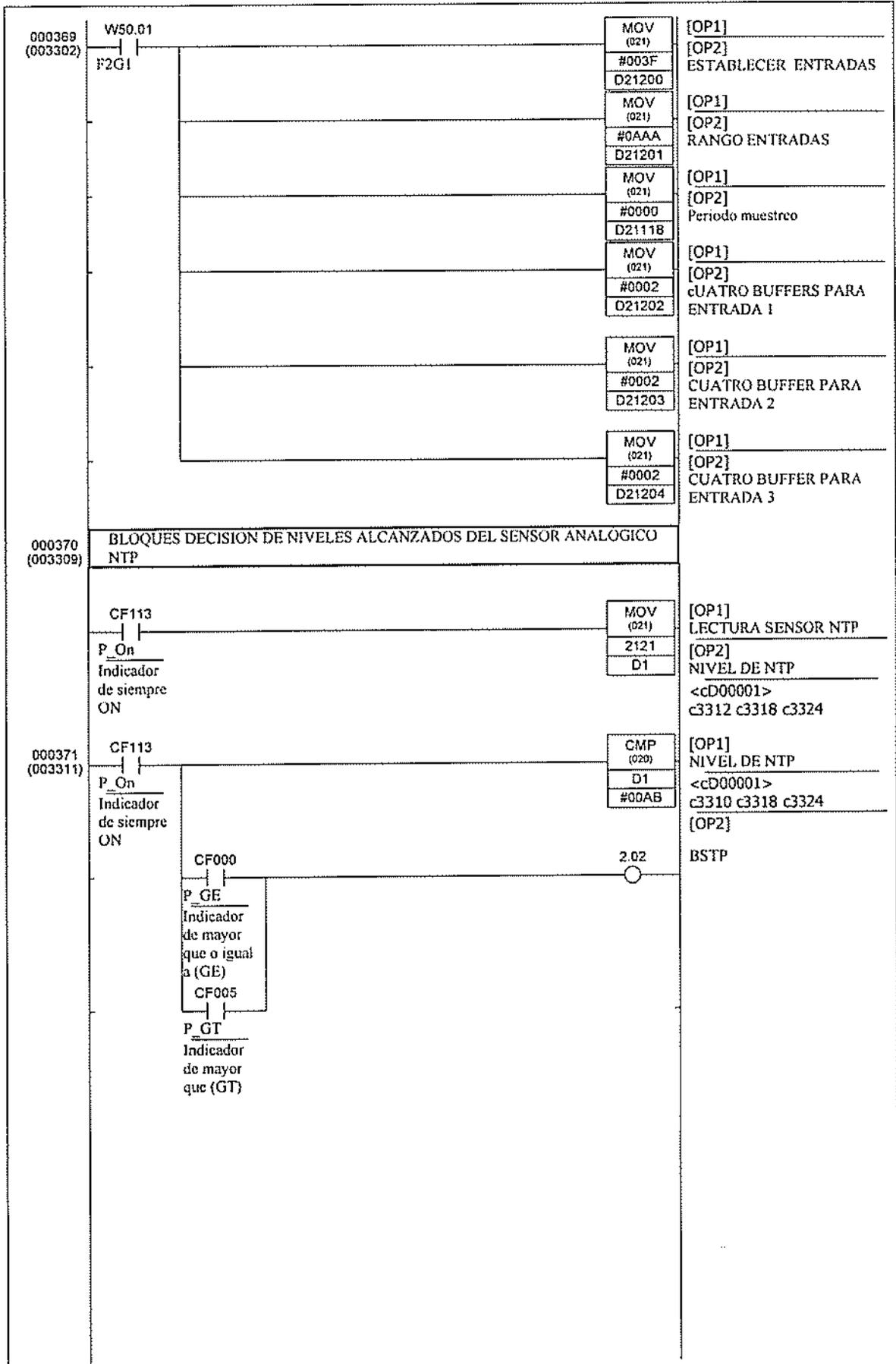
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	003182



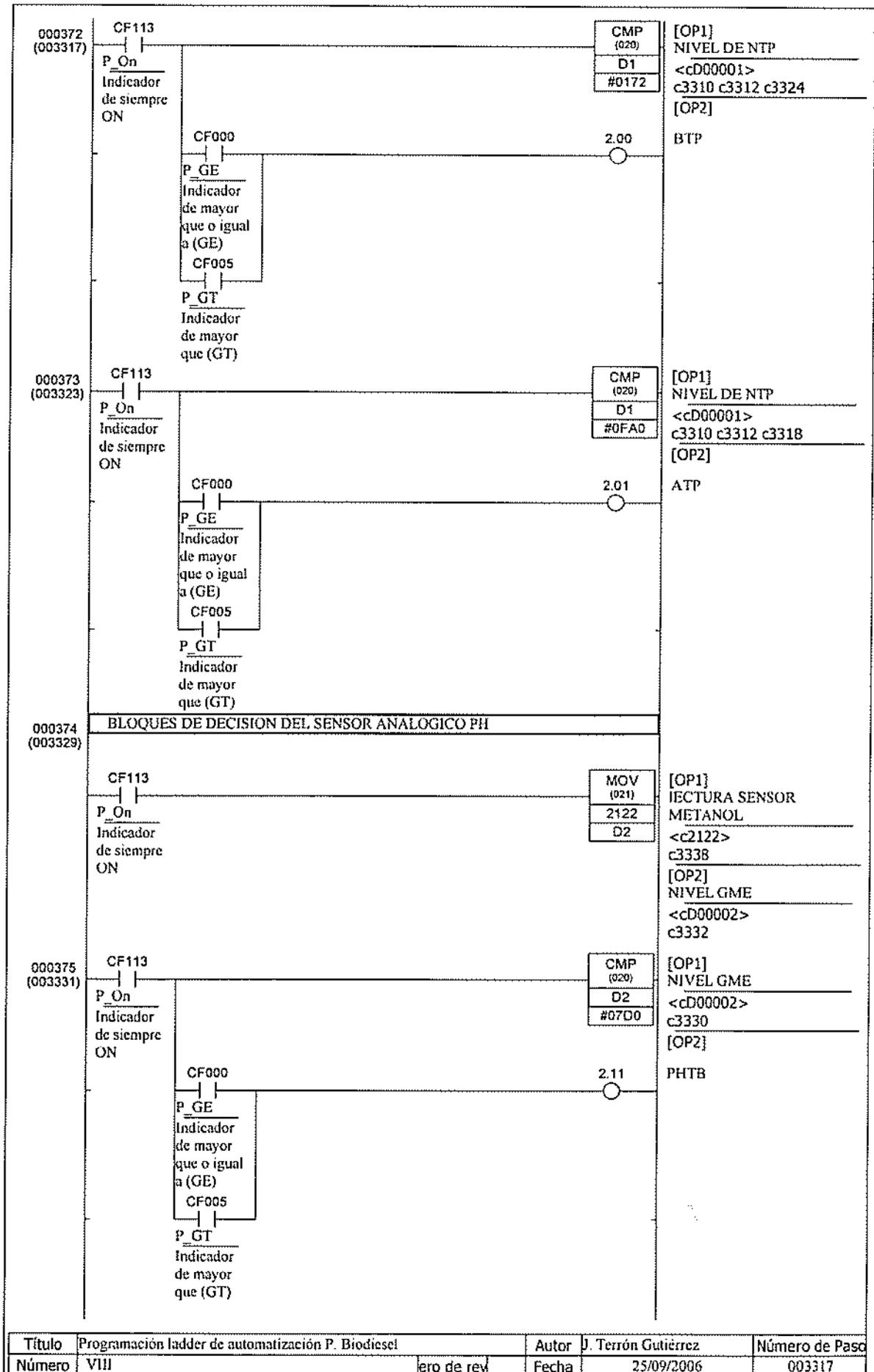
Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Pasos	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	003217

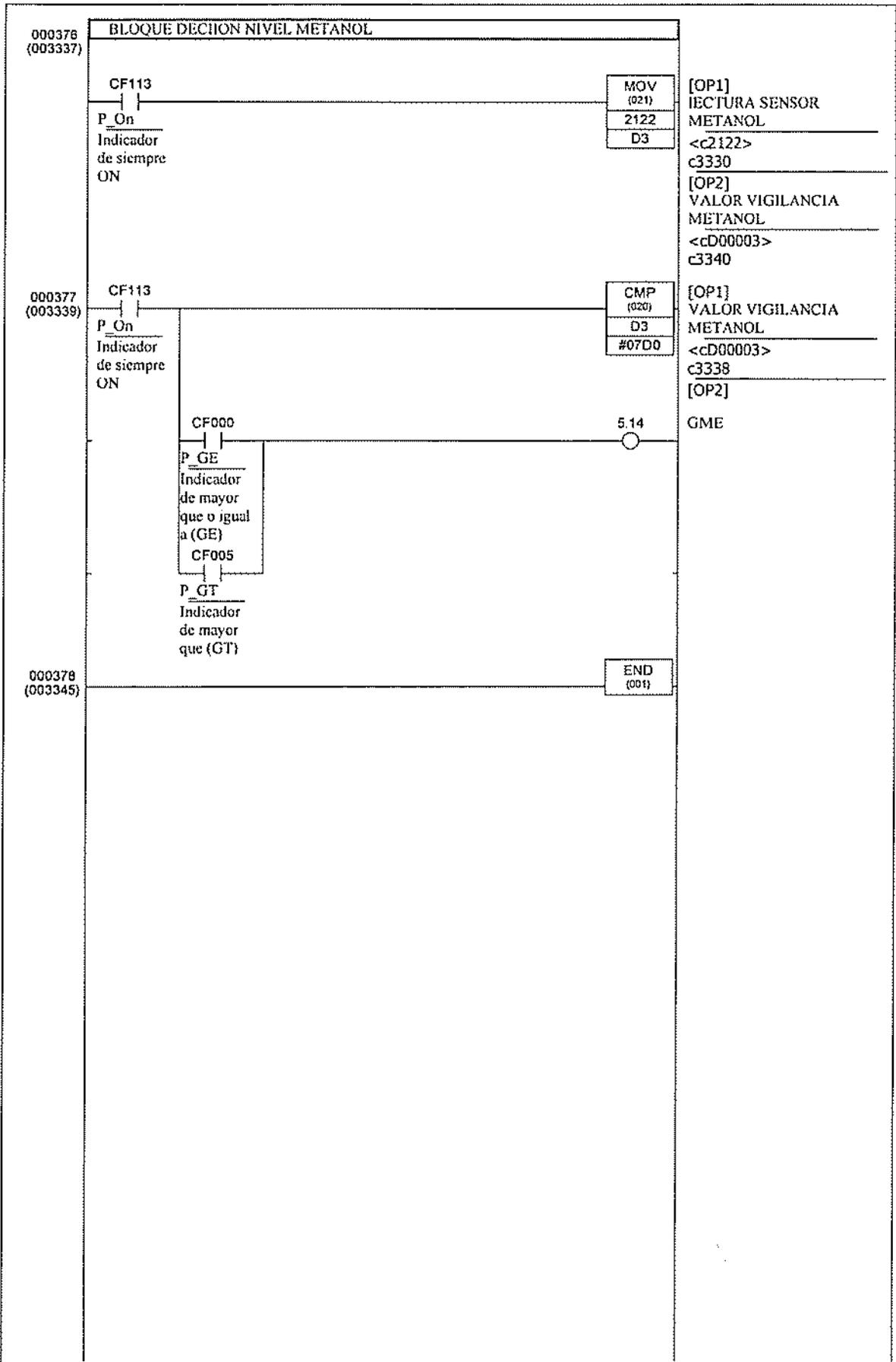


Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	Fecha	25/09/2006		003253



Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso	
Número	VIII	ero de rev	Fecha	25/09/2006	003302





Título	Programación ladder de automatización P. Biodiesel	Autor	J. Terrón Gutiérrez	Número de Paso
Número	VIII	Fecha	25/09/2006	003337

## **IV. PLANOS**

# ÍNDICE

- 1.- Esquema de la planta piloto de biodiesel y elementos de control.
- 2.- Plano de dimensiones de los depósitos y posición de sensores.
- 3.- Plano de instrumentación del proceso.
- 4.- Plano de regleta de contactos de unidades E/S 00 al 04 del PLC.
- 5.- Plano de regleta de contactos de unidades E/S 05 al 07 del PLC.
- 6.- Plano de regleta de contactos de unidades de E/S del 08 al 12 PLC.
- 7.- Plano de regleta de contactos auxiliares de elementos de control digitales y luces de cuadro.
- 8.- Esquema de detalles y configuración del PLC.
- 9.- Esquema de conexiones y configuración de la Unidad Entrada Analógica del PLC.
- 10.- Plano de conexión y esquema de configuración del control ON-OFF del tanque de pretratamiento y de agua.
- 11.- Esquema de controlador PID y conexiones de mando y control
- 12.- Esquema de configuración y conexiones del Visualizador digital
- 13.- Plano de conexiones y comportamiento y esquema de configuración del temporizador/contador
- 14.- Plano de conexionado elementos control del cuadro general de la planta de biodiesel
- 15.- Plano del cuadro de mando, control y protección de la planta de biodiesel
- 16.- Plano de detalle de la interface HMI general del cuadro de mando
- 17.- Esquema de la fuente alimentación general de continua 24 v detalles de instalación y configuración
- 18.- Plano gestión de parada de emergencia y relés auxiliares de salida del PLC
- 19.- Plano de alimentación y conexionado de contacto auxiliar y luces de cuadro de válvulas y sensores.
- 20.- Diagrama unifilar de alimentación, protección eléctrica y contactores
- 21.- Esquema de plano dimensiones de elementos del cuadro de mando, control y protección de la planta de biodiesel.
- 22.- Plano de diseño general de la planta.
- 23.- Plano de acometida nº 1 de sensores y válvulas desde cuadro de control
- 24.- Plano de acometida nº 2 de sensores y válvulas desde cuadro de control

**PLANO nº 1: Esquema de la planta piloto de biodiesel y elementos de control.**

Representa una visión general de la planta y la posición de los sensores y electroválvulas del proceso. Su carácter realista sirve de base al diseño de la interface de control del operador.

**PLANO nº 2: Plano de dimensiones de los depósitos y posición de sensores.**

Recoge las dimensiones de diseño de los depósitos de la planta y la posición de colocación de aberturas para sensores y resistencias.

**PLANO nº 3: Plano de instrumentación del proceso:**

Mediante la simbología de la instrumentación de procesos se expresa la posición, alimentación y tipo de los sensores y válvulas.

**PLANO nº 4: Plano de regleta de contactos de unidades E/S 00 al 04 del PLC.**

Expresa la numeración de las correspondientes entradas y salidas de las unidades modulares de E/S del PLC numeradas del 00 al 04

**PLANO nº 5: Plano de regleta de contactos de unidades E/S 05 al 07 del PLC.**

Expresa la numeración de las correspondientes entradas y salidas de las unidades modulares de E/S del PLC numeradas del 05 al 07

**PLANO nº 6: Plano de regleta de contactos de unidades E/S 08 al 12 del PLC.**

Expresa la numeración de las correspondientes entradas y salidas de las unidades modulares de E/S del PLC numeradas del 08 al 12, la fuente de alimentación del segundo rack y la unidad de comunicación con el primer rack del PLC.

**PLANO nº 7: Plano de regleta de contactos auxiliares de elementos de control y luces de cuadro.**

Refleja la relación de los contactos de estado de los sensores y la alimentación directa de los elementos de señalización del panel de mando para ahorrar entradas del PLC.

**PLANO nº 8: Esquema de detalles y configuración del PLC.**

- a) Funciones del Panel del PLC CJ1M13-ETN
- b) Configuración del nodo que ocupa el PLC en una red de control para su correcto funcionamiento.
- c) Significado indicadores luminosos del PLC: Mediante estos indicadores se sabe en que modo de funcionamiento está el PLC, el posible error, comunicación con un periférico, etc.
- d) Pines de Configuración: Tabla de los pines de configuración de funcionamiento de base del PLC y su situación.
- e) Detalle del cambio de batería de mantenimiento de programa del PLC.
- f) Tarjeta de memoria

**PLANO n° 9: Esquema de conexiones y configuración de la Unidad Entrada Analógica del PLC.**

- a) Configuración modo funcionamiento normal o ajuste.
- b) Configuración como unidad n° 12: La unidad analógica necesita ser configurada según la posición n° 12 que ocupa en el rack del PLC.
- c) Configuración de las entradas como tensión o intensidad: Posición de los pines de configuración del tipo de señal del sensor en tensión o intensidad.
- d) Pines de conexiones de sensores analógicos de entrada: Numeración de los tornillos de entradas del cableado de los sensores.
- e) Conexión de un sensor: Ejemplo de conexión de un sensor de 3 hilos como por ejemplo una Pt100.

**PLANO n° 10: Plano de conexión y configuración del control ON-OFF del tanque de preparación y de agua.**

- a) Significado del frontal de controlador.
- b) Pines de configuración del controlador.
- c) Selector del rango de temperatura del sensor Pt100. Se elige la posición n° 1 entre 0°C y 199,9 °C.
- d) Mensaje de error de fallos en el sensor por rotura o cortocircuito.
- e) Esquema de conexionado externo al controlador.
- f) Esquema general de conexionado del controlador, sensores y PLC: Expresa la conmutación de los sensores de temperatura de los depósitos TP y TA para compartir el uso del controlador, el permiso de conexión de las resistencias calefactores por parte del PLC y las conexiones entre el PLC y el controlador ON-OFF.

La filosofía de control es automatizar los tres subprocesos independientemente. Esto significa que la instrumentación de control se dedicará a uno de ellos cada vez y no es necesario, ni conveniente, que estén alimentados sin trabajar todos los dispositivos. Esta es la causa por la que el PLC alimenta en las etapas necesarias al controlador de temperatura que se vaya a usar. Así, el contacto de salida ACTTA 9.9 da permiso de alimentación del controlador. Como el tanque de preparación y el de agua necesitan un control ON-OFF, se ha dispuesto un circuito gobernado por el PLC mediante las salidas ETTP 9.15 Y ETTA 9.12 para conmutar las señales de los sensores de temperatura, según convenga, ahorrándose un controlador.

El controlador CTTT gobernará la alimentación de la resistencia calefactora y el PLC podrá permitir o no dicha alimentación a través de una señal 1.4, 1.8 al relé auxiliar que gobierna el contactor de la resistencia.

**PLANO n° 11: Esquema de controlador PID y conexiones de mando y control**

- a) Panel frontal del controlador.
- b) Conexiones principales de entradas y salidas.
- c) Cableado.
- d) Conexiones totales de entradas y salidas y de comunicaciones RS-485 con el PLC.
- e) Terminal de comunicaciones.
- f) Relé de estado sólido y conexión con la resistencia calefactora.

**PLANO n° 12: Esquema de configuración y conexiones del Visualizador digital .**

- a) Panel frontal del visualizador
- b) Terminales de conexión.
- c) Entradas y salidas.
- d) Significado de los terminales de conexión de entrada y salida

**PLANO n° 13: Plano de conexiones, comportamiento y configuración del temporizador/contador.**

- a) Panel frontal e indicadores.
- b) Dimensiones externas.
- c) Conexiones con el PLC y numeración.
- d) Curvas de contaje.
- e) Curvas de temporización.

**PLANO n° 14: Plano de conexionado elementos control del cuadro general de la planta de biodiesel.**

En este plano, se expone la visión global de las conexiones de alimentación de los principales elementos de control, a partir de la fuente de alimentación externa de corriente continua de 24 v. También se representa la relación de conexionado entre el PLC y los controladores, temporizador, contador y visualizador, así como la conexión de los sensores PT100, las señales de alarma y señales de control de los elementos.

**PLANO n° 15: Plano del cuadro de mando, control y protección de la planta de biodiesel.**

Se exponen el panel exterior, las dimensiones, y la distribución interior donde, de forma ordenada, se reúnen el PLC y sus elementos, la fuente de alimentación de CC y las regletas de conexión de los elementos de control en la parte izquierda. En la parte derecha para aislar de las perturbaciones electromagnéticas de los fenómenos de la corriente alterna de 220 v, se colocan los elementos de protección eléctrica y de fuerza.

**PLANO n° 16: Plano de detalle de la interface HMI general del cuadro de mando.**

Se representa con detalle el diseño de la interface HMI de control del operador de la planta.

**PLANO n° 17: Esquema de la fuente alimentación general de continua 24 v detalles de instalación y configuración**

- a) Dimensiones de la fuente.
- b) Indicadores y conexión.
- c) Unión en paralelo de las dos fuentes.
- d) Distancia de instalación para ventilación.
- e) Selección de tensión de salida a 24 v.
- f) Indicadores de la fuente.
- g) Cableado recomendado.

**PLANO nº 18: Plano gestión de parada de emergencia y relés auxiliares de salida del PLC.**

En este plano, se ve la gestión de las emergencias por el pulsador y por el sensor de metanol. El sonido de la bocina salta con la emergencia y se puede parar a voluntad, permaneciendo la luz indicadora hasta que se solucione el problema. Las salidas del PLC quedan anuladas cuando se produce una emergencia, al faltarle la tensión de 24 v a los actuadores.

**PLANO nº 19: Plano de alimentación y conexionado contacto auxiliar y luces de cuadro de válvulas y sensores.**

En este plano, se expone la filosofía de alimentación de una válvula y la llegada del contacto de realimentación que indica al PLC el estado real conseguido en el elemento gobernado, mediante el contacto auxiliar.

**PLANO nº 20: Diagrama unifilar de alimentación, protección eléctrica y contactores**

Este plano representa el diagrama unifilar o la filosofía global de protección eléctrica de defectos como cortocircuitos, sobrecargas y contactos indirectos. La parte de control del PLC está aislada de los cortocircuitos mediante un trafo. El circuito global de señalización y control es independiente del circuito de producción o fuerza. Se indican los esquemas de conexión de cada elemento y la numeración de los contactos auxiliares de realimentación.

**PLANO nº 21: Esquema de plano dimensiones de elementos del cuadro de mando, control y protección de la planta de biodiesel.**

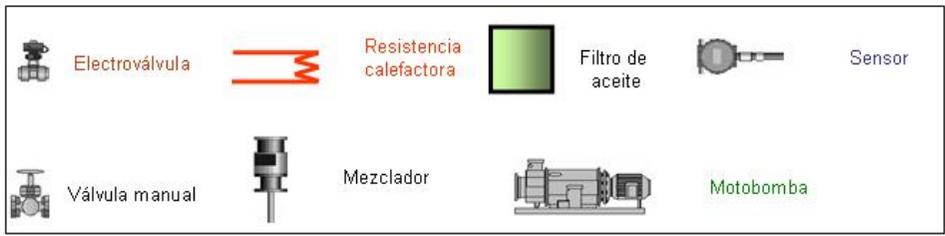
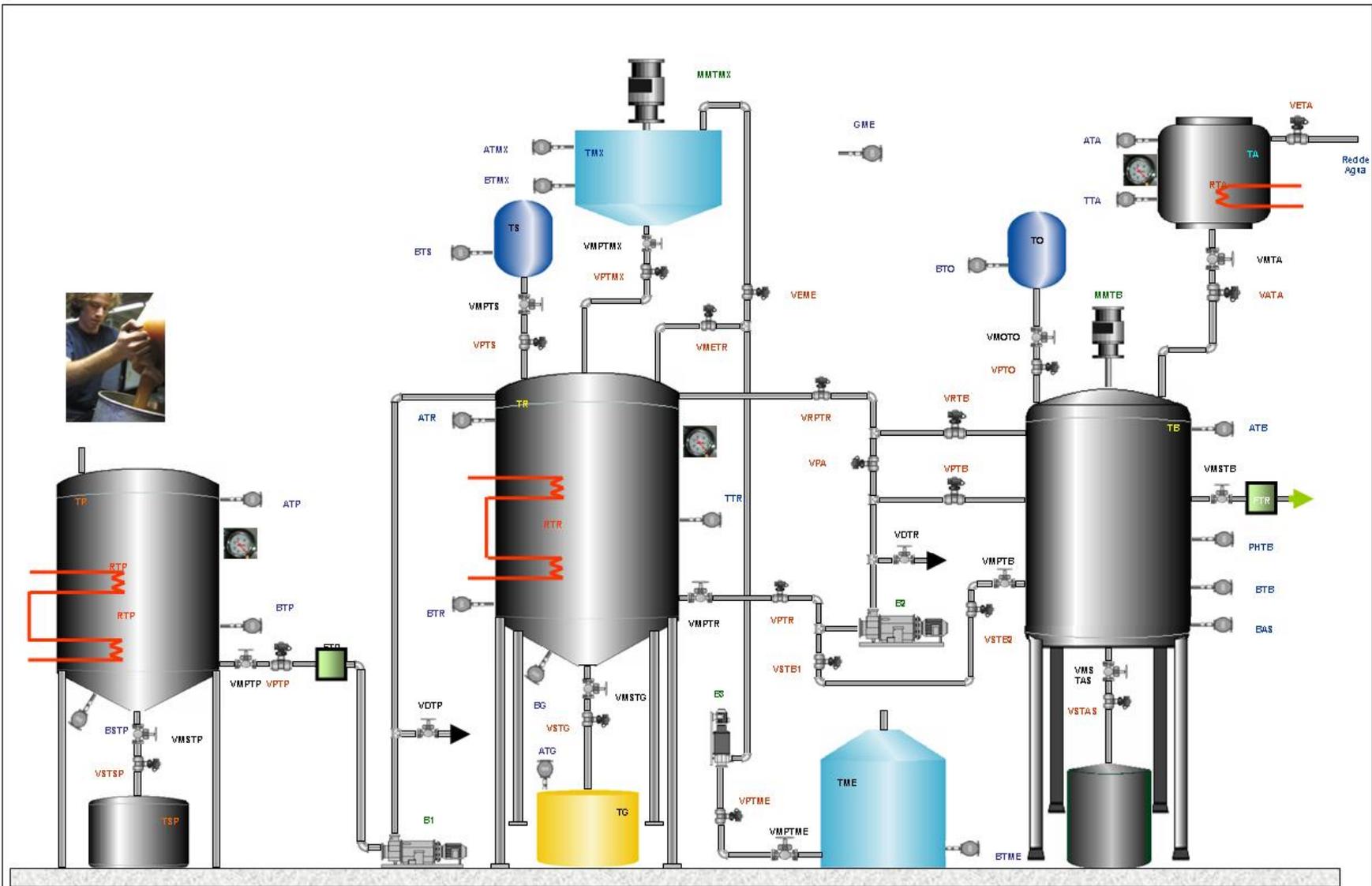
Plano de consideraciones constructivas del cuadro de control y mando y dimensiones de los elementos principales.

**PLANO nº 22: Plano de diseño general de la planta.**

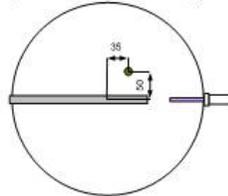
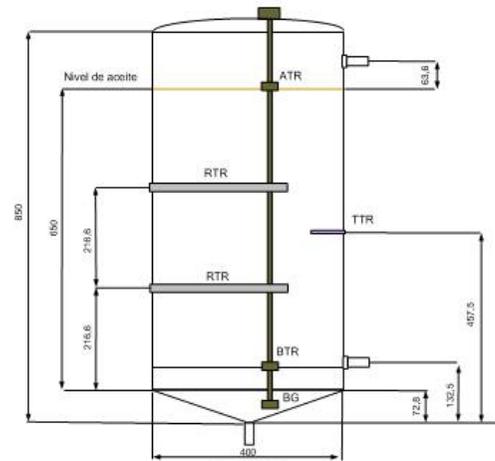
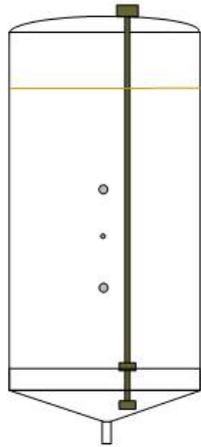
Planta, alzado y perfil de la distribución de depósitos y elementos de producción de la planta dentro de su estructura espacial de protección y transporte.

**PLANO 23 y 24: Plano de acometida nº 1 de sensores y válvulas desde cuadro de control.**

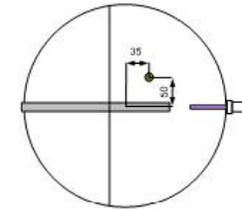
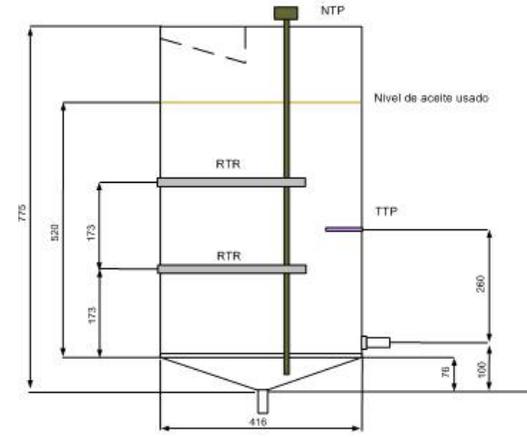
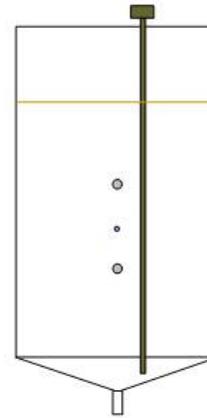
Se expresan las líneas de conexión de sensores y válvulas y su recorrido, así como las cajas de conexión de tubos y cables.



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-9-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano del proceso de producción y elementos de control		PLANO nº 1

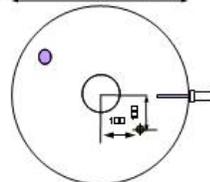
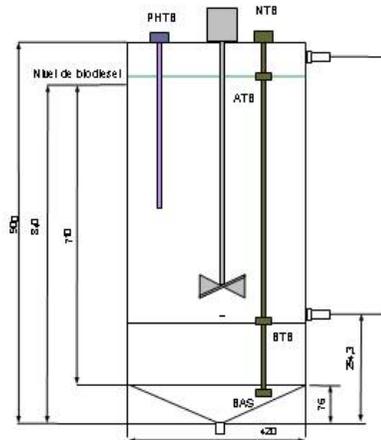
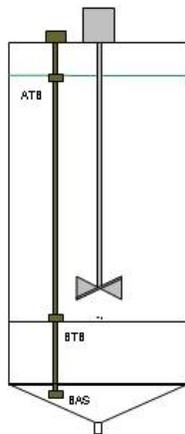


ATP,BTP,BG: Sensor Magnético de Nivel  
 RTR: Resistencia calefactora  
 TTR : Sensor temperatura  
**TANQUE DE REACCIÓN TR**  
 Sección AA'

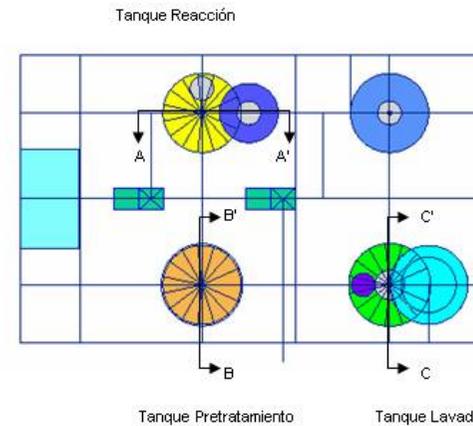


NTP: Sensor Capacitivo de Nivel  
 RTP: Resistencia calefactora  
 TTP : Sensor temperatura

**TANQUE DE PRETRATAMIENTO TP**  
 Sección BB'

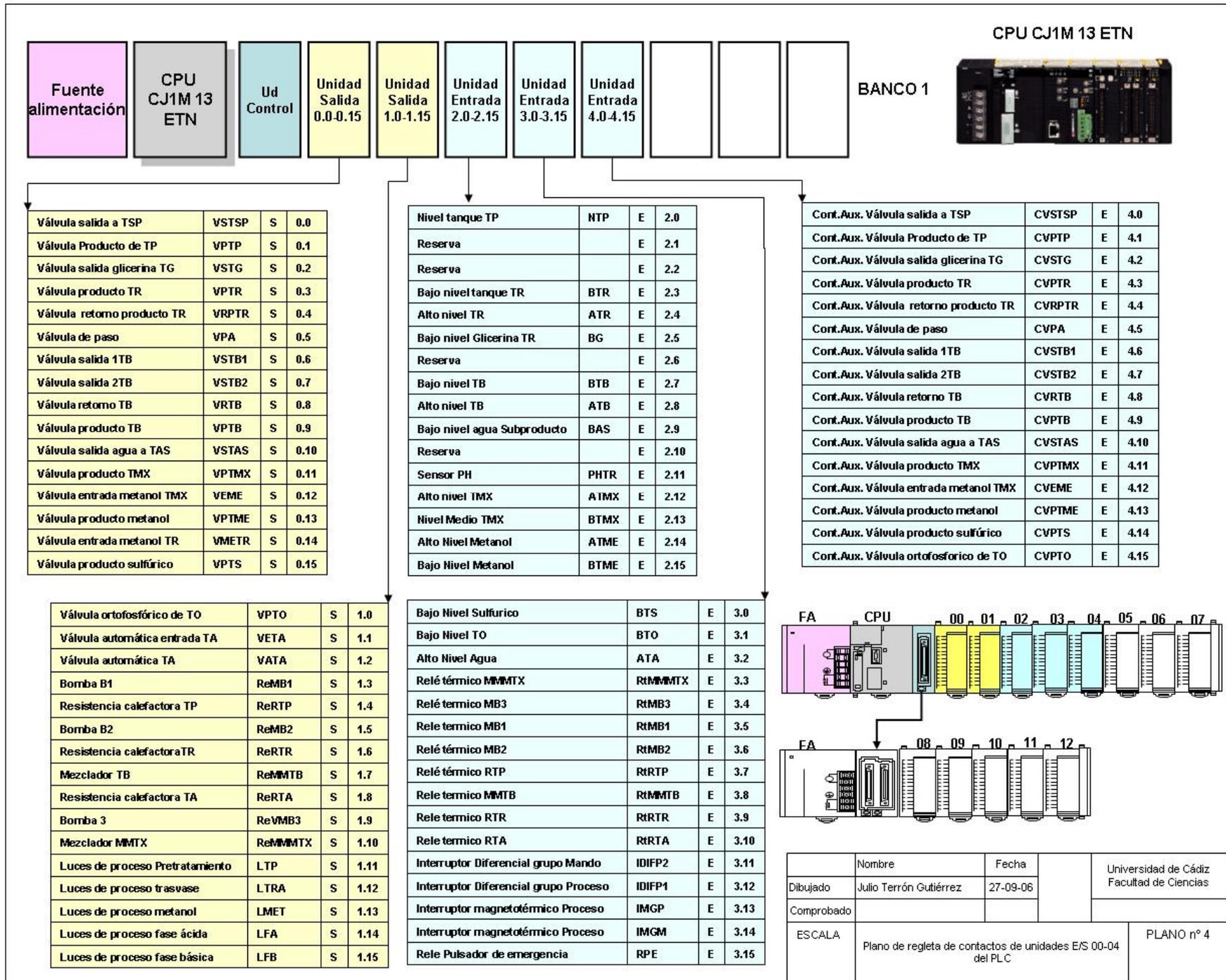


ATB,BTB,BAS: Sensor Magnético de Nivel  
 PHTB: Sensor PH  
**TANQUE DE LAVADO TB**  
 Sección CC'



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de dimensiones de los depósitos y posición de sensores		PLANO nº 2

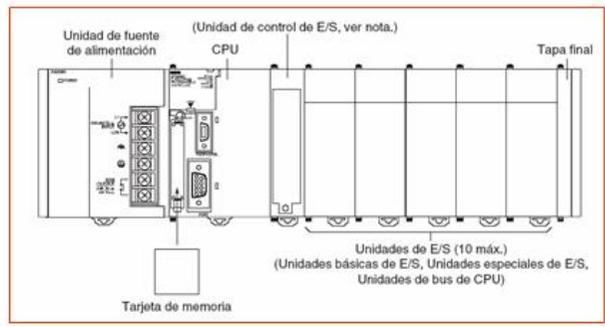




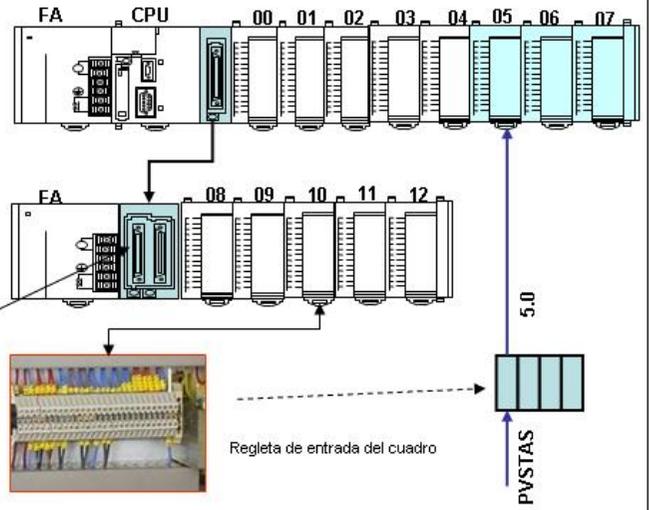
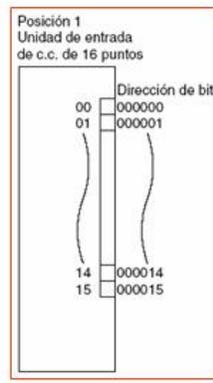


Parada válvula VSTAS	PVSTAS	E	5.0
Cont.Aux. Válvula automática entrada TA	CVETA	E	5.1
Cont.Aux. Válvula automática TA	CVATA	E	5.2
Bomba B1	CMB1	E	5.3
Resistencia calefactora TP	CRTP	E	5.4
Bomba B2	CMB2	E	5.5
Resistencia calefactoraTR	CRTR	E	5.6
Mezclador TB	CMMTB	E	5.7
Mezclador TMX	CMMTMX	E	5.8
Bomba B3	CMB3	E	5.9
Resistencia calefactora TA	CRTA	E	5.10
Validar maniobra	VM	E	5.11
Marcha general	MG	E	5.12
Parada General	PG	E	5.13
Sensor escape metanol	GME	E	5.14
Luz de escape metanol	LGME	E	5.15

Parada válvula VMETR	PVMETR	E	7.0
Marcha válvula VEME	MVEME	E	7.1
Parada válvula VEME	PVEME	E	7.2
Marcha válvula VPTMX	MVPTMX	E	7.3
Parada válvula VPTMX	PVPTMX	E	7.4
Marcha válvula VPTS	MVPTS	E	7.5
Parada válvula VPTS	PVPTS	E	7.6
Marcha válvula MMTMX	MVMTMX	E	7.7
Parada válvula MMTMX	PVMTMX	E	7.8
Marcha válvula VPA	MVPA	E	7.9
Parada Válvula VPA	PVPA	E	7.10
Marcha válvula VRPTR	MVRPTR	E	7.11
Parada válvula VRPTR	PVRPTR	E	7.12
Marcha válvula VSTB1	MVSTB1	E	7.13
Parada válvula VSTB1	PVSTB1	E	7.14
Marcha válvula VSTB2	MVSTB2	E	7.15



Marcha resistencia RTP	MRTP	E	6.1
Parada Ressitencia RTP	PRTP	E	6.2
Marcha válvula VSTSP	MVSTSP	E	6.3
Parada válvula VSTSP	PVSTSP	E	6.4
Marcha válvula VPTP	MVPTP	E	6.5
Parada válvula VPTP	PVPTP	E	6.6
Marcha Bomba B1	MMB1	E	6.7
Parada Bomba B1	PMB1	E	6.8
Marcha válvula VPTR	MVPTR	E	6.9
parada válvula VPTR	PVPTR	E	6.10
Marcha válvula VSTG	MVSTG	E	6.11
Parada válvula VSTG	PVSTG	E	6.12
Marcha válvula VPTME	MVPTME	E	6.13
Parada válvula VPTME	PVPTME	E	6.14
Marcha válvula VMETR	MVMETR	E	6.15



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de regleta de contactos de unidades E/S 05 al 07 del PLC		PLANO nº 5

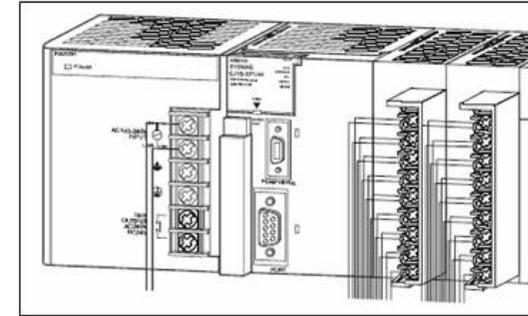


Parada válvula VSTB2	PVSTB2	E	8.0
Marcha válvula VPTB	MVPTB	E	8.1
Parada válvula VPTB	PVPTB	E	8.2
Marcha válvula VRTB	MVRTB	E	8.3
Parada válvula VRTB	PVRTB	E	8.4
Marcha válvula VATA	MVATA	E	8.5
Parada válvula VATA	PVATA	E	8.6
Marcha válvula VPTO	MVPTO	E	8.7
Parada válvula VPTO	PVPTO	E	8.8
marcha válvula VSTA	MVETA	E	8.9
Parada válvula VSTA	PVETA	E	8.10
Marcha Válvula RTA	MRTA	E	8.11
Parada Válvula RTA	PRTA	E	8.12
Marcha válvula MMTB	MVMTB	E	8.13
Parada Válvula MMTB	PVMTB	E	8.14
Marcha válvula VSTAS	MVSTAS	E	8.15

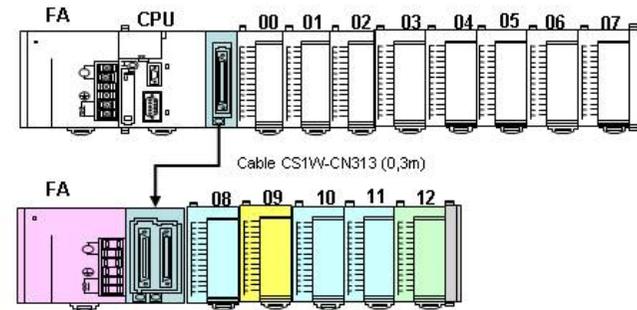
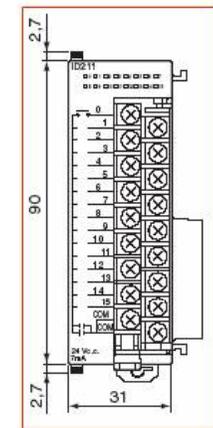
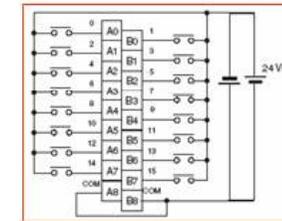
Selector Aceite Usado	SAU	E	10.0
Selector Aceite nuevo	SAN	E	10.1
Selector automático	SA	E	10.2
Selector semiautomático	SSA	E	10.3
Selector Manual	SMAN	E	10.4
Selector Tanque pretratamiento	STP	E	10.5
Selector Tanque Reacción	STR	E	10.6
Selector Tanque de lavado	STB	E	10.7
Contacto auxiliar	CVMETR	E	10.8
Salida Controlador TTA o TTR	STTA	E	10.9
Contacto auxiliar	CMB3	E	10.10
Alarma 1 controlador CTTR	AL1CTTR	E	10.11
Rele parada emergencia	RPE	E	10.12
Entrada Contaje #1 (12)	ECON	E	10.13
Alarma 2 controlador CTTR	AL2CTTR	E	10.14
Reserva		E	10.15

Luces de proceso lavado 1	L1L	S	9.0
Luces de proceso lavado 2	L2L	S	9.1
Luces de proceso lavado 3	L3L	S	9.2
Luz maniobra NULA	LMN	S	9.3
Luz maniobra ACCIÓN	LMA	S	9.4
Luz maniobra FINAL	LME	S	9.5
Salida Visualizador	SVIS	S	9.6
Alimentación controlador PID CTTR	ACTTR	S	9.7
Reset Temporizador	RTIM	S	9.8
Controlador TTA o TTR	ACTTA	S	9.9
Salida contaje (3)	SCON	S	9.10
RESET Contador	RCON	S	9.11
Salida conectar TTA	ETTA	S	9.12
Start temporizador	STIM	S	9.13
Gate Temporizador	GTIM	S	9.14
Salida conectar TTP	ETTP	S	9.15

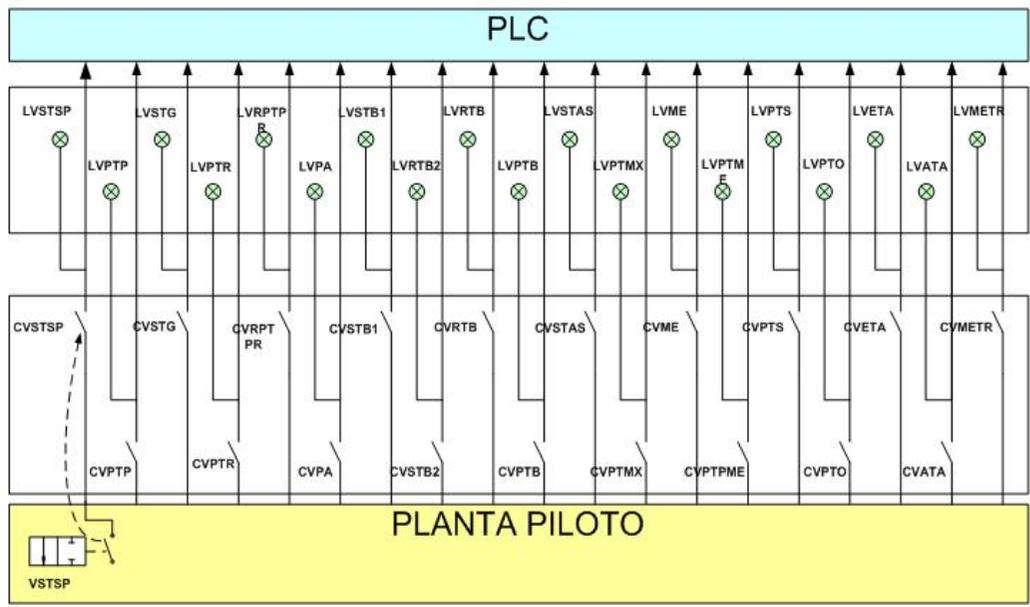
Rele termico MMTMX	RMMTMX	E	11.0
Marcha RTR	MRTR	E	11.1
rele termico MB3	RMB3	E	11.2
Parada RTR	PRTR	E	11.3
Marcha VMB3	MVMB3	E	11.4
Parada VMB3	PVMB3	E	11.5
Marcha MB2	MVMB2	E	11.6
Parada PB2	PMB2	E	11.7
Entrada contaje#1(12)	ECON	E	11.8
Salida fin temporizado	FTIM	E	11.9
Alarma 1 ControladorCTTA	AL1CTTA	E	11.10
Alarma 2 ControladorCTTA	AL2CTTA	E	11.11
Reserva		E	11.12
Reserva		E	11.13
Reserva		E	11.14



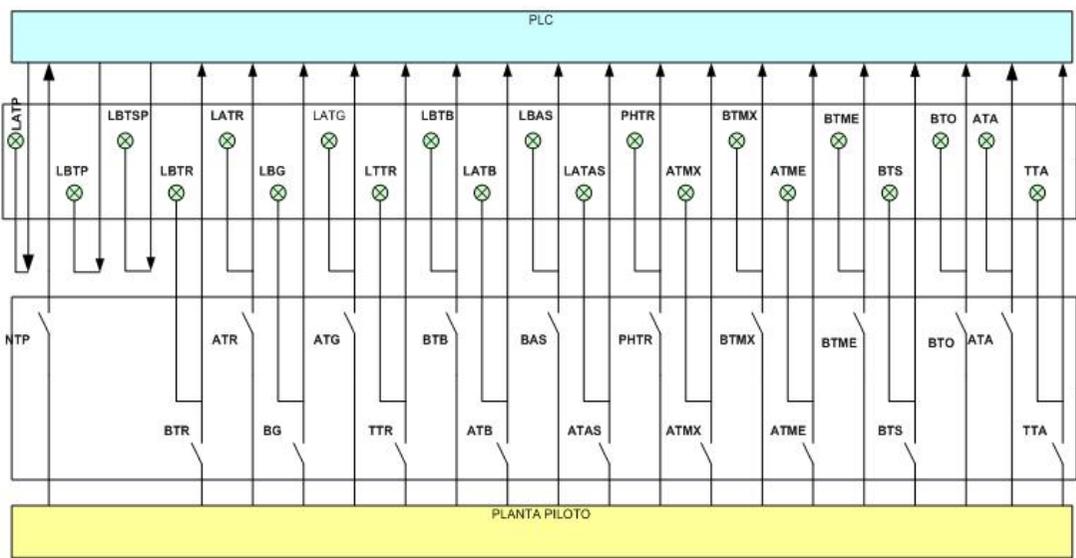
Sensor Nivel TP (NTP)	Entrada 1
Sensor Ph (SPH)	Entrada 2
sensor Metanol (GME)	Entrada 3
Sensor TTP	Entrada 4
Sensor TTR	Entrada 5
Sensor TTA	Entrada 6



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de regleta de contactos de unidades de E/S del 08-12 PLC		PLANO nº 6



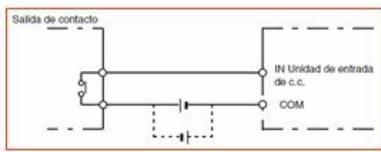
Cont.Aux. Válvula salida a TSP	CVSTSP	E	4.0
Cont.Aux. Válvula Producto de TP	CVPTP	E	4.1
Cont.Aux. Válvula salida glicerina TG	CVSTG	E	4.2
Cont.Aux. Válvula producto TR	CVPTR	E	4.3
Cont.Aux. Válvula retorno producto TR	CVRPTR	E	4.4
Cont.Aux. Válvula de paso	CVPA	E	4.5
Cont.Aux. Válvula salida 1TB	CVSTB1	E	4.6
Cont.Aux. Válvula salida 2TB	CVSTB2	E	4.7
Cont.Aux. Válvula retorno TB	CVRTB	E	4.8
Cont.Aux. Válvula producto TB	CVPTB	E	4.9
Cont.Aux. Válvula salida agua a TAS	CVSTAS	E	4.10
Cont.Aux. Válvula producto TMX	CVPTMX	E	4.11
Cont.Aux. Válvula entrada metanol TMX	CVEME	E	4.12
Cont.Aux. Válvula producto metanol	CVPTME	E	4.13
Cont.Aux. Válvula producto sulfúrico	CVPTS	E	4.14
Cont.Aux. Válvula ortofosforico de TO	CVPTO	E	4.15
Cont.Aux. Válvula automática entrada TA	CVETA	E	5.1
Cont.Aux. Válvula automática TA	CVATA	E	5.2



Cuadro Mando

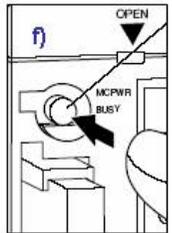
Contactos Auxiliares Sensores de proceso

Nivel tanque TP	NTP	E	12.0
Bajo nivel tanque TR	BTR	E	2.3
Alto nivel TR	ATR	E	2.4
Bajo nivel Glicerina TR	BG	E	2.5
Alto nivel TG	ATG	E	2.6
Bajo nivel TB	BTB	E	2.7
Alto nivel TB	ATB	E	2.8
Bajo nivel agua Subproducto	BAS	E	2.9
Alto Nivel TAS	ATAS	E	2.10
Sensor PH	PHTR	E	2.11
Alto nivel TMX	ATMX	E	2.12
Nivel Medio TMX	BTMX	E	2.13
Alto Nivel Metanol	ATME	E	2.14
Bajo Nivel Metanol	BTME	E	2.15
Bajo Nivel Sulfurico	BTS	E	3.0
Bajo Nivel TO	BTO	E	3.1
Alto Nivel Agua	ATA	E	3.2

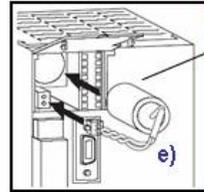


	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-08	
Comprobado			
ESCALA	Plano de regleta de contactos auxiliares de elementos de control digitales y luces de cuadro		PLANO nº 7

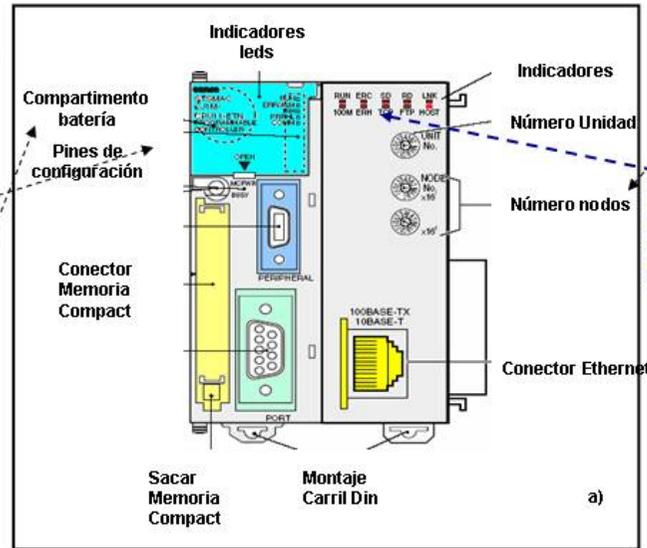
f) Tarjeta de Memoria



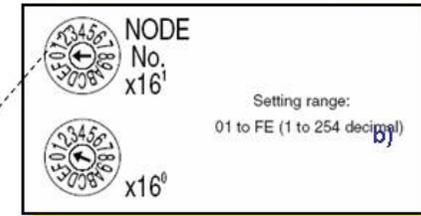
e) Cambio Bateria



a) Funciones del Panel del PLC CJ1M13-ETN



b) Configuración Nodo conexión del PLC



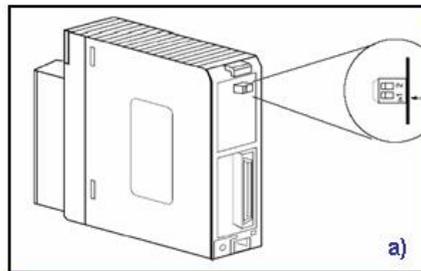
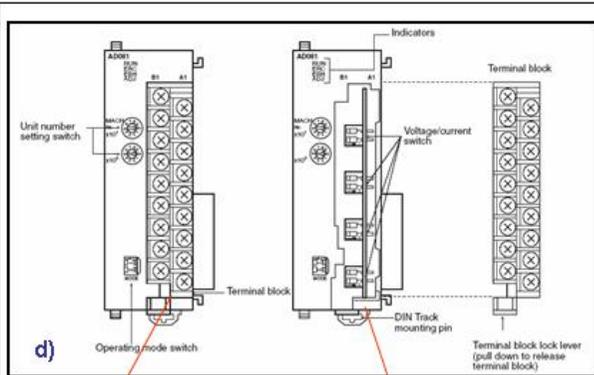
c) Significado indicadores luminosos del PLC

Indicador	Color	Estado	Significado
RUN	Verde	Encendido	El PLC está funcionando con normalidad en modo RUN o MONITOR.
		Parpadeando	Error del modo de descarga del sistema o error de configuración del interruptor DIP.
		Apagado	El PLC ha dejado de funcionar mientras estaba en modo PROGRAM, como consecuencia de un error fatal, o bien está descargando datos desde el sistema.
ERR/ALM	Rojo	Encendido	Se ha producido un error fatal (incluida la ejecución de la instrucción FALS) o un error de hardware (error de temporizador de guarda). La CPU dejará de funcionar y las salidas de todas las unidades de salida se pondrán en OFF.
		Parpadeando	Se ha producido un error no fatal (incluida la ejecución de la instrucción FAL) La CPU continuará funcionando.
		Apagado	La CPU está funcionando con normalidad.
INH	Naranja	Encendido	El bit de salida OFF (A50015) se ha puesto en ON. Las salidas de todas las unidades de salida se pondrán en OFF.
		Apagado	El bit de salida OFF (A50015) se ha puesto en OFF.
PRPHL	Naranja	Parpadeando	La CPU está comunicando (enviando o recibiendo) a través del puerto de periféricos.
		Apagado	La CPU no está comunicando a través del puerto de periféricos.
COMM	Naranja	Parpadeando	La CPU está comunicando (enviando o recibiendo) a través del puerto RS-232C.
		Apagado	La CPU no está comunicando a través del puerto RS-232C.
BKUP (sólo CPUs CJ1-H)	Naranja	Encendido	Los datos del área de parámetros y del programa de usuario se están copiando en la memoria flash de la CPU, o bien se están restaurando desde la memoria flash. <b>Nota</b> No desconecte la alimentación del PLC mientras este indicador permanezca iluminado.
		Apagado	No se están escribiendo datos en la memoria flash.

d) Pines de Configuración

Aspecto	Nº de pin	Configuración	Función
	1	ON	Inhabilita la escritura en la memoria del programa de usuario.
		OFF	Habilita la escritura en la memoria del programa de usuario.
	2	ON	El programa de usuario se transfiere automáticamente y se ejecuta al conectar la alimentación.
		OFF	El programa de usuario se transfiere automáticamente, pero no se ejecuta al conectar la alimentación.
	3	---	No se utiliza.
	4	ON	Se utilizan los parámetros de comunicaciones predeterminados del puerto de periféricos.
		OFF	Se utilizan los parámetros de comunicaciones del puerto de periféricos especificados en la configuración del PLC.
	5	ON	Se utilizan los parámetros de comunicaciones predeterminados del puerto RS-232C.
OFF		Se utilizan los parámetros de comunicaciones del puerto RS-232C especificados en la configuración del PLC.	
6	ON	Pin definido por el usuario. Pone en OFF el indicador de pin del interruptor DIP de usuario (A39512).	
	OFF	Pin definido por el usuario. Pone en ON el indicador de pin del interruptor DIP de usuario (A39512).	
7	ON	Escritura de datos desde la CPU a la tarjeta de memoria, o bien restauración de datos desde la tarjeta de memoria a la CPU.	
	OFF	Verificación del contenido de la tarjeta de memoria.	
8	OFF	Siempre OFF.	

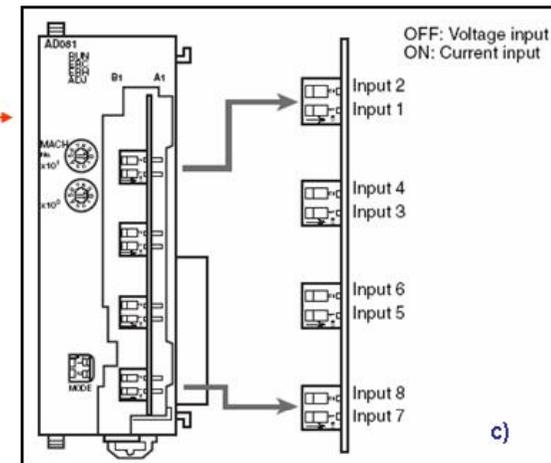
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Esquema de detalles y configuración del PLC		PLANO nº 8



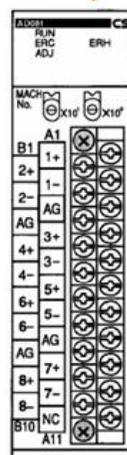
### a) Configuración modo funcionamiento

Pin number		Mode
1	2	
OFF	OFF	Normal mode
ON	OFF	Adjustment mode

### c) Configuración entrada como tensión-intensidad



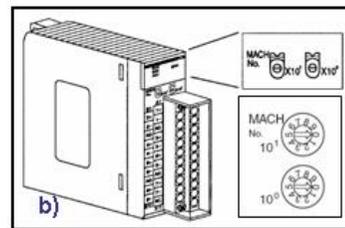
### d) Pines de conexiones de sensores analógicos de entrada



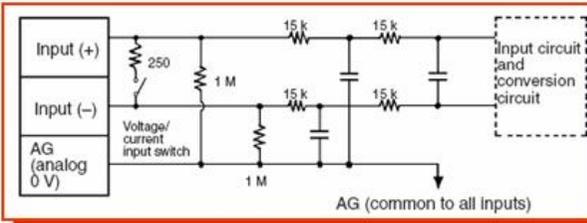
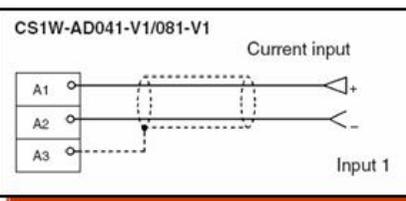
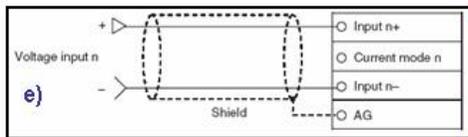
Input 2 (+)	B1	A1	Input 1 (+)
Input 2 (-)	B2	A2	Input 1 (-)
AG	B3	A3	AG
Input 4 (+)	B4	A4	Input 3 (+)
Input 4 (-)	B5	A5	Input 3 (-)
Input 6 (+)	B6	A6	Input 5 (+)
Input 6 (-)	B7	A7	Input 5 (-)
AG	B8	A8	AG
AG	B9	A9	Input 7 (+)
Input 8 (+)	B10	A10	Input 7 (-)
Input 8 (-)		A11	N.C.



### b) Configuración de unidad nº 12



### e) Conexión de un sensor

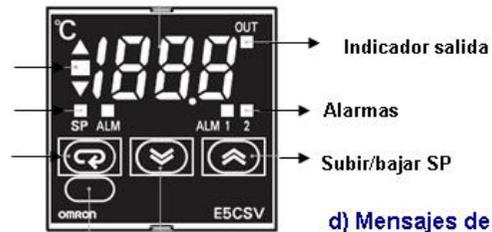


LED	Meaning	Indicator	Operating status
RUN (green)	Operating	Lit	Operating in normal mode.
		Not lit	Unit has stopped exchanging data with the CPU Unit.
ERC (red)	Error detected by Unit	Lit	Alarm has occurred (such as disconnection detection) or initial settings are incorrect.
		Not lit	Operating normally.
ERH (red)	Error in the CPU Unit	Lit	Error has occurred during data exchange with the CPU Unit.
		Not lit	Operating normally.
ADJ (yellow)	Adjusting	Flashing	Operating in offset/gain adjustment mode.
		Not lit	Other than the above.

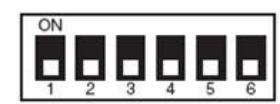
### f) Significado luces panel frontal

	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias	
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06		
Comprobado				
ESCALA	Esquema de conexiones y configuración de la Unidad Entrada Analógica del PLC			PLANO nº 9

**a) Frontal**  
 Indicador desvío  
 Indicador modo  
 Selector modo

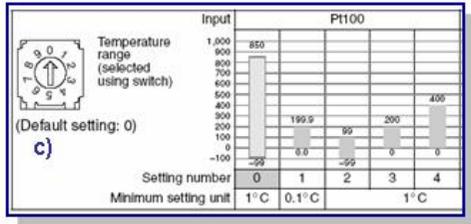


**b) Configuración pines:**  
 1 : Control ON-OFF  
 2 : período 20 seg  
 3 : Calentamiento (inverso)  
 5 : Sensor JPT100  
 6 : Temp en °C



Selección de función		1	2	3	4	5	6
PID ON/OFF	Control PID	ON					
	Control ON/OFF	OF					
Periodo de control	2 s		ON				
	20 s		OF				
Operación directa/inversa	Operación directa (frío)			ON			
	Operación inversa (calor)			OFF			
Display de desplazamiento de entrada	Activada				ON		
	Desactivada				OFF		
Selección de sensor de temperatura	Entrada de termorresistencia de platino					ON	
	Entrada de termopar					OFF	
Unidad de temperatura	°F						ON
	°C						OFF

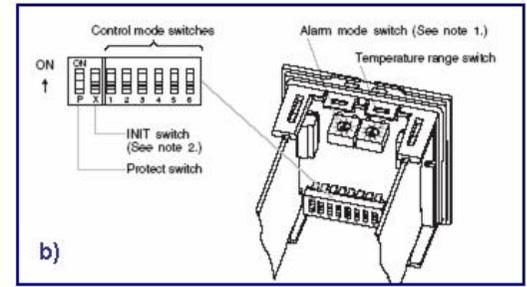
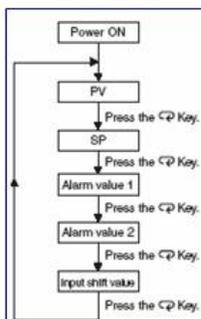
**c) Selector Rango Temperatura de pt100**



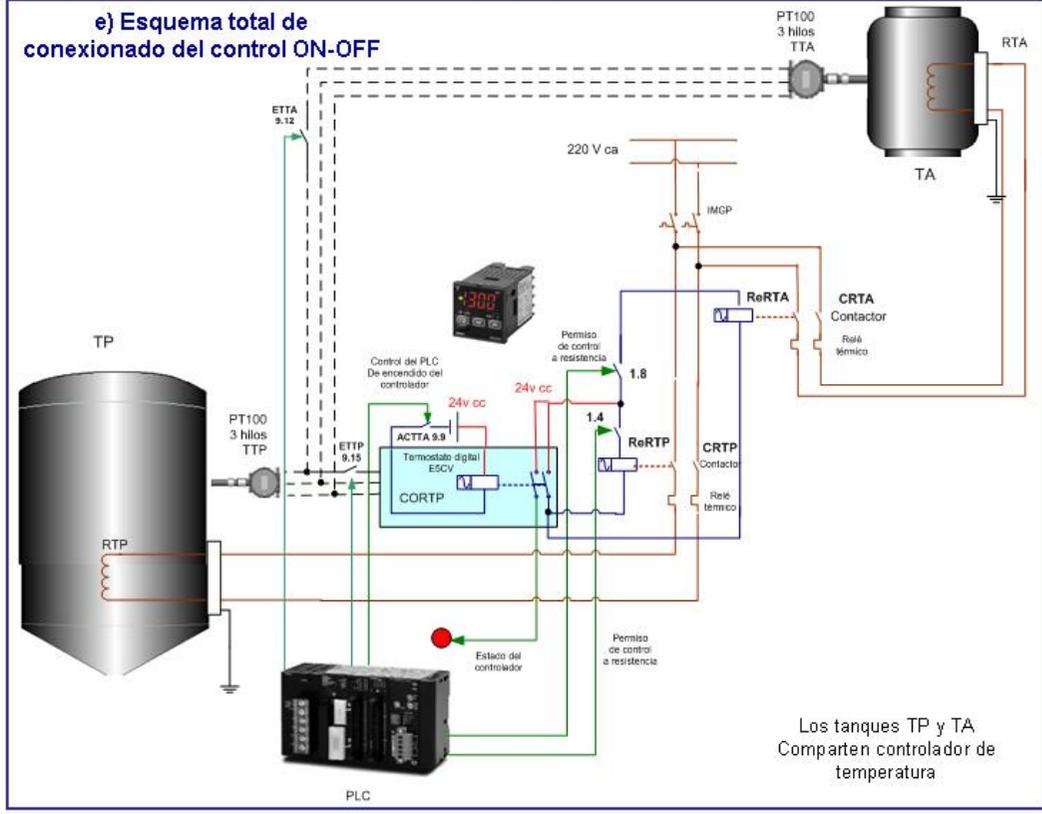
**d) Mensajes de error del sensor**

Estado	Display	Salida de control
Rotura	FFF parpadea	OFF
	... parpadea	OFF
2 o 3 cables desconectados	FFF parpadea	OFF
	... parpadea	OFF

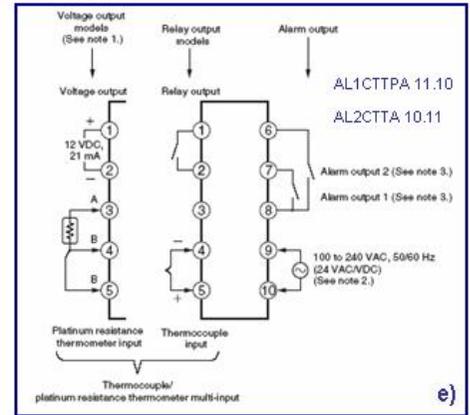
**f) Configuración manual**



**e) Esquema total de conexionado del control ON-OFF**

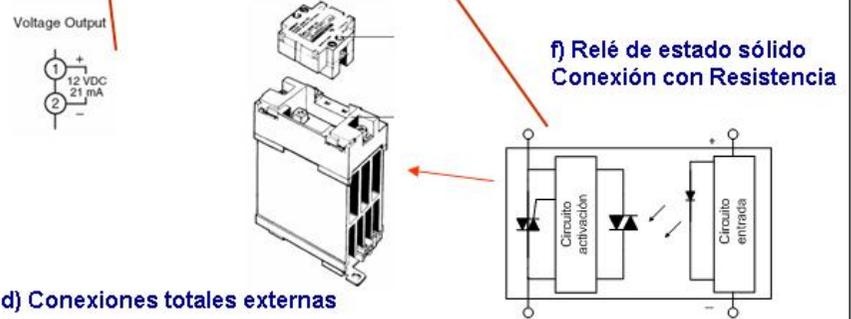
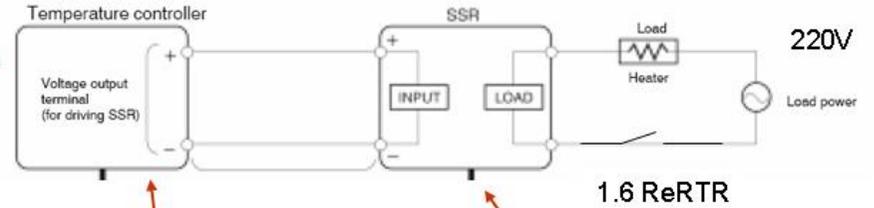
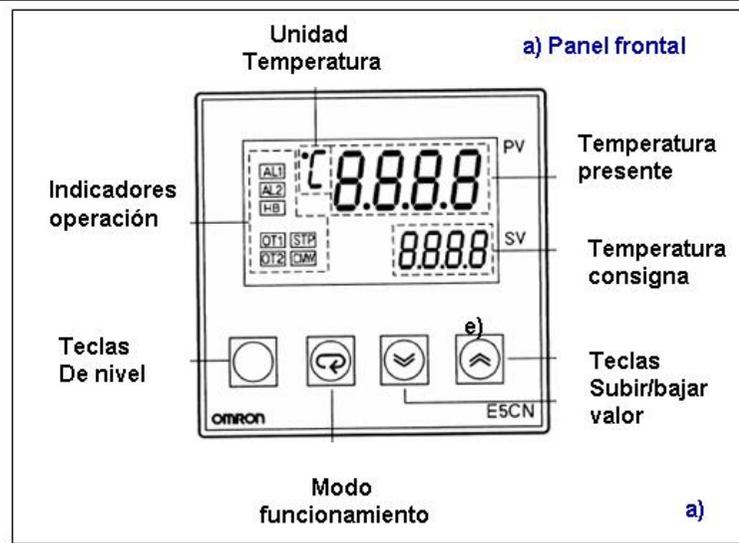


Los tanques TP y TA  
 Comparten controlador de temperatura



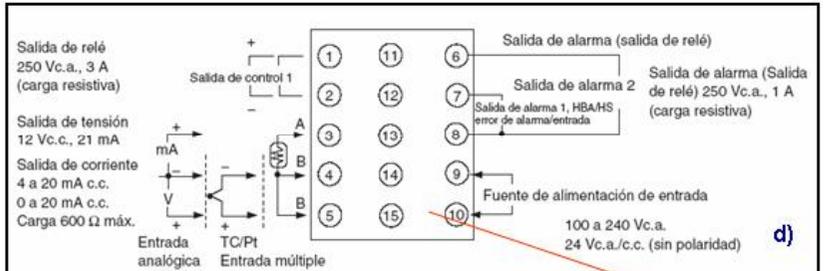
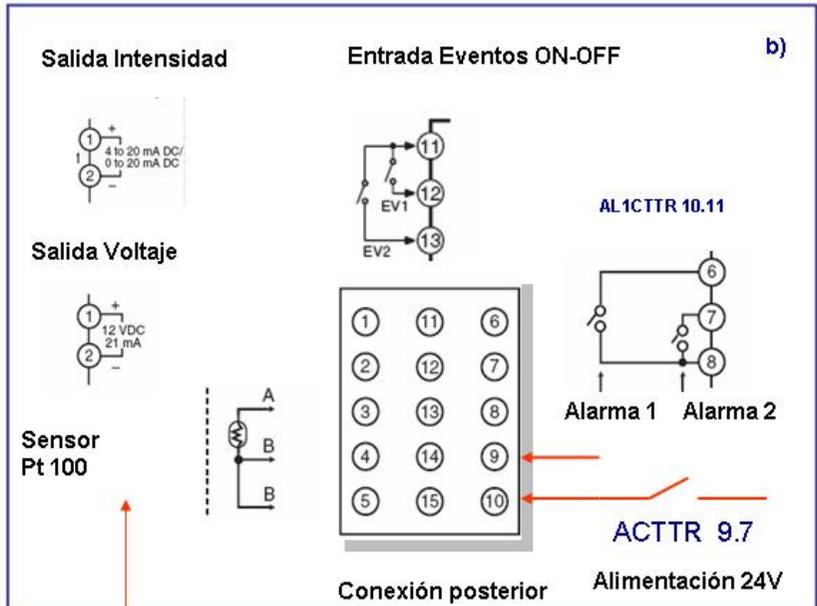
**e) Conexionado externo**

	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de conexión y esquema de configuración del control ON-OFF del tanque de pretratamiento y de agua		PLANO nº 10

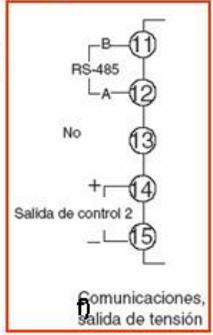


d) Conexiones totales externas

b) Conexiones de entradas y salidas al controlador



e) Terminal Para comunicaciones

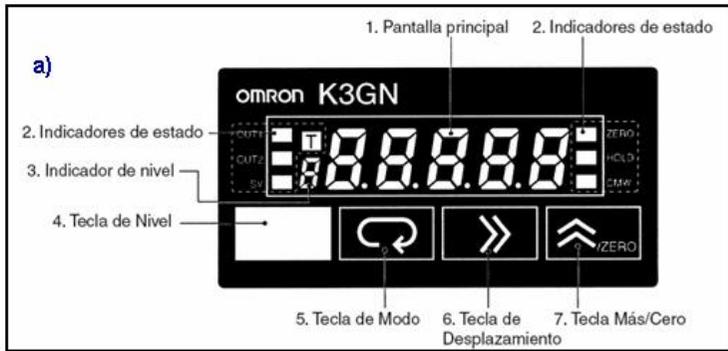


c) Cables

Terminal No.	Cables	Pin terminals
1 to 6	AWG24 to AWG14	2.1 dia. max.
7 to 9	AWG28 to AWG22	1.3 dia. max.

Input type	Specifications	Switch setting	Input temperature range
Platinum resistance thermometer	Pt100	0	-200 to 850 (°C) / -300 to 1500 (°F)
		1	-199.9 to 500.0 (°C) / -199.9 to 900.0 (°F)
		2	0.0 to 100.0 (°C) / 0.0 to 210.0 (°F)

	Nombre	Fecha	
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Comprobado			
ESCALA	Esquema de controlador PID y conexiones de mando y control		PLANO nº 11



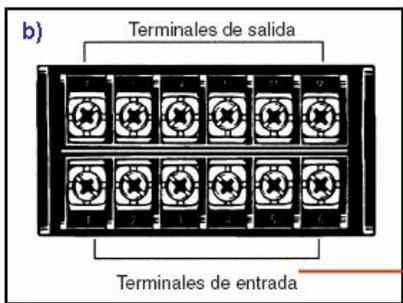
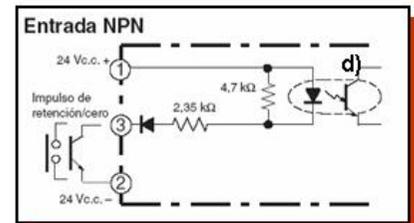
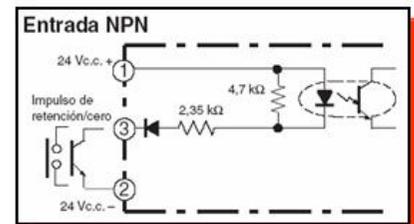
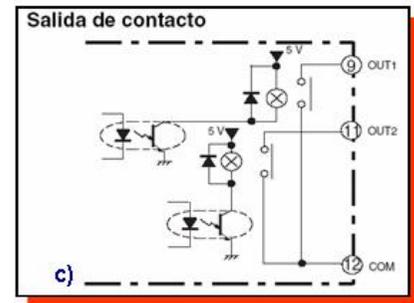
d) Significado de los terminales de conexión de entrada y salida

Nº de terminal	Nombre	Descripción
1-2	Alimentación para el funcionamiento	Conecte la fuente de alimentación de funcionamiento.
3-2	Entrada de evento o entrada de impulso/contacto	Dependiendo de la configuración de parámetros, funciona de este modo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiene el valor de proceso.</li> <li>• Calibra el valor de proceso a cero y elimina la función de cero forzado.</li> <li>• Entrada de impulso o contacto.</li> </ul>
3-1		
4,6-5	Entrada analógica	Conecte la entrada analógica de tensión o corriente.
7-8	Comunicaciones	Terminales de comunicaciones RS-485.
9,11-12	Salidas	Salidas de relé o transistor También hay una salida PASS para los modelos con salidas de transistor.
9,10,11-12		

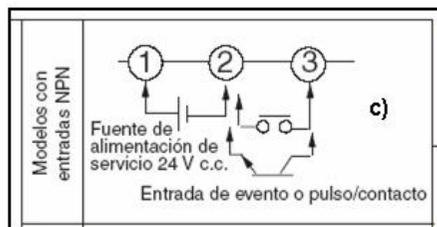
a) Funciones del panel frontal

Nombre	Funciones	
1. Display principal	Visualiza valores de proceso, parámetros y valores establecidos.	
2. Indicadores de estado	OUT1	Encendido cuando la salida 1 está en ON.
	OUT2	Encendido cuando la salida 2 está en ON.
	SV	Encendido mientras se visualiza o modifica un valor establecido.
	T	Encendido cuando la función teaching está habilitada. Parpadea cuando el K3GN está funcionando en teaching.
	ZERO	Encendido mientras esté activada la función de cero forzado.
	HOLD	Encendido cuando la salida HOLD está en ON.
3. Indicador de nivel	CMW	Encendido cuando está "habilitada" la escritura de comunicaciones y apagado cuando está "inhabilitada".
	4. Tecla Level (nivel)	Visualiza el nivel actual en el que se encuentra el K3GN. (Para más detalles véase más abajo.)
	5. Tecla Mode (modo)	Se utiliza para cambiar el nivel.
6. Tecla Shift	Se utiliza para que el indicador principal muestre los parámetros de forma secuencial.	
7. Tecla Up/Zero	Se utiliza para modificar un valor establecido, desplazándose entre sus dígitos.	
	Se utiliza para cambiar un valor ajustado. Se utiliza para fijar o borrar una función de cero forzado (autotara) al visualizarse un valor de media.	

c) Entradas y salidas

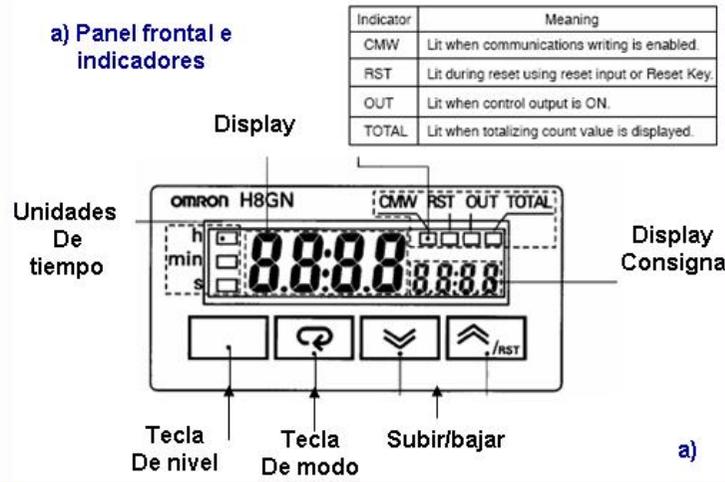


b) Terminales de conexión

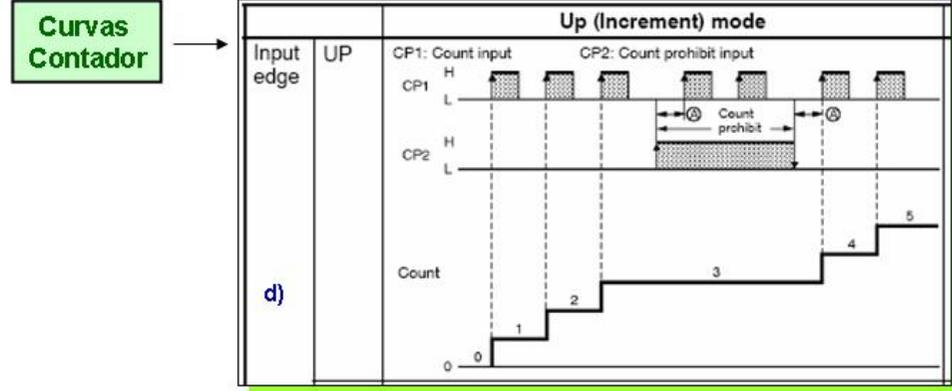


Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	Facultad de Ciencias
Comprobado		
ESCALA	Esquema de configuración y conexiones del Visualizador digital	PLANO nº 12

a) Panel frontal e indicadores



d) Curvas de contaje

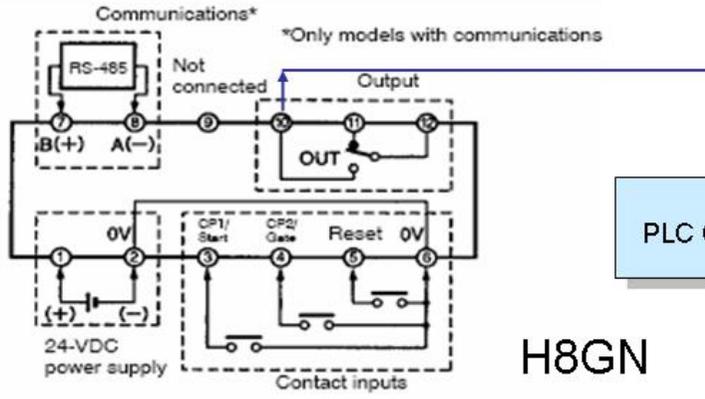
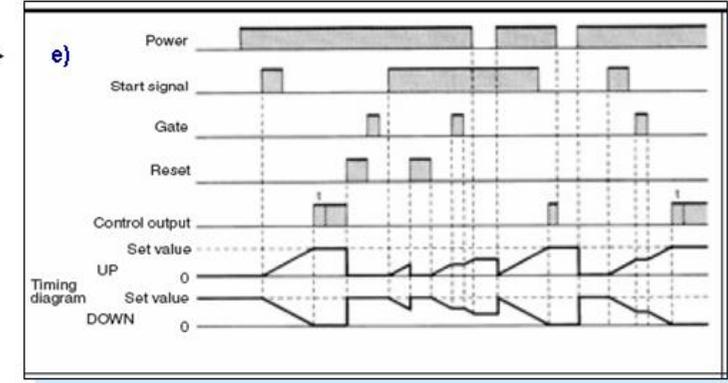


Entrada Contaje #1 (12)	ECON	E	11.8
Salida contaje (3)	SCON	S	9.10
RESET Contador	RCON	S	9.11

Reset temporizador	RTIM	S	9.8
Start temporizador	STIM	S	9.13
Gate Temporizador	GTIM	S	9.14
Salida fin temporizado	FTIM	E	11.9

e) Curvas de temporización

**Curvas respuesta del temporizador**



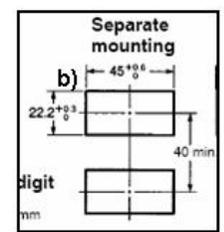
PLC CJ1M CPU 13

H8GN

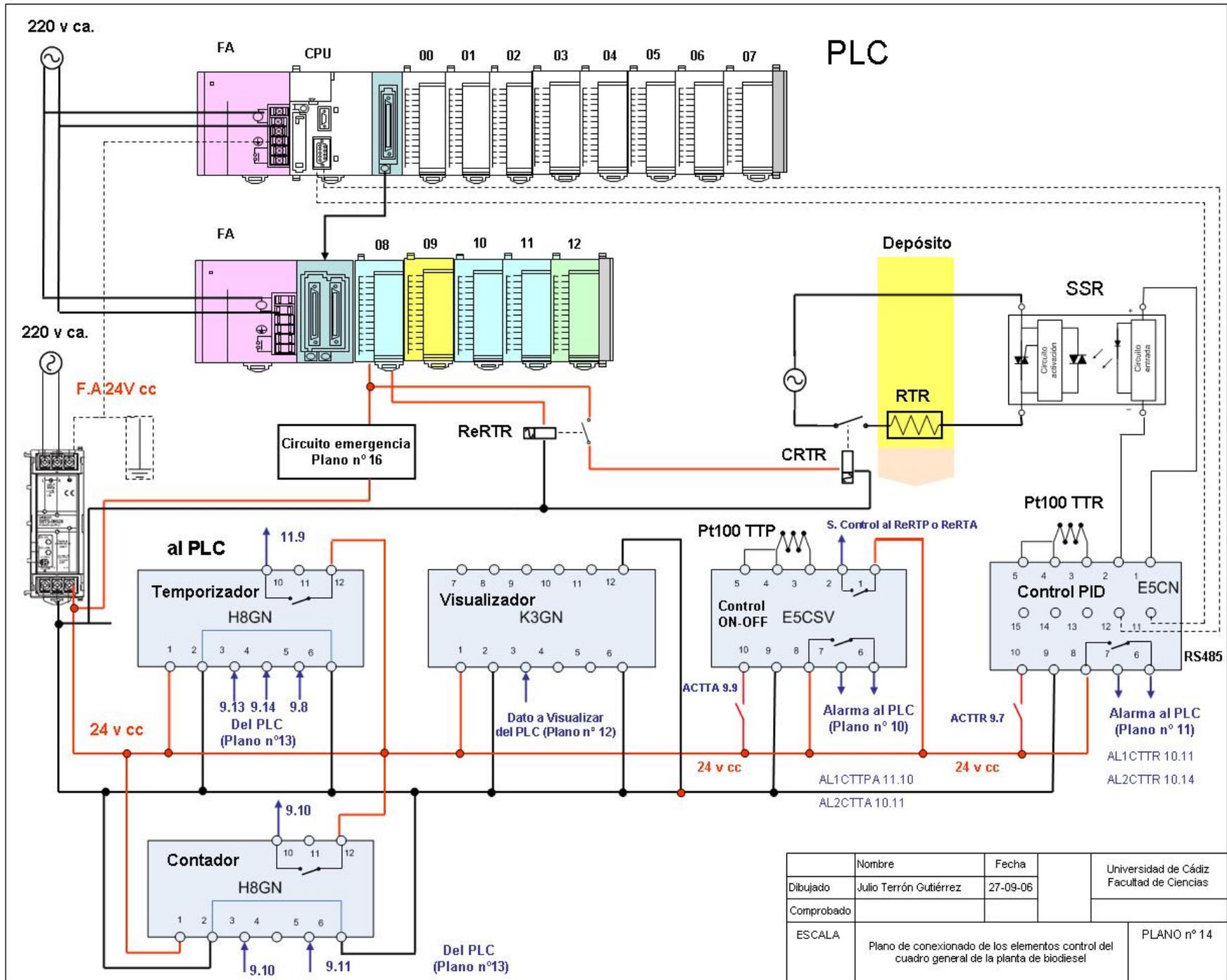
Fuente Alimentación 24 v cc

c) Conexiones con el PLC

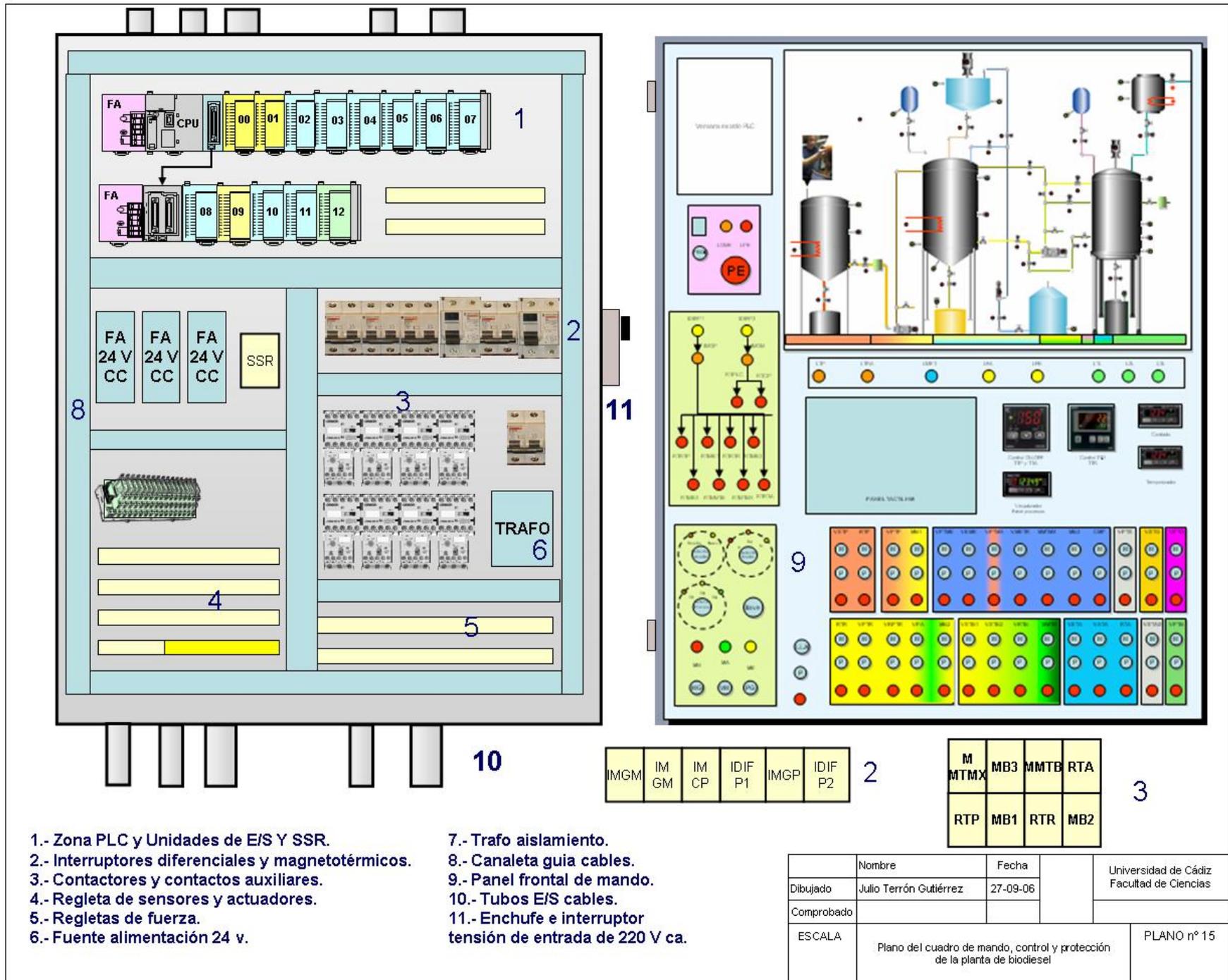
b) Dimensiones externas

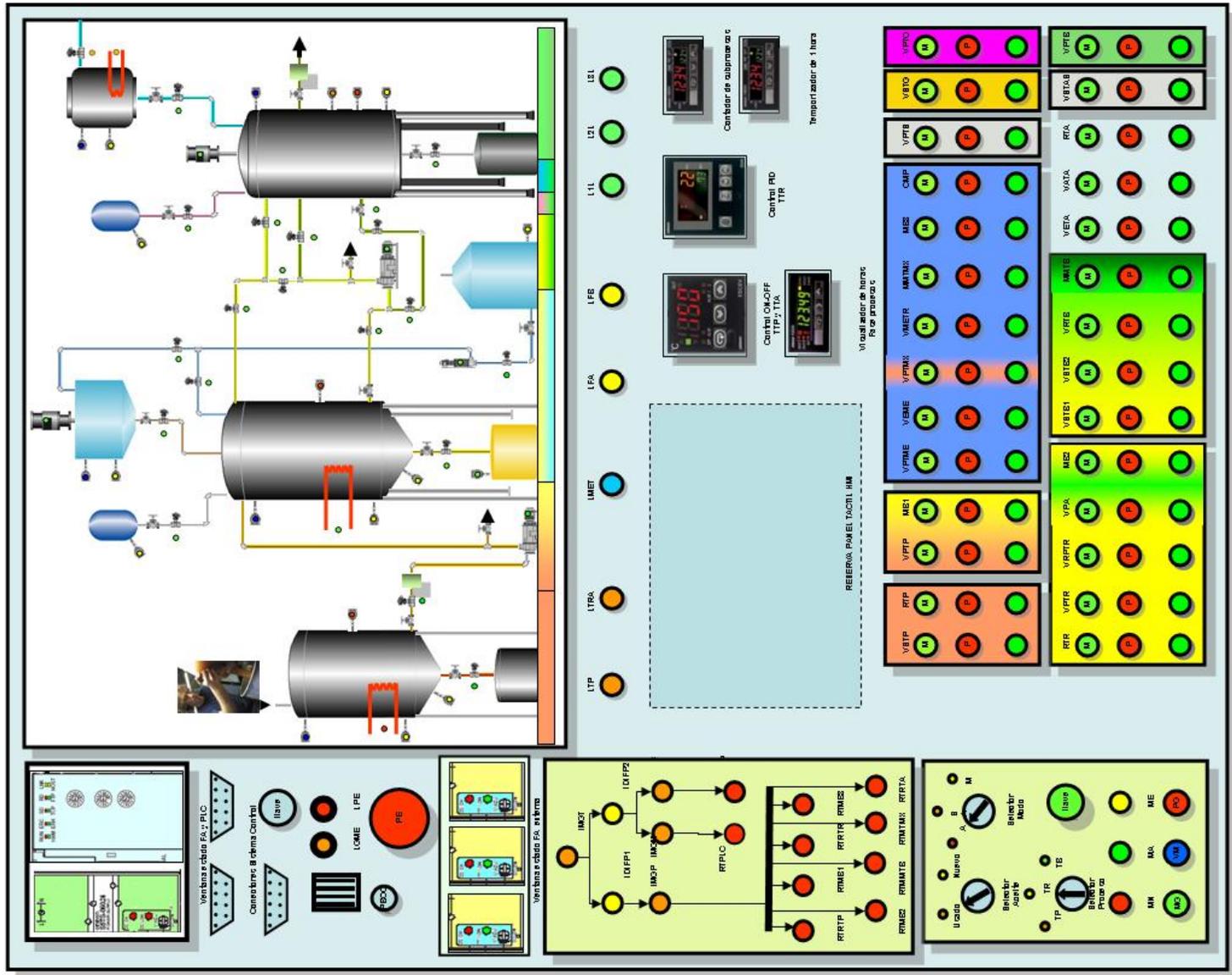


	Nombre	Fecha	
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Comprobado			
ESCALA	Plano de conexiones y comportamiento y esquema de configuración del temporizador/contador		PLANO nº 13



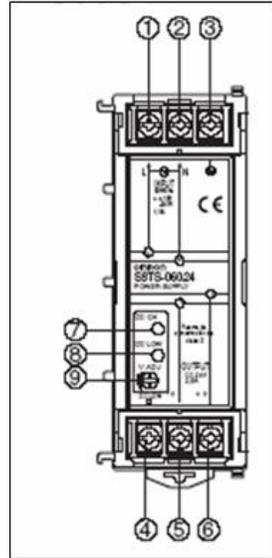
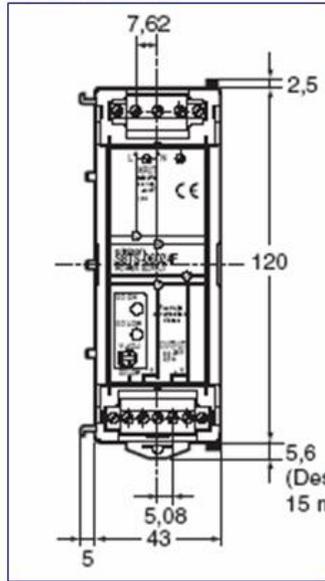
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de conexionado de los elementos control del cuadro general de la planta de biodiesel		PLANO nº 14





	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de detalle de la interface HMI general del cuadro de mando		PLANO nº 16

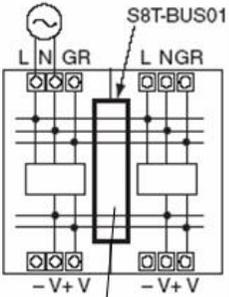
**a) Dimensiones**



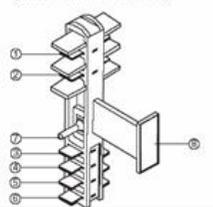
**b) Indicadores y conexión**

- ① Terminal de entrada de c.a. (L): conecte una línea de entrada de c.a. a este terminal.
- ② Terminal de entrada de c.a. (N): conecte una línea de entrada de c.a. a este terminal.
- ③ Terminal de tierra (⊕): conecte una línea de tierra a este terminal.
- ④ Salida de detección de tensión baja (DC LOW OUT): salida de colector abierto
- ⑤ Terminal de salida de c.c. (-V): conecte líneas de carga a este terminal.
- ⑥ Terminal de salida de c.c. (+V): conecte líneas de carga a este terminal.
- ⑦ Indicador de salida (DC ON: verde): encendido mientras la salida de c.c. esté en ON.
- ⑧ Indicador de tensión baja (DC LOW: rojo): se enciende si cae la tensión en el terminal de salida de c.c.
- ⑨ Potenciómetro de la tensión de salida (V.ADJ): permite ajustar la tensión de salida.
- ⑩ Cierre: bloquéelo al conectar y desbloquéelo al desconectar.

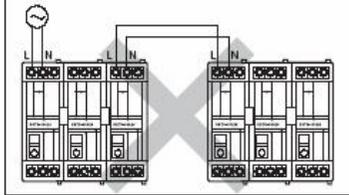
**c) Unión en paralelo de las dos fuentes**



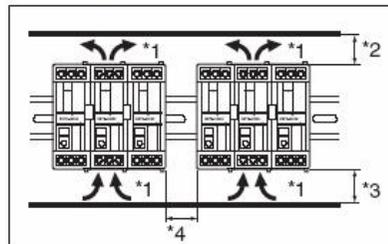
Conector de líneas S8T-BUS01 (líneas c.a. + líneas c.c.)



No puentee bloques entre sí.

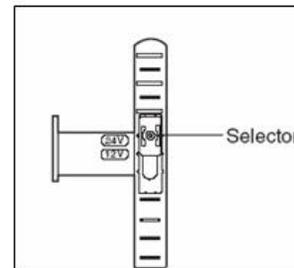


**d) Distancia de instalación para ventilación**



**FA 24 V cc  
S8TS**

**e) Selector de tensión**



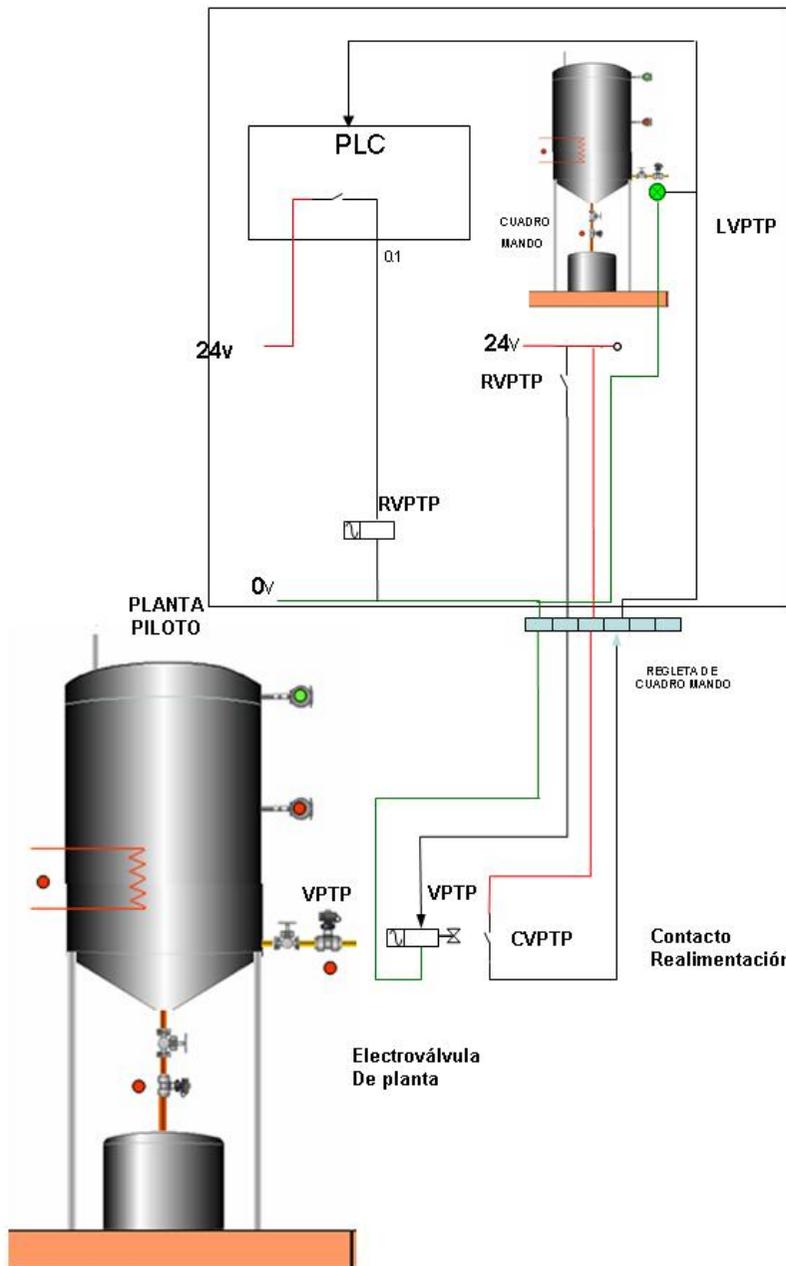
**f) Indicadores de la fuente**

Estado del indicador	Tensión	Salida (Ver nota 1.)
Verde:  DC ON Rojo:  DC LOW	Superior al 80% aprox. de la tensión de salida nominal	ON (activado)
Verde:  DC ON (Ver nota 2) Rojo:  DC LOW	Inferior al 80% aprox. de la tensión de salida nominal	OFF (desactivado)
Verde:  DC ON Rojo:  DC LOW	Próximo a 0 V	OFF (desactivado)

Modelo	Cable recomendado
S8TS-06024 S8TS-03012	de 14 a 20 AWG (sección: de 0,517 a 2,081 mm <sup>2</sup> )
S8TS-02505	de 14 a 18 AWG (sección: de 0,823 a 2,081 mm <sup>2</sup> )
S8TS-06024F S8TS-03012F	de 12 a 20 AWG (sección: de 0,517 a 3,309 mm <sup>2</sup> )
S8TS-02505F	de 12 a 18 AWG (sección: de 0,823 a 3,309 mm <sup>2</sup> )

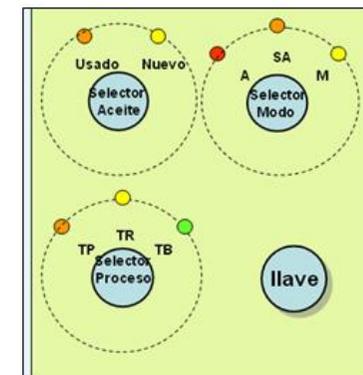
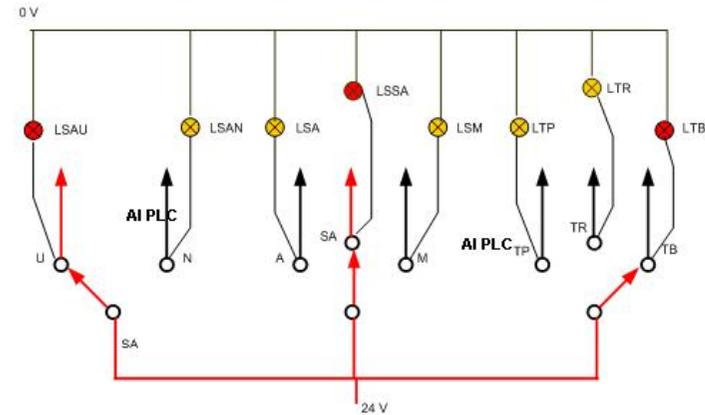
**g) Cableado recomendado**

	Nombre	Fecha		Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06		
Comprobado				
ESCALA	Esquema de la fuente alimentación general de continua 24 v. Detalles de instalación y configuración			PLANO nº 17



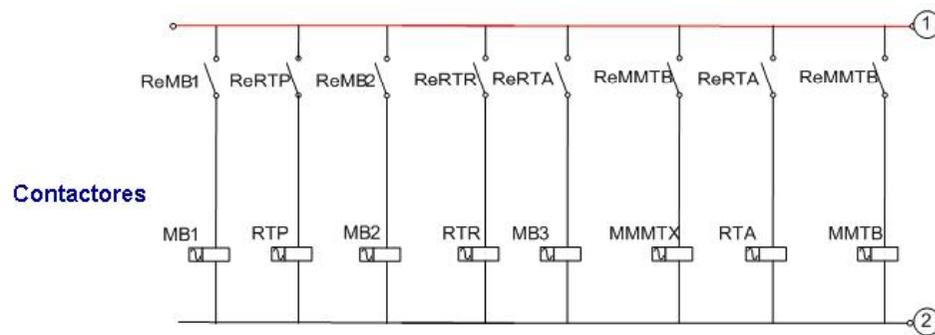
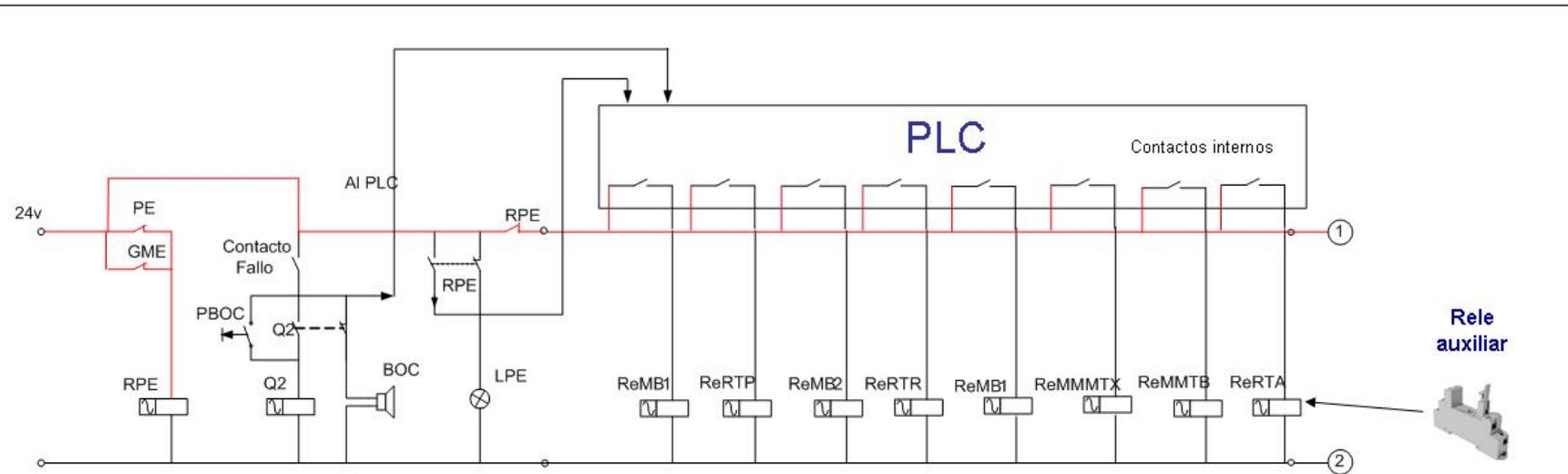
Selector Aceite Usado	SAU	E	10.0
Selector Aceite nuevo	SAN	E	10.1
Selector automático	SA	E	10.2
Selector semiautomático	SSA	E	10.3
Selector Manual	SMAH	E	10.4
Selector Tanque pretratamiento	STP	E	10.5
Selector Tanque Reacción	STR	E	10.6
Selector Tanque de lavado	STB	E	10.7

Luz selector Aceite Usado	LSAU
Luz selector Aceite nuevo	LSAN
Luz selector automático	LSA
Luz selector semiautomático	LSSA
Luz selector Manual	LSM
Luz selector Tanque pretratamiento	LSTP
Luz selector Tanque Reacción	LSTR
Luz selector Tanque de lavado	LSTB

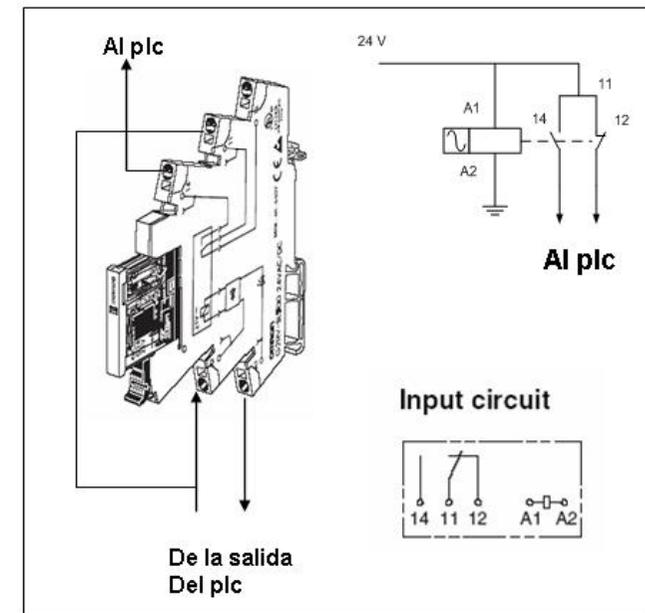


Selectores

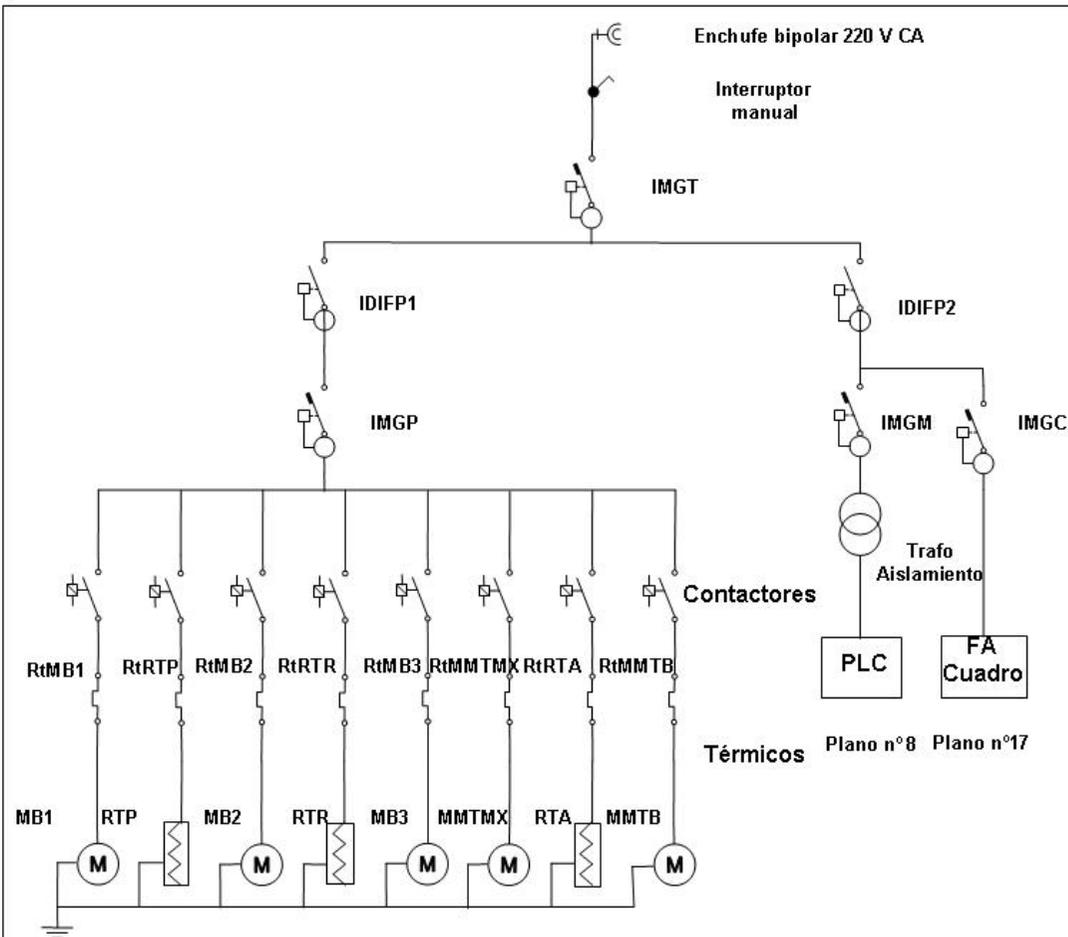
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de alimentación y conexionado de contacto auxiliar y luces de cuadro de válvulas y sensores		PLANO nº 19



Relé aux. Bomba B1	ReMB1	S	1.3
Relé aux. Resistencia calefactora TP	ReRTP	S	1.4
Relé aux. Bomba B2	ReMB2	S	1.5
Relé aux. Resistencia calefactoraTR	ReRTR	S	1.6
Relé aux. Mezclador TB	ReMMTB	S	1.7
Relé aux. Resistencia calefactora TA	ReRTA	S	1.8
Relé aux. Bomba B3	ReMB3	S	1.9
Relé aux. Motor Mezclador Metóxido	ReMMMTX	S	1.10



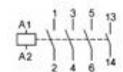
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano gestión de parada de emergencia y relés Auxiliares de salida del PLC		PLANO nº 18



Int Diferencial IDIFP1	II, 230 v, 32 A, 30 mA +NA
Int Diferencial IDIFP2	II, 230 v, 25 A, 30 mA +NA
Int Magnetoermico IMGP	II, 230V, 25 A, Icc= 10 KA +NA
Int Magnetoermico IMGGM	II, 230V, 20 A, Icc= 10 KA+NA
Int Magnetoermico IMGCC	II, 230V, 15 A, Icc= 10 KA+NA
Int Magnetoermico IMGTT	II, 230V, 32 A, Icc= 10 KA +NA

Contactor MB1	II, 230V, 9A +NA
Contactor MB2	II, 230V, 9A +NA
Contactor MB3	II, 230V, 9A +NA
Contactor MMTMX	II, 230V, 9A +NA
Contactor MMTB	II, 230V, 9A +NA
Contactor RTP	II, 230V, 20A +NA
Contactor RTR	II, 230V, 20A +NA
Contactor RTA	II, 230V, 20A +NA

Relé térmico MB1	1,8- 2,7 A
Relé térmico MB2	2,7- 4 A
Relé térmico MB3	1,8 - 2,7 A
Relé térmico MMTB	1,2 - 1,8 A
Relé térmico MMTMX	0,8- 1,2 A
Relé térmico RTP	13- 18 A
Relé térmico RTR	13- 18 A
Relé térmico RTA	13- 18 A



**Contactos auxiliares  
Relés térmicos**

Rele termico MB1	RtMB1	E	3.5
Relé térmico MB2	RtMB2	E	3.6
Relé térmico RTP	RtRTP	E	3.7
Rele termico MMTB	RtMMTB	E	3.8
Rele termico RTR	RtRTR	E	3.9
Rele termico RTA	RtRTA	E	3.10
Relé Térmico MB3	RtMB3	E	11.8
Relé térmico MMTMX	RtMMTMX	E	11.0

*Nota: Cada elemento tiene un contacto auxiliar NA para la realimentación de su estado de apertura o cierre al PLC*

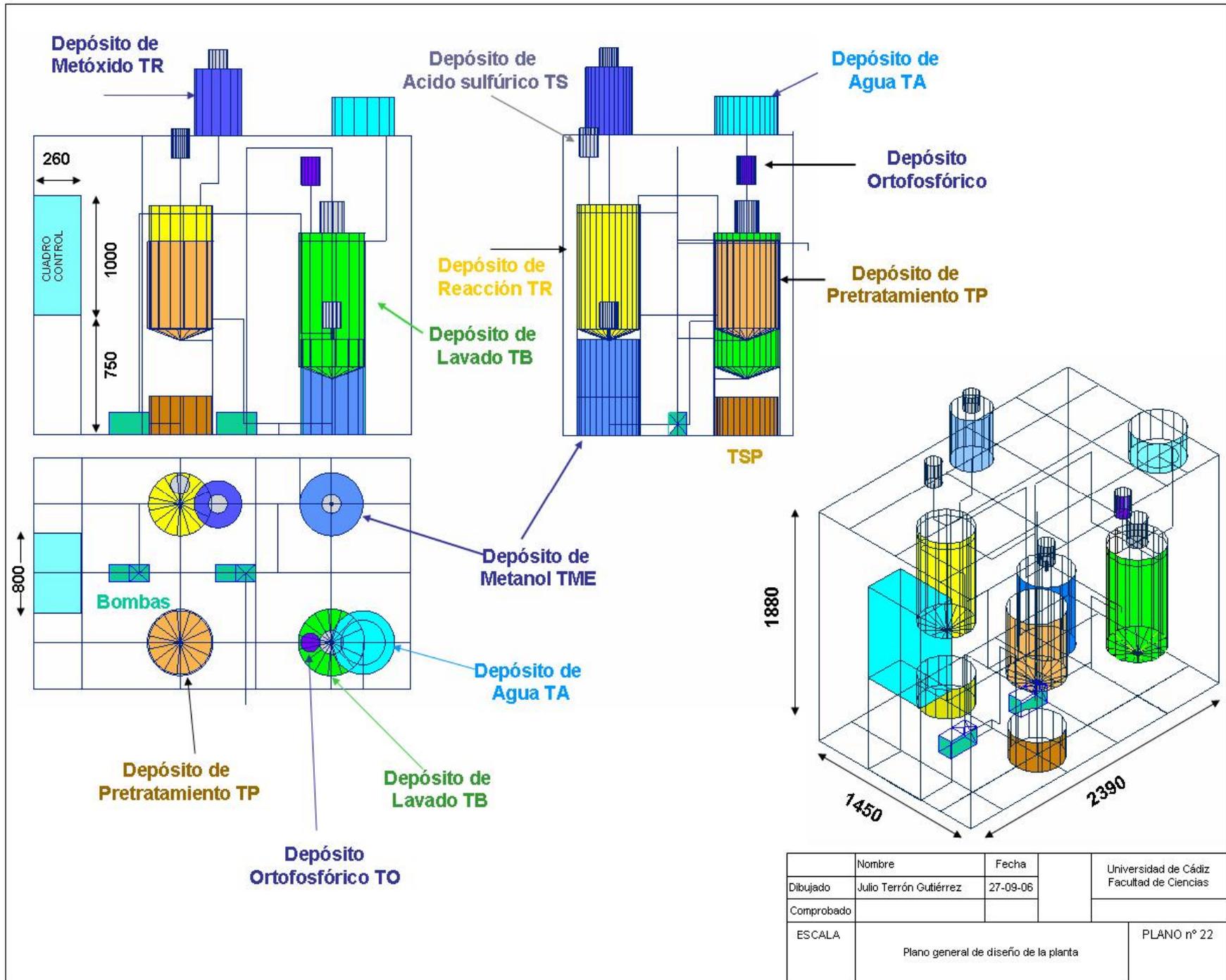
**Contactos auxiliares  
Interruptores**

Interruptor Diferencial Proceso	IDIFP1	E	3.12
Interruptor magnetotérmico P.	IMGP	E	3.13
Interruptor magnetotérmico M.	IMGGM	E	3.14
Interruptor magnetotérmico CP	IMCPC	E	11.2
Interruptor Diferencial Mando	IDIFP2	E	3.11

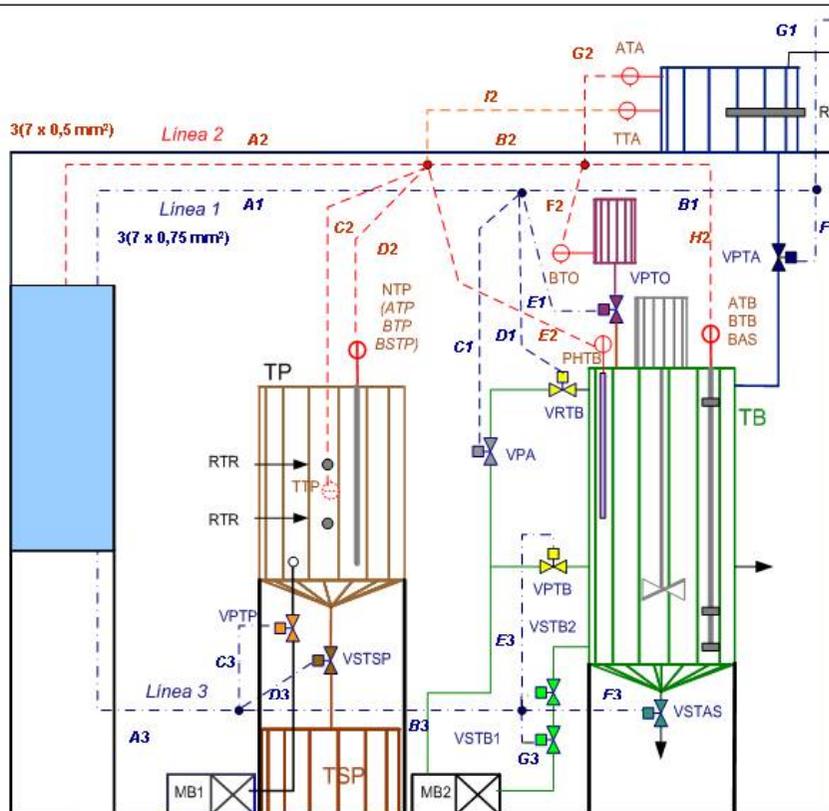
Bomba B1	CMB1	E	5.3
Resistencia calefactora TP	CRTP	E	5.4
Bomba B2	CMB2	E	5.5
Resistencia calefactoraTR	CRTR	E	5.6
Mezclador TB	CMMTB	E	5.7
Mezclador TMX	CMMTMX	E	5.8
Bomba B3	CMB3	E	5.9
Resistencia calefactora TA	CRTA	E	5.10

Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	27-09-06	
Comprobado		
ESCALA	Diagrama unifilar de alimentación, protección eléctrica y contactores	PLANO nº 20



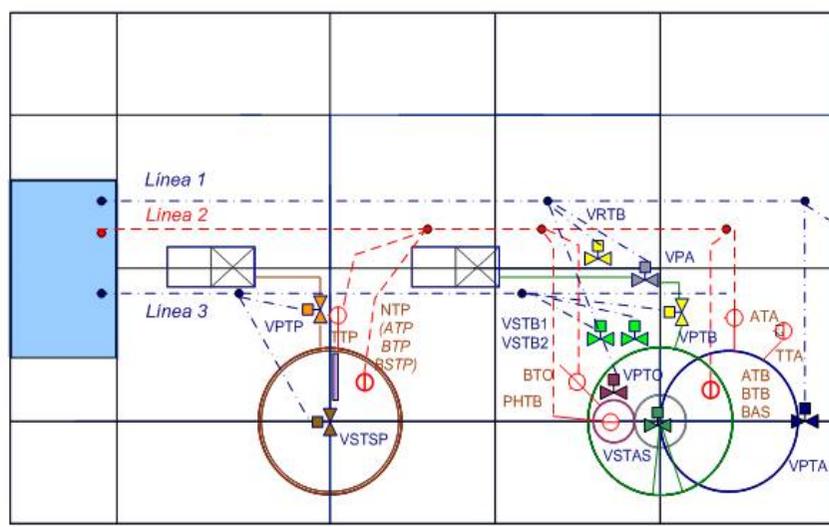
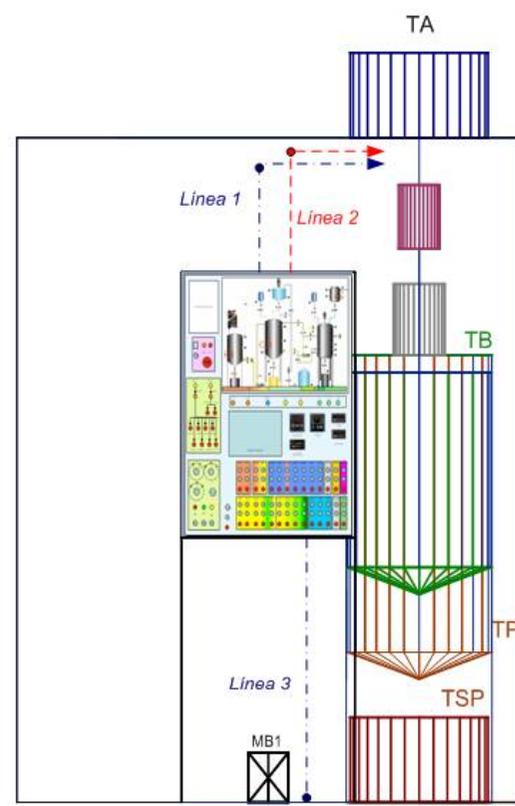


	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano general de diseño de la planta		PLANO nº 22



LINEA 2	
A2	3x ( 7 x 0,5mm <sup>2</sup> )
B2	2x ( 7 x 0,5mm <sup>2</sup> )
C2	1x ( 3 x 0,5mm <sup>2</sup> )
D2	1x ( 3 x 0,5mm <sup>2</sup> )
E2	1x ( 2 x 0,5mm <sup>2</sup> )
F2	1x ( 2 x 0,5mm <sup>2</sup> )
G2	1x ( 2 x 0,5mm <sup>2</sup> )
H2	1x ( 4 x 0,5mm <sup>2</sup> )
I2	1x ( 3 x 0,5mm <sup>2</sup> )

LINEA1	
A1	3x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )
B1	2x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )
C1	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
D1	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
E1	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
F1	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
G1	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )

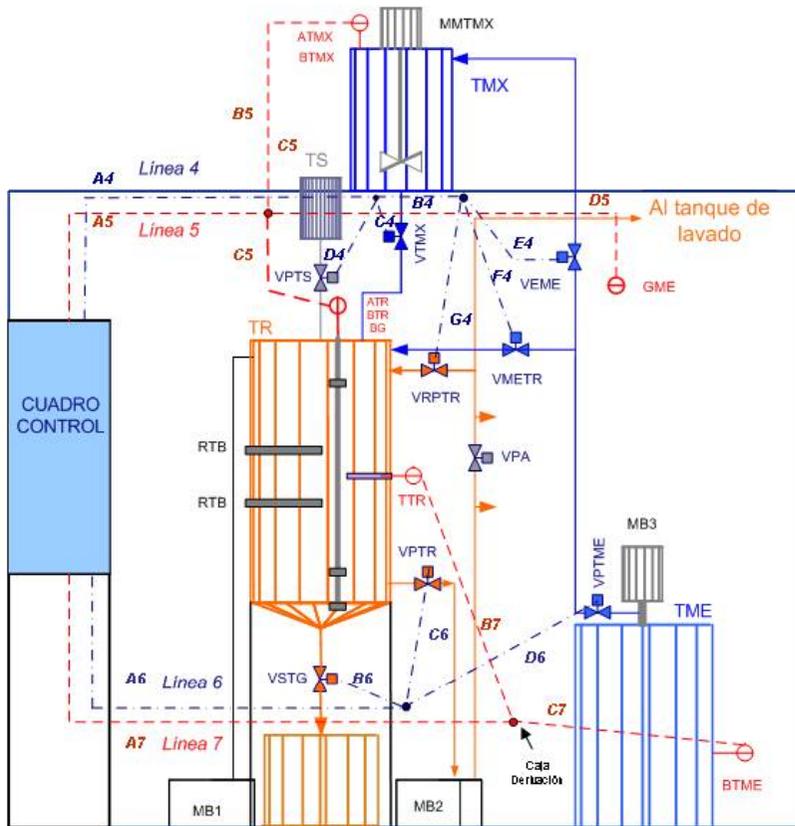


LINEA3	
A3	3x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )+ 1x(4 x 0,75 mm <sup>2</sup> )
B3	2x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )+ 1x(4 x 0,75 mm <sup>2</sup> )
C3	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
D3	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
E3	1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> )
F3 y G3	2x(1x ( 4 x 0,75mm <sup>2</sup> ))

CONDUCTOR No.	COLOR BASE	COLOR DEL BRAZO
1	Negro	-
2	Rojo	-
3	Azul	-
4	Naranja	-
5	Amarillo	-
6	Cafe	-
7	Rojo	Negro
8	Azul	Negro
9	Naranja	Negro

Los cables van bajo tuvo de PVC roscado y estanco y serán de los colores indicados en la tabla..

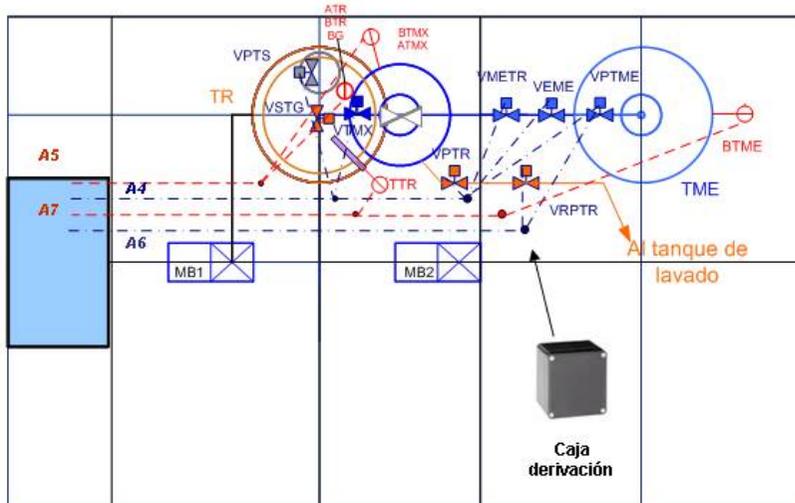
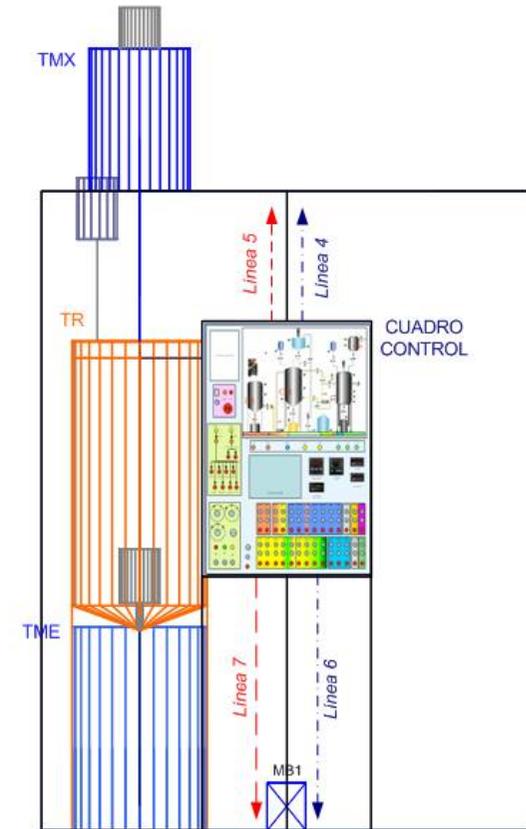
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de acometida nº 1 de sensores y válvulas desde cuadro de control		PLANO nº 23



LINEA 5 (Sensores)	
A5	3x ( 4 x 0,5mm2)
B5	1x ( 3 x 0,5mm2)
C5	1x ( 4 x 0,5mm2)
D5	1x ( 2 x 0,5mm2)

LINEA 7	
A7	1x ( 7 x 0,5mm2)
B7	1x ( 3 x 0,5mm2)
C7	1x ( 2 x 0,5mm2)

LINEA 6	
A6	2x ( 7 x 0,75mm2)
B6	1x ( 4 x 0,75mm2)
C6	1x ( 4 x 0,75mm2)
D6	1x ( 4 x 0,75mm2)



LINEA 4 (Válvulas)	
A4	3x ( 7 x 0,75mm2)
B4	2x ( 7 x 0,75mm2)
C4	1x ( 4 x 0,75mm2)
D4	1x ( 7 x 0,75mm2)
E4	1x ( 4 x 0,75mm2)
F4	1x ( 4 x 0,75mm2)
G4	1x ( 4 x 0,75mm2)



Cableado Instrumentación

	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Julio Terrón Gutiérrez	27-09-06	
Comprobado			
ESCALA	Plano de acometida nº 2 de sensores y válvulas desde cuadro de control		PLANO nº 24

# **V. PLIEGO DE CONDICIONES**

# INDICE PLIEGO DE CONDICIONES

Pag.

<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
1.1. Condiciones generales.....	1
1.2 Documentos que definen las obras .....	1
<b>2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS .....</b>	<b>1</b>
2.1 Dirección Técnica.....	1
2.1.1 Facultades de la dirección técnica.....	2
2.2 Obligaciones del contratista.....	3
<b>3. INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>4. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5. COPIAS DE DOCUMENTOS .....</b>	<b>6</b>
<b>6. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>7. LIBRO DE ÓRDENES.....</b>	<b>6</b>
<b>8. OBRAS Y SU EJECUCIÓN .....</b>	<b>6</b>
8.1. Trabajos preparatorios .....	6
8.2. Comprobación del replanteo .....	7
8.2.1. Fijación de los puntos de replanteo .....	7
8.2.2. Programación de los trabajos .....	7
8.3. Plazos de ejecución .....	8
8.4. Desarrollo y control de los trabajos .....	8
8.4.1. Equipos de maquinaria .....	8

8.4.2. Ensayos .....	8
8.4.3. Materiales .....	9
8.4.4. Acopios .....	10
8.4.5. Trabajos defectuosos o no autorizados .....	10
8.4.6. Precauciones especiales .....	10
8.4.7. Personal técnico .....	11
<b>9.- RECEPCIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>11</b>
9.1. Recepción provisional .....	11
9.2. Plazo de garantía .....	12
9.3. Recepción definitiva .....	12
<b>10.- CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....</b>	<b>12</b>
10.1. Percepción económica del contratista .....	12
10.2. Precios unitarios .....	12
10.3. Fijación de precios unitarios no contratados .....	13
10.4. Variaciones en los precios unitarios .....	13
10.5. Obras complementarias, cambios de materiales .....	14
10.6. Valoración y abono de los trabajos.....	14
10.6.1. Forma de abono de las obras.....	14
10.6.2. Abono de unidades de obra ejecutadas.....	14
10.6.3. Relaciones valoradas y certificaciones.....	14
10.6.4. Liquidaciones parciales.....	15
10.6.5. Liquidación general.....	15
10.6.6. Pagos.....	15
10.6.7. Suspensión o retraso en el ritmo de los trabajos.....	15
<b>11.- CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL .....</b>	<b>15</b>
11.1. Normativa general de aplicación.....	15
11.2. El contrato.....	16
11.3. Arbitraje obligatorio.....	17
11.4. Jurisdicción competente.....	17
11.5. Causas de rescisión del contrato.....	17

<b>12.- CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....</b>	<b>18</b>
12.1.Descripción de las obras de automatización comprendidas.....	18
12.2.- Condiciones para los materiales y equipos.....	19
12.2.1. Condiciones generales.....	19
12.2.2. Condiciones para las soldaduras.....	19
12.2.3. Condiciones para los equipos de control.....	20
12.2.4. Condiciones del cuadro general de la planta piloto.....	20
12.2.5. Elementos de alimentación, fuerza y protección eléctrica.....	27
12.2.6. Sensores. ....	29
12.2.7. Preactuadores y actuadores.....	32
12.2.8. Electroválvulas.....	34
12.2.9. Acometida a elementos de operación.....	34
<b>13.- PRUEBAS FUNCIONALES Y PLAN DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>40</b>
13.1. Verificación y recepción del material.....	40
13.2. Prueba de puesta en servicio de los equipos y sistemas.....	40
13.2.1. Funcionamiento de sensores.....	41
13.2.2. Instalación de acometida a sensores y actuadores.....	41
13.2.3. Instalación eléctrica de fuerza.....	42
13.2.4. Equipos de control.....	43
13.2.5. Comprobación de maniobras.....	45
13.3. Mantenimiento de los equipos.....	45
13.4. Sustitución de aparatos en caso de avería.....	46

## **1. OBJETIVOS**

El objetivo del presente pliego es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras al que se refiere el Proyecto de Automatización de Planta Piloto Móvil para Producción de Biodiesel. En este Pliego se señalan los criterios generales que serán de aplicación, contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, se describen las obras comprendidas, las normas que han de seguirse, las pruebas previstas para las recepciones, las formas de mediciones y las garantías.

### **1.1. CONDICIONES GENERALES**

Se aplicará el presente pliego a todas las obras y materiales de todo tipo necesarios en la ejecución de la Automatización de la Planta Piloto de Biodiesel. Cualquier duda de cualquier tipo en la interpretación del presente pliego será resuelta por el Director de Obra. El Contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el pliego.

### **1.2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS**

El presente pliego, conjuntamente con los otros documentos que definen las obras, memoria, anexos, planos, mediciones, pliego de condiciones, cuadro de precios y presupuesto, forman el proyecto que servirá de base para la ejecución de las obras.

## **2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS**

### **2.1 DIRECCIÓN TÉCNICA**

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá sobre un Ingeniero nombrado por la propiedad en su representación.

### 2.1.1 FACULTADES DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA

De forma general el Director de Obra será responsable de la inspección, vigilancia y ejecución del contrato y asumirá la representación de la Propiedad frente al Contratista. Las funciones del Ingeniero Director de Obra serán las siguientes:

- *Garantizar la ejecución* de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.
- *Definir aquellas condiciones técnicas* que en el presente pliego de condiciones se dejen a su decisión, y resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- *Estudiar las incidencias o problemas* planteados en las obras que impidan el formal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- *Aceptación de los materiales:* Los materiales serán reconocidos antes de montaje obra, sin cuya aprobación no podrán utilizarse en la planta.
- *Contradicciones, omisiones y errores:* En caso de contradicciones entre planos y el pliego de prescripciones técnicas, prevalecerá lo especificado en el último. Lo mencionado en el pliego y omitido en planos y viceversa, habrá que ser aceptado como si estuviese en ambos documentos. En todo caso las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el Director o Contratista deberán reflejarse en el acta de comprobación.
- *Asumir personalmente* bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual, el Contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de la obra.
- *Reformas en el proyecto:* Si durante el curso de las obras el Ingeniero Director estimase conveniente introducir modificaciones en el proyecto, el Contratista estará obligado a realizarlas, abonándose la parte que resulte con arreglo a los precios del Proyecto.
- *Acreditar al Contratista las obras realizadas* conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.
- *Participar en las recepciones provisionales y definitivas* y redactar la liquidación de las obras conforme a las normas legales establecidas.

## **2.2 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA**

Las presentes condiciones son de obligado cumplimiento por el Contratista a quien se adjudique la obra, el cual debe hacer constar que las conoce y que se compromete a cumplirlas.

### **a) Personal:**

Todos los trabajos han de ejecutarse con personal cualificado. De las obras que se hayan contratado el único responsable será el Contratista, no teniendo derecho de indemnización, por errores cometidos.

### **b) Desperfectos:**

Todos los gastos ocasionados por los desperfectos correrán por cuenta del Contratista.

### **c) Obligaciones no especificadas:**

Es obligación del Contratista ejecutar cuanto sea necesario para la terminación completa, buena ejecución y aspectos de las obras, aunque algún detalle complementario no se halle expresamente determinado en estas condiciones.

### **d) Documentos que puede reclamar el Contratista:**

El Contratista podrá sacar a sus expensas copias de los documentos, cuyos originales le serán suministrados por el Ingeniero Director, el cual autorizará con su firma las copias.

### **e) Seguros:**

El Contratista estará asegurado en Compañía solvente para cubrir todos los accidentes que ocurran en la obra.

**f) Gastos por cuenta del Contratista.**

Serán de cuenta del Contratista, siempre que en el contrato no se prevea explícitamente lo contrario, los siguientes gastos:

- Los de realización y retirada de toda clase de medios auxiliares.
- Los de protección de los materiales y de la planta contra todo deterioro.
- Los de limpieza y evacuación de desperdicios de basuras.
- Los de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

**g) Representación del Contratista**

Desde que se dé principio a los trabajos, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un Jefe de Obra como representante suyo autorizado que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este Jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para recibir notificaciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten, y también para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la dirección facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a sus representantes y personal cualificado deberá comunicarse a la Dirección Facultativa.

**h) Presencia del Contratista en la obra**

El Contratista, por sí o por medio de sus facultativos representantes o encargados estará en la instalación durante el trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que haga a la planta.

**i) Información del Contratista a subcontratas e instaladores:**

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las diferentes subcontratas e instaladores para que su labor se ajuste al proyecto. En cualquier caso el Contratista será el único responsable de las variaciones o errores que se hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

**i) Accidentes de trabajo. Seguridad:**

El Contratista está obligado a cumplir la legislación vigente en materia de seguro contra riesgo de accidentes para su personal.

El Contratista y la dirección de obra fijarán de antemano las condiciones de seguridad en las que se llevarán a cabo los trabajos objeto del presente proyecto, así como las pruebas, ensayos, inspecciones y verificaciones necesarias, que en cualquier caso deberán ser, como mínimo, las prescritas por los reglamentos actuales vigentes.

Por otra parte, el Contratista será responsable de suministrar al personal a su cargo los equipos necesarios para que éste trabaje en las condiciones de seguridad adecuadas. Asimismo, serán responsabilidad del Contratista los posibles daños causados en las instalaciones, ocasionados por personas ajenas a la planta. Son de exclusiva responsabilidad del Contratista todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios.

**3. INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Si alguna parte del sistema de automatización no quedara suficientemente especificada en esta documentación, a juicio de la contrata o de la propiedad, no se realizará hasta que la Dirección Facultativa diera las indicaciones precisas y concretas para su ejecución.

**4. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, los documentos con su firma a enterado, que figurará asimismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba.

## **5. COPIAS DE DOCUMENTOS**

El Contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los documentos del proyecto. La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas. En el lugar de trabajo de la planta siempre se encontrará una copia completa del proyecto.

## **6. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes efectuadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida a la Dirección Facultativa.

## **7. LIBRO DE ÓRDENES**

La dirección técnica tendrá siempre y a disposición de la Dirección Facultativa un "Libro de Órdenes", con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio oficial.

## **8. OBRAS Y SU EJECUCIÓN**

### **8.1. TRABAJOS PREPARATORIOS**

Los trabajos preparatorios para el inicio de la implementación consistirán en:

- Comprobación del replanteo.
- Fijación y conservación de los puntos del replanteo.
- Programación de los trabajos.

## **8.2. COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO**

Antes de la adjudicación definitiva se comprobarán, en presencia del adjudicatario o de su representante, los replanteos de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose la correspondiente acta de comprobación del replanteo, que reflejará la conformidad o la disconformidad del replanteo respecto a los documentos del proyecto.

Cuando el acta de comprobación del replanteo refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto, valorado a los precios del contrato.

### **8.2.1. FIJACIÓN DE LOS PUNTOS DE REPLANTEO**

La comprobación del replanteo deberá incluir como mínimo los datos y referencias previstos para poder materializar los trabajos, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalles y de otros elementos que puedan estimarse precisos.

Los puntos de referencia para los sucesivos replanteos se marcarán con los medios adecuados para evitar su desaparición. Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anexo al acta de comprobación del replanteo, el cual se unirá al expediente de los trabajos, entregándose una copia al Contratista, que se responsabilizará de la conservación de las señales de los puntos que hayan sido entregados.

### **8.2.2. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**

En el plazo que se determine a partir de la aprobación del acta de comprobación del replanteo, el adjudicatario presentará el programa de trabajos de las obras. Dicho programa de trabajo incluirá los siguientes datos:

- Fijación de las clases de trabajos que integran el proyecto e indicación de las mismas.
- Determinación de los medios necesarios (instalaciones, equipos y materiales).
- Valoración semanal y acumulada de la obra, programada sobre la base de los precios unitarios de adjudicación.
- Representación gráfica de las diversas actividades, en un diagrama espacio - tiempo.

### **8.3. PLAZOS DE EJECUCIÓN**

El Contratista se compromete a terminar el sistema de automatización en la fecha acordada en dicho acta.

### **8.4. DESARROLLO Y CONTROL DE LOS TRABAJOS**

Para el mejor desarrollo y control de los trabajos, el adjudicatario seguirá las normas que se indican en los apartados siguientes.

#### **8.4.1. EQUIPOS DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS**

El Contratista quedará obligado a usar las herramientas que se considere necesario para el correcto desarrollo de las mismas. Dichos equipos deberán ser aprobados por el Director, que deberán estar en perfectas condiciones de funcionamiento.

#### **8.4.2. ENSAYOS**

El número de ensayos y su frecuencia, tanto sobre materiales como unidades de obras terminadas, será fijado por el Ingeniero Director, y se efectuarán con arreglo a las normas afectantes a cada unidad de obra, o, en su defecto, con arreglo a las instrucciones que dicte el Director.

El adjudicatario abonará el costo de los ensayos que se realicen, que no podrán superar el 1 % del presupuesto de adjudicación.

El Contratista está obligado a realizar su autocontrol de la calidad, mediante ensayos. Se entiende que no se comunicará a la Dirección de Obra que una unidad de obra está terminada a juicio del Contratista para su comprobación hasta que el mismo Contratista, mediante su personal facultativo para el caso, haya hecho sus propias comprobaciones y ensayos y se haya asegurado de cumplir las especificaciones.

Así, el Contratista está obligado a disponer de los equipos necesarios para dichas mediciones y ensayos.

### **8.4.3. MATERIALES**

Todos los materiales que se utilicen en las obras deberán cumplir las condiciones que se establecen en el pliego de condiciones, pudiendo ser rechazados en caso contrario por el Ingeniero Director. Por ello, todos los materiales que se propongan ser utilizados en obra deben ser examinados y ensayados antes de su aceptación en primera instancia mediante el autocontrol del Contratista y, eventualmente, con el control de dirección de obra.

Cuando la procedencia de los materiales no esté fijada en el pliego de prescripciones técnicas, los materiales requeridos para la ejecución del contrato serán fijados por el Contratista de las fuentes de suministro que este estime oportuno.

El Contratista notificará al Director, con la suficiente antelación, los materiales que se propone utilizar y su procedencia, aportando, cuando así lo solicite el Director, las muestras y los datos necesarios para su posible aceptación, tanto en lo que se refiere a su cantidad como a su calidad.

#### **a) Manipulación de materiales**

Todos los materiales se manipularán con cuidado, y de tal modo que se mantengan su calidad y aptitud para la obra.

#### **b) Inspección de la planta**

Si el trabajo realizado lo justifica, el Director de Obra puede proceder a la inspección del material o de los artículos manufacturados en sus respectivas fuentes.

#### **c) Inspección de los materiales**

Con objeto de facilitar la inspección y prueba de los materiales, el Contratista notificará al Director de Obra con una semana como mínimo de antelación a la entrega.

#### **d) Materiales defectuosos**

Todos los materiales que no se ajusten a los requisitos del pliego de condiciones se considerarán defectuosos y, por tanto, se retirarán inmediatamente del lugar de la obra, a menos que el Ingeniero ordene lo contrario. Los materiales rechazados, cuyos defectos se hayan corregido substancialmente, no se utilizarán mientras no se les haya otorgado la aprobación.

#### **8.4.4. ACOPIOS**

Quedará terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del Director, efectuar acopio de materiales, en la planta y en aquellas zonas marginales que defina el Director. Igualmente se considera especialmente prohibido el depositar materiales, herramientas, maquinaria, escombros o cualquier otro elemento no deseable en las mismas zonas marginales.

Los materiales se almacenarán en forma tal que se asegure la preservación de su calidad para su utilización, requisito que deberá de ser comprobado en el momento su utilización.

Las superficies empleadas en la zona de acopios deberán acondicionarse de forma que, una vez terminada su utilización, recuperen su aspecto original. Todos los gastos que de ello se deriven correrán por cuenta del Contratista.

#### **8.4.5. TRABAJOS DEFECTUOSOS O NO AUTORIZADOS**

Los trabajos defectuosos no serán de abono, debiendo ser desmontados por el Contratista y rehechos en el plazo de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

Si alguna obra no se hallase ejecutada con arreglo a las condiciones del contrato y fuera, sin embargo, admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, podrá ser recibida provisionalmente, y definitivamente en su caso, quedando el adjudicatario obligado a conformarse, sin derecho a reclamación, con la rebaja económica que el Ingeniero Director estime.

#### **8.4.6. PRECAUCIONES ESPECIALES**

El equipo que no necesite revisión o inspección previa a su instalación no será desembalado hasta el momento de la misma, y se protegerá el equipo desembalado de posibles daños. En cuanto a posibles incendios, el Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios, y a las recomendaciones u órdenes que reciba del Director. En todo caso, adoptará las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios.

No obstante lo anterior, el Contratista podrá exigir el asesoramiento de un técnico de seguridad competente, elegido por la Dirección, en todos los casos en los que lo estime

conveniente, y, particularmente, en aquellos en los que el riesgo de producción de incendio sea más elevado (soldadura, corte con soplete, etc.).

#### **8.4.7. PERSONAL TÉCNICO**

El Contratista está obligado a dedicar a los trabajos el personal técnico a que se comprometió en la licitación. El personal así designado no será asignado a otras obligaciones mientras duren los trabajos. Por otra parte, el personal a cargo del Contratista deberá estar lo suficientemente cualificado para la realización de los trabajos. Es responsabilidad del Contratista, por lo tanto, cualquier retraso derivado de la incompetencia o ignorancia del personal a su cargo.

El Director podrá prohibir la presencia en la zona de trabajos de determinado personal del Contratista por motivo de falta de obediencia o respeto, o por causa de actos que comprometan o perturben, a su juicio, la seguridad, integridad o marcha de los trabajos, y el Contratista podrá recurrir, si entendiéndose que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

### **9. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS**

#### **9.1. RECEPCIÓN PROVISIONAL**

Una vez terminados los trabajos, se procederá al examen global por parte del Director, el cuál, si los considera aptos para ser recibidos, extenderá un acta donde así lo haga constar, precediéndose inmediatamente a la puesta en marcha y entrada en funcionamiento normal de las instalaciones.

En ningún caso la recepción provisional tendrá lugar antes de las pruebas especificadas en este pliego.

Teniendo en cuenta lo anterior, la obra no podrá ponerse en funcionamiento por partes desde su inicio, a menos que, a juicio del Ingeniero Director, no se perjudique la integridad de la instalación. Si el Ingeniero Director apreciase en las obras defectos de calidad u otras

imperfecciones que, a su juicio, pudieran resultar perjudiciales o poco convenientes, el Contratista deberá reparar o sustituir, a su costa, dichas partes o elementos no satisfactorios.

## **9.2. PLAZO DE GARANTÍA**

Será de un año, contado a partir de la fecha de recepción provisional, salvo indicación contraria expresa en el pliego de contratación de la obra. Durante dicho periodo, las posibles obras de reparación, conservación y sustitución serán por cuenta del Contratista, siendo este responsable de las faltas que puedan existir.

En consecuencia, si se observan vicios o imperfecciones antes de efectuarse la recepción, se dispondrá que el Contratista bien repare, de su cuenta, las partes defectuosas.

## **9.3. RECEPCIÓN DEFINITIVA**

Transcurrido el plazo de garantía, y previo a los trámites reglamentarios, se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras, siempre que se hayan superados las pruebas y el sistema tenga el funcionamiento normal esperado en el proyecto.

# **10. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

## **10.1. PERCEPCIÓN ECONÓMICA DEL CONTRATISTA**

Como base fundamental de estas "condiciones generales de índole económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de los trabajos realizados, siempre que éstos se hayan ejecutado con arreglo y sujeción al proyecto.

## **10.2. PRECIOS UNITARIOS**

Todos los materiales que intervengan en la construcción de las obras objeto de este proyecto (aun en el caso de aumento de las unidades especificadas o unidades que puedan aparecer) serán de cuenta del Contratista, no admitiéndose por tanto ningún aumento por este concepto.

A efectos de propuesta y plazo, el Contratista no debe contar con los suministros de terceros, comprometiéndose a construir o instalar todos los materiales o equipos necesarios para la terminación de los trabajos en el plazo señalado.

Se entiende que el Contratista asume el desglose de precios aportados en este proyecto en el apartado de presupuesto y que abarcan los siguientes conceptos:

- a) Materiales, expresado en las Mediciones.
- b) Precio unitario expresado en Cuadro de Precios.
- c) Mano de obra directa la indirecta como transporte de materiales, porcentaje de gastos de medios auxiliares y de seguridad, porcentaje de seguros sociales y cargas vigentes.
- d) Tanto por ciento de gastos generales, sobre la suma de los conceptos anteriores.
- e) Tanto por ciento de beneficio industrial del Contratista, aplicado a la suma total de los conceptos anteriores.

### **10.3. FIJACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS NO CONTRATADOS**

Los precios de unidades de obra, de los materiales, así como de la mano de obra que no figure entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista.

El Contratista los presentará descompuestos de acuerdo con lo establecido anteriormente siendo condición necesaria la presentación y aprobación de estos precios por la Dirección antes de proceder a ejecutar las unidades de obra correspondientes. En el caso de que transcurrido el plazo señalado por la Dirección de su ejecución, sin presentación supone que el Contratista acepta los que la Dirección posteriormente fije.

### **10.4. VARIACIONES EN LOS PRECIOS UNITARIOS**

En el caso de altas o bajas oficiales en el precio de los materiales, mano de obra o de cualquier otro concepto que modifique los precios unitarios base, el Contratista tiene la obligación de comunicar en la fecha de dicha variación, por duplicado, a la Dirección Facultativa y al propietario dichas valoraciones, así como una valoración exacta hasta el día citado de la obrar ejecutada con su importe.

El Contratista sólo tendrá derecho a las alzas oficiales de mano de obra del personal que intervenga directamente en la obra o instalación, no afectando a la mano de obra de preparación de materia prima o detalles.

## **10.5. OBRAS COMPLEMENTARIAS - CAMBIOS DE MATERIALES**

El Ingeniero Director, podrá si así lo considera necesario, ordenar obras complementarias no especificadas en los pliegos de condiciones ni en los presupuestos, pero que son necesarias para la buena terminación de las mismas. Todos los trabajos se abonarán por medición. Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Ingeniero Director, emplease materiales de mayor precio que el señalado en el proyecto e introdujese alguna modificación que a juicio de la Dirección sea beneficiosa, o por no tener el material necesario ponga mayor cantidad, no tendrá derecho a percibir ninguna diferencia de precios, sino solamente lo estipulado en el presupuesto adjudicado.

## **10.6. VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

### **10.6.1. FORMA DE ABONO DE LAS OBRAS**

La forma de pago será la que se acuerda en el documento privado que firmen la Propiedad y el Contratista.

### **10.6.2. Abono de unidades de obra ejecutadas**

El Contratista, deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue la Dirección Facultativa, siempre dentro de las cifras a que ascienden los presupuestos aprobados.

### **10.6.3. Relaciones valoradas y certificaciones**

En cada una de las fechas que estipule el documento privado o contrato entre propiedad y Contratista, éste último presentará a la Dirección Facultativa una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos.

#### **10.6.4. Liquidaciones parciales**

Periódicamente el Contratista tendrá derecho a percibir una cantidad proporcional a la obra ejecutada en aquel período. A la vista del calendario de obra, se fijará el alcance de cada uno de los períodos y las cantidades a percibir al final de ellos.

#### **10.6.5. Liquidación general**

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general, que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyan la obra.

#### **10.6.6. Pagos**

Los pagos se efectuarán por el propietario al Contratista en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra expedidas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### **10.6.7. Suspensión o retraso en el ritmo de los trabajos**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse. Cuando el Contratista proceda de dicha forma, podrá el propietario rescindir la contrata.

### **11. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL**

#### **11.1. NORMATIVA GENERAL DE APLICACIÓN**

En este apartado se enumera la normativa actualmente vigente y que deberá cumplirse en la realización del presente proyecto es la siguiente:

- **Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos** (R.D.668/1980 de 8-2-80, y R.D. 3485/1983 de 14-12-83).

- **Almacenamiento de Líquidos Inflamables y Combustibles.** Instrucción Técnica Complementaria MIÉ APQ-001.
- **Almacenamiento de Líquidos Corrosivos.** Instrucción Técnica Complementaria MIÉ APQ-006.
- **Reglamento electrotécnico para baja tensión.** REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Incluye el suplemento y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- **Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos .** REAL DECRETO 833/1988 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (En vigor parcialmente). España.
- **Protección contra incendios.** REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- **Reglamento de Seguridad en Máquinas** (R.D. 1495/1986)
- **Ley de Prevención en Riesgos Laborales.** REAL DECRETO 2177/2004, del 12 de noviembre, por el que se modifica el REAL DECRETO 1215/1997, del 18 de julio.
- **Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo**
- **Prescripciones Particulares para las Instalaciones de Locales con Riesgo de Incendio o Explosión** Instrucción Técnica Complementaria MIE BT-026 .
- **UNE 157001 Criterios generales para la elaboración de proyectos Febrero 2002.** Indica los pasos básicos a seguir para la realización de un proyecto.
- **Directiva ATEX 94/09/CE.** Utilización de material eléctrico en atmósferas explosivas

Asimismo, se considerará de aplicación cualquier norma o disposición que modifique o complemente las citadas.

## 11.2. EL CONTRATO

El contrato se formalizará mediante documento privado o público según convengan las partes, Propiedad y Contratista, y en él se especificarán las particularidades que

convengan a ambos. El Contratista y la Propiedad previamente firmarán el presente pliego obligándose a su cumplimiento, siendo nulas las cláusulas que se opongan o anulen disposiciones del mismo.

La ejecución de las obras se contratará por unidades de obra, ejecutadas con arreglo a los documentos del proyecto. Se admitirán subcontratas con firmas especializadas, siempre que estén dentro de los precios que fije el presupuesto del proyecto.

### **11.3. ARBITRAJE OBLIGATORIO**

Ambas partes se comprometen a someterse al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el propietario, otro por contrata y tres Ingenieros colegiados, uno de los cuales será forzosamente el Director de obra.

### **11.4. JURISDICCIÓN COMPETENTE**

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como derivadas de su contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente.

### **11.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO**

- a) Si por negligencia o por cualquier otra causa, no cumpliera el Contratista con alguna de las condiciones fijadas en este pliego de condiciones.
- b) Cuando sea probado por la Dirección que el Contratista hubiera procedido de mala fe o ignorancia con el suministro de materiales o en la ejecución de las obras.
- c) Cuando se llevara en el desarrollo de la obra una lentitud perjudicial para la buena marcha y terminación de las mismas.
- d) Cuando el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas.
- e) En caso de muerte o incapacidad del Contratista.
- f) En caso de quiebra del Contratista.
- g) Las modificaciones del proyecto en tal forma que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Ingeniero y en cualquier caso siempre que

la variación del presupuesto de ejecución como consecuencia de estas modificaciones representen en más o en menos el 25 % como mínimo del importe de aquél.

- h) Las suspensiones de obra comenzadas y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 15 días a partir de la adjudicación, en este caso la devolución de la fianza, en caso de existir, será automática.
- i) La suspensión de obras comenzadas, siempre que el plazo de suspensión, haya excedido más de un año.
- j) El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
- k) La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haber llegado a ésta.
- l) El abandono de la obra sin causa justificada.

## **12. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

### **12.1. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE AUTOMATIZACIÓN COMPRENDIDAS**

Las obras que comprende este proyecto son las necesarias para la automatización de las maniobras de producción de biodiesel en una planta piloto a partir de aceites usados y nuevos. En general son las obras comprendidas en la memoria descriptiva y que resumidas son:

Automatización del prototipo de planta mediante autómatas programables (PLC) y elementos digitales externos como controladores y temporizadores, colocación y acometida bajo tubo protector de elementos de campo como sensores y actuadores, programación en lenguaje de contactos de las maniobras necesarias, realización del cuadro general de mando control y protección eléctrica, e instrucciones de manejo en producción normal, emergencias y paros de maniobra. Así mismo la protección y alimentación eléctrica de los equipos y sistemas de control. Finalmente las pruebas de funcionamiento y ajuste de parámetros de programación y sensores.

Las obras se ajustarán a los planos y a este pliego de condiciones, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir, por Ingenieros Directores de la obra. Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerará parte integrante del proyecto primitivo, y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se le opongan explícitamente.

## **12.2. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES Y EQUIPOS**

### **12.2.1. CONDICIONES GENERALES**

Las características de los materiales y equipos serán las expresadas en los subapartados que siguen, pudiendo la Dirección Técnica desechar aquellos que a su juicio no las reúnan.

No podrán ser en ningún caso distintos en sus características a los tipos proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización de la Dirección de Obra, la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estime oportunas.

En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas: a) Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización. b) Marca y modelo. c) Tensión y potencia (o intensidad) asignadas. d) Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.

### **12.2.2. CONDICIONES PARA LAS SOLDADURAS**

En las partes de la instalación en que deban llevarse a cabo procesos de soldadura a tope, se instalarán durante el proceso de soldado anillos de protección, y se evitará en todo momento que penetren en el interior de las partes a soldar cascarillas y salpicaduras de soldadura.

### **12.2.3. CONDICIONES PARA LOS EQUIPOS DE CONTROL**

Los equipos y materiales de automatización y de control nombrados a continuación serán de la casa OMRON y del modelo y características técnicas especificadas en la memoria descriptiva y en los anexos y del presente proyecto.

- Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN
- Unidad entrada digital CJ1W-ID211
- Unidad salida digital CJ1W-OC211
- Unidad entrada analógica CJ1W-AD081
- Fuente alimentación del PLC CJ1W-PD025
- Unidad control de E/S CJ1W-IC101
- Unidad interfaz de E/S CJ1W-II101
- Controlador ON-OFF : E5CSV-R1TD-500
- Controlador PID E5CN-Q2MT-500
- Relé estado sólido G3PA-220B-VD-5-24cc y cartucho G32A-A20-VD
- Temporizador-contador H8GN-AD
- Visualizador K3GN-ND-2 24 VDC
- Software CX PROGRAMMER de programación PLC: WS02-CXPC1-EV

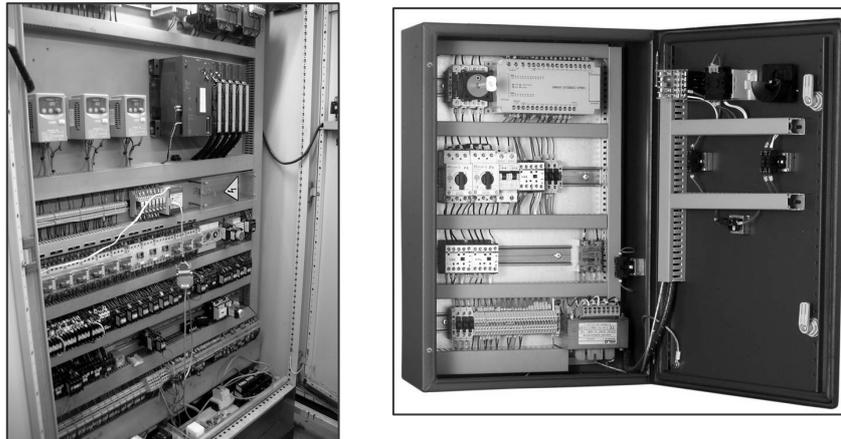
### **12.2.4. CONDICIONES DEL CUADRO GENERAL DE LA PLANTA PILOTO**

De forma general todos los elementos de señalización, mando, control y protección irán alojados en un cuadro metálico, hermético con juntas de goma, de las dimensiones de 100\*80\*26 cm. (Ver plano 22) Estos elementos de control y irán colocados sobre carril DIN y éste fijado con tortillería al panel calado de fondo del cuadro.

#### **A) ARMARIO**

El cuadro donde se instalarán los autómatas deberá ser de un material resistente como el acero al carbono o acero inoxidable. En cualquiera de los casos, el cuadro debe tener un nivel mínimo de protección IP 68 y estanco.

**Figura 12.1: Ejemplo de instalación de autómeta en armario**



Su lugar de implantación es el indicado en el plano nº 22, a una distancia de 75 cm del suelo desde su base. Será de apertura frontal y estará formada por planchas de 2 a 4 mm de espesor. El cuadro llevará símbolo de riesgo de electricidad.

El cuadro se fijará a los perfiles de sustentación en la planta piloto mediante tacos metálicos que aseguren un perfecto anclaje. El panel tendrá puertas de bisagra que podrán abrirse sin desmontar ningún instrumento, y los conductores de unión con los elementos internos del mismo tendrán la holgura suficiente para permitir la apertura de la puerta sin tensionarlos.

Los conductores de tierra de las mangueras se conectarán a una regleta situada en la parte inferior del armario. A esta pletina llegará el conductor PE proveniente del enchufe de 220 v cuadro. De la regleta, saldrán otras derivaciones hacia motores y tapa del cuadro. A la hora de agrupar conductores se usarán bridas del color adecuado y desmontables.

**Figura 12.2:**



La estanqueidad del cuadro quedará asegurada por medio de juntas, prensaestopas, lo mismo que para otros elementos situados fuera del armario.

## **B) DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE ELEMENTOS.**

La disposición interior seguirá los criterios de colocación expuestos en el plano nº 15. Conviene que los elementos de control como el PLC y sus unidades de E/S estén

separados de los elementos de protección de 220 V c.a por seguridad y por evitar al máximo las influencias electromagnéticas. La parte superior y la izquierda serán dedicadas a la colocación de los elementos de automatización, y la derecha inferior a los elementos de protección eléctrica.

Los elementos interiores irán identificados en lugar bien visible por las mismas siglas indicadas en memoria y planos. A la hora de fijarlos irán sobre carril DIN normalizado y galvanizado. Desde el punto de vista eléctrico deben respetarse las distancias entre partes activas sometidas a tensión para garantizar un perfecto nivel de aislamiento entre circuitos separados.

La instalación de los aparatos de control y de protección deberá cumplir las siguientes condiciones:

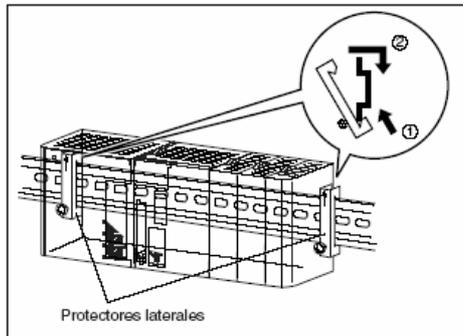
- No estar sometido a vibraciones o choques intensos.
- No soportar cargas estáticas o pesos apoyados sobre su estructura.
- No deberá servir de soporte de cables u otros elementos de maniobra.
- No deberá estar sometido a esfuerzos por efecto del cableado.
- Los conductos o rejillas de ventilación no deberán estar tapados por cables u otros elementos de maniobra.
- La colocación de distintas partes de automatismo dentro del armario de control así como la distribución de cables dentro del armario debe estudiarse cuidadosamente para no mezclar cables de distinta tensión en canaletas comunes.
- Deben apantallarse todos los circuitos de señal y conectar las pantallas a tierra por un solo punto.
- Deben separarse las tierras de los receptores de distinta clase, tendiendo a una distribución de conductores de tierra en estrella.
- Deben distanciarse de los circuitos de potencia y bobinas de relés, y se usaran supresores adecuados (varistores, RC, diodos, etc.).

De forma general para todos los aparatos descritos en este proyecto se cumplirán las siguientes recomendaciones:

- Se utilizarán los perfiles, tornillos, medidas de huecos, distancias recomendadas por el fabricante.

- A la hora de efectuar ajustes de inicio de funcionamiento, parámetros de configuración, se seguirán las indicadas por la empresa en sus protocolos de funcionamiento.

Figura 12.3: Fijación PLC en carril DIN



Se seguirán las recomendaciones generales de conexionado de conductores, cuidados especiales de alimentación. Deberán fijarse el armario o panel de forma que quede firme y alejado de grandes contactores, que puedan producir niveles de vibración fuertes al maniobrar. Se seguirán los criterios de distancia entre aparatos que aparecen en los planos correspondientes. En caso necesario deberán montarse soportes elásticos que amortigüen dichas vibraciones.

Los aparatos deberán instalarse en posición horizontal para garantizar una refrigeración adecuada. Los que vayan en el interior se instalarán en un carril DIN y los que den al exterior mediante sus bridas y tornillos facilitados por el fabricante. A la hora de instalar dichos elementos en un carril DIN enganchar el mismo en la parte superior del carril y presionar contra él hasta que quede fijo. Para desinstalarlo desplazar hacia abajo la palanca de bloqueo con un destornillador y tirar del mismo. Al final de cada grupo se pondrán una bridas que impidan el deslizamiento lateral.

### C) CABLEADO, CANALETAS Y REGLETAS.

Para el tendido y conexionado de los conductores de las entradas y salidas serán válidos los siguientes conceptos:

- La llegada y salida de conductores del cuadro se realizará a través de regletas conectoras numeradas según planos nº. 4,5,6 y 7.
- En cables apantallados de los sensores analógicos se debe conectar la pantalla del cable a la entrada del armario. La pantalla del cable debe estar aislada respecto a tensiones de partes activas.

- Los conductores sometidos a la tensión de 24 v cc no podrán conducirse juntos en un mismo cable con otros de tensiones más elevadas. Estos conductores circularán por canaletas distintas de los de 220 v ca.
- La distribución de las tensiones 24 v cc. para la alimentación de los circuitos de los emisores y actuadores, se efectuará a través de regletas de bornas, en paralelo, colocadas encima de los bastidores de ampliación.
- Todos los cables de tierra, los de tensión, irán a regletas correspondientes.

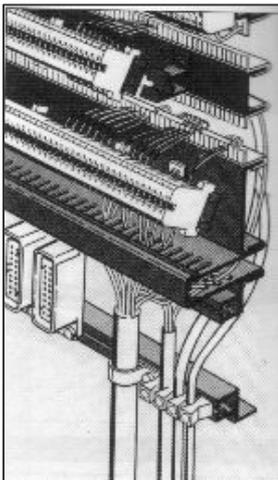
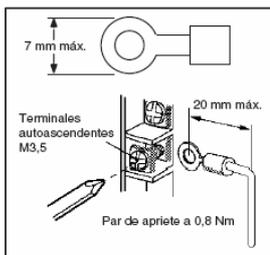
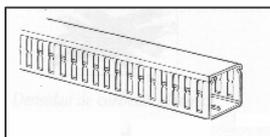


Figura 12.4: Ejemplo de cableado de armario

Los cables llegan o salen del cuadro protegidos por tubos y estos estarán fijados solidamente de forma estanca con tuercas y contratuercas. Cada cable irá identificado en su extremo según siglas especificadas en planos nº 4,5,6,7, y se fijarán con tornillos a regletas en la parte inferior del mismo. Estos conductores serán guiados a sus elementos correspondientes a través de canaletas caladas que ordenen el interior del mismo peinando los hilos sin cruces en la medida de lo posible.



Las distancias entre cada uno de los conductos cuando sean horizontales no debe ser menor de 200 mm entre la parte superior del conducto y el cable. Cuando sean conductos verticales, dejar una distancia mínima de 300 mm entre los cables de potencia y las líneas de E/S o de control.

En cuanto a la unión de terminales se podrán utilizar:

- **Terminales a presión:** Seguirán las instrucciones del fabricante del aparato a conectar. Ver ejemplo fig. nº Las bornas solamente llevarán conectado un hilo por cada lado. Si en el esquema aparecen dos hilos conectados a un lado de la borna, se utilizarán dos bornas. Los borneros serán de un paso de 6 mm.

- **De conexión rápida:** Los cables estarán pelados en una longitud de 10 mm del extremo del cable. Se tirará del cable suavemente para confirmar que está retenido.
- **De soldadura:** Soldadura a mano: 30 W, en 5 s. Se esperará un minuto después de haber soldado antes de ejercer una presión externa en la soldadura. Se utilizará un fluido de resina no corrosivo como fundente. Se comprobará que los cables conductores no provoquen cortocircuitos.

Los conductores tendrán en sus extremos la marca que le corresponde en los planos nº 4,5,6,7 y ningún conductor quedará sin identificar. Los conductores del PLC y de aparatos de control, del interior del cuadro serán de tensión nominal de 500 v, de envoltura de Policloruro de Vinilo (PVC), unipolares flexibles para facilitar su colocación dentro de las canaletas de al menos 1 mm<sup>2</sup> de sección. Los que correspondan a sensores analógicos serán de par trenzado con aislamiento de lámina de aluminio o maya de cobre.

Los colores usados para el cableado del armario deben ser los siguientes:

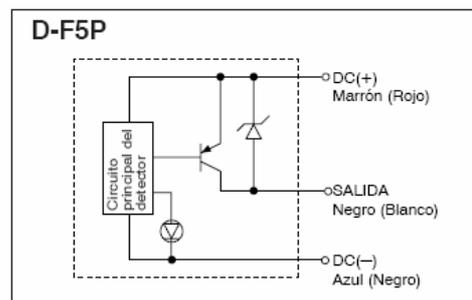
- Para corriente alterna: Los expresados en la Figura 12.5 :

Figura 12.5:

conductor	coloración		
neutro (o previsión de que un conductor de fase pase posteriormente a neutro)	azul		
protección	verde-amarillo		
fase	marrón	negro	gris

- Para corriente continua: color rojo: conductor de 24 v, color azul: conductores unido a masa, color verde-amarillo: conductor de tierra.
- Cables instrumentación: Los conductores de sensores respetarán los colores indicados en el sensor correspondiente. Ver Ejemplo Figura 12.6.

Figura 12.6:



## D) ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN Y MANDO DEL PANEL FRONTAL DE CONTROL

De forma general todos los elementos de señalización y mando tendrán o soportarán estas características:

- Humedad: 35 al 85%.
- Temperatura: -10°C a 55°C.
- Protección contra descargas eléctricas: Clase II
- Tendrán una tensión de operación de 24 V DC.
- El grado de protección será de IP 65.
- Aislamiento de 100 Mohm. a 500 v.
- Dispondrán de etiqueta y marco de protección.
- Cumplirán las exigencias técnicas expresadas en los anexos correspondientes de este proyecto.

Cada unidad del pulsador en el frente del panel, se fijará con la arandela de goma, el anillo de bloqueo y la tuerca de montaje desde el lado del terminal, para conseguir la estanqueidad necesaria. Se asegurará que el anillo de bloqueo está alineado con el filo de la carcasa y de que el borde del anillo de bloqueo toca el panel. Las tuercas de montaje se apretarán con un par entre 0,29 a 0,49 N.m. Señalización del aparato correspondiente en placa adicional fijada al cuadro por la cabeza del elemento. Los bornes de conexión del cable estarán numerados según normas.

<b>ELEMENTO</b>	<b>CONDICIONES</b>
PULSADORES DE MARCHA Y PARADA	Se emplearán para la marcha y parada de de los motores, válvulas, resistencias y en las marchas y paradas generales del cuadro. Serán de cabeza redonda de 16 mm, color según plano nº 16 tipo A165LT-color y tabla adjunta. Los contactos soportarán 3 a 30 V, con una frecuencia de operación de 20 pulsaciones /min. Pulsador paro de motor : Rojo con un O, y de marcha : Verde con una I, azul para otros.
PULSADOR DE EMERGENCIA	Cumplirán en cuanto a fijación, aislamiento, intensidad, bloque de contacto... lo dicho en el apartado de pulsadores. El botón será de tipo seta saliente de 0 55 mm como mínimo, de color rojo, de retención y de desbloqueo por tracción No se permitirá el montaje en tandem de bloque de contactos adicionales.

<p><b>LAMPARAS DE SEÑALIZACIÓN</b></p>	<p>El anillo soporte y el embellecedor también iguales y contendrán cristal frontal elevado de perfecta visibilidad desde los lados del cuadro. Los colores de los cristales serán los indicados en planos. Dispondrán de placa adicional indicadora, con su título relacionado con la información necesaria en relación con el proceso. Normativa de colores: Rojo en reposo, amarillo precaución, Verde en servicio, azul para los demás</p> <table border="1" data-bbox="635 555 1417 779"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grado de protección</th> <th colspan="3">IP40</th> <th colspan="3">IP65 resistente a aceites</th> </tr> <tr> <th>Rectangular</th> <th>Cuadrado</th> <th>Redondo</th> <th>Rectangular</th> <th>Cuadrado</th> <th>Redondo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Color</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rojo</td> <td>A16L-JR</td> <td>A16L-AR</td> <td>A16L-TR</td> <td>A16SL-JR</td> <td>A16SL-AR</td> <td>A16SL-TR</td> </tr> <tr> <td>Amarillo</td> <td>A16L-JY</td> <td>A16L-AY</td> <td>A16L-TY</td> <td>A16SL-JY</td> <td>A16SL-AY</td> <td>A16SL-TY</td> </tr> <tr> <td>Ámbar</td> <td>A16L-JPY</td> <td>A16L-APY</td> <td>A16L-TPY</td> <td>A16SL-JPY</td> <td>A16SL-APY</td> <td>A16SL-TPY</td> </tr> <tr> <td>Verde</td> <td>A16L-JG</td> <td>A16L-AG</td> <td>A16L-TG</td> <td>A16SL-JG</td> <td>A16SL-AG</td> <td>A16SL-TG</td> </tr> <tr> <td>Blanco</td> <td>A16L-JW</td> <td>A16L-AW</td> <td>A16L-TW</td> <td>A16SL-JW</td> <td>A16SL-AW</td> <td>A16SL-TW</td> </tr> <tr> <td>Azul</td> <td>A16L-JA</td> <td>A16L-AA</td> <td>A16L-TA</td> <td>A16SL-JA</td> <td>A16SL-AA</td> <td>A16SL-TA</td> </tr> <tr> <td>Negro</td> <td>A16L-JB</td> <td>A16L-AB</td> <td>A16L-TB</td> <td>A16SL-JB</td> <td>A16SL-AB</td> <td>A16SL-TB</td> </tr> </tbody> </table>	Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites			Rectangular	Cuadrado	Redondo	Rectangular	Cuadrado	Redondo	Color							Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A16SL-JR	A16SL-AR	A16SL-TR	Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A16SL-JY	A16SL-AY	A16SL-TY	Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A16SL-JPY	A16SL-APY	A16SL-TPY	Verde	A16L-JG	A16L-AG	A16L-TG	A16SL-JG	A16SL-AG	A16SL-TG	Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A16SL-JW	A16SL-AW	A16SL-TW	Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A16SL-JA	A16SL-AA	A16SL-TA	Negro	A16L-JB	A16L-AB	A16L-TB	A16SL-JB	A16SL-AB	A16SL-TB
Grado de protección	IP40			IP65 resistente a aceites																																																																		
	Rectangular	Cuadrado	Redondo	Rectangular	Cuadrado	Redondo																																																																
Color																																																																						
Rojo	A16L-JR	A16L-AR	A16L-TR	A16SL-JR	A16SL-AR	A16SL-TR																																																																
Amarillo	A16L-JY	A16L-AY	A16L-TY	A16SL-JY	A16SL-AY	A16SL-TY																																																																
Ámbar	A16L-JPY	A16L-APY	A16L-TPY	A16SL-JPY	A16SL-APY	A16SL-TPY																																																																
Verde	A16L-JG	A16L-AG	A16L-TG	A16SL-JG	A16SL-AG	A16SL-TG																																																																
Blanco	A16L-JW	A16L-AW	A16L-TW	A16SL-JW	A16SL-AW	A16SL-TW																																																																
Azul	A16L-JA	A16L-AA	A16L-TA	A16SL-JA	A16SL-AA	A16SL-TA																																																																
Negro	A16L-JB	A16L-AB	A16L-TB	A16SL-JB	A16SL-AB	A16SL-TB																																																																
<p><b>INTERRUPTORES Y CONMUTADORES DE LLAVE</b></p>	<p>Cumplirán las características generales de los bloques de contactos de los pulsadores. ( 10 A, 500 V, Diámetro 22 mm). El número de contactos estará de acuerdo con planos. En los conmutadores de llave se facilitará la referencia de la llave por parte del fabricante. Una vez elegido modelos todos serán del mismo fabricante. Los de llave serán de dos posiciones fijas y se podrá extraer la llave en ambas. Los conmutadores de manual-semiautomático-automático (desenclavar) tendrán la cabeza de botón giratorio negro, circular, de 3 posiciones.</p>																																																																					
<p><b>SELECTORES DE MANIOBRA</b></p>	<p>El número de contactos y esquema de conexiones estará de acuerdo con el plano nº 19. Serán de 10 A, 500 V, especiales para maniobra. El mando será negro y del tipo de flecha. Dispondrán de placa frontal del mismo color y con el dibujo de posiciones de maniobra. Esta placa irá fijada al propio aparato con tornillos. Los contactos fijos y móviles serán de aleación de plata. Y todas las piezas metálicas estarán tratadas electrolíticamente contra la corrosión y serán de material aislante.</p> <p>Estarán garantizados al menos para 1 millón de maniobras. Se añadirán carteles indicando la maniobra, u otro elemento del proceso a gobernar.</p>																																																																					

### 12.2.5. ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN, FUERZA Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA.

Los elementos enmarcados en este apartado cumplirán con las normas indicadas en la Tabla 12.1.

**Tabla 12.1:**

Producto	Norma de aplicación
Seccionadores fusibles	UNE-EN 60269 (serie)
Interruptor de fusible, fusible-interruptor y fusible-interruptor-seccionador	UNE-EN 60947-3
Interruptores seccionadores (uso industrial)	UNE-EN 60947-3
Interruptores automáticos (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 60898
Interruptores automáticos (uso industrial) <sup>(1)</sup>	UNE-EN 60947-2
Interruptores diferenciales con dispositivo de protección contra sobrecargas incorporado (uso doméstico o análogo)	UNE-EN 61009
Bases de toma de corriente (fijas y móviles) para uso doméstico o análogo	UNE 20315
Bases de toma de corriente para uso industrial	UNE-EN 60309
<sup>(1)</sup> La norma UNE-EN 60947-2 define tanto las características de aquellos interruptores automáticos de uso industrial que poseen características de seccionamiento como de aquellos que no las poseen.	

### **A) INTERRUPTOR DIFERENCIAL.**

Será monobloque de corte omnipolar y de clase A superinmunizado conforme a la norma UNE EN 61008, protegido contra disparos inesperados debidos a sobretensiones transitorias. Su temperatura de referencia será de al menos 50°C y su poder de corte 4,5 KA. Dispondrá de un contacto auxiliar NA para realimentar su estado al PLC. Su mando manual será por maneta y su estado ante la reacción a un defecto será visible externamente. Tendrá botón de test. Los bornes de conexión serán de caja con lengüeta anterior. Sus características eléctricas principales serán las que aparecen en el plano nº 20. Su vida eléctrica será de 20.000 ciclos.

### **B) INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO.**

Será monobloque y de corte omnipolar clase A superinmunizado conforme a la norma UNE EN 61008, protegido contra disparos inesperados debidos a sobretensiones transitorias. Su temperatura de referencia será de al menos 50°C y su poder de corte 10 KA. Su curva de disparo será de clase B. Dispondrá de un contacto auxiliar NA para realimentar su estado al PLC. Su mando manual será por maneta y su estado ante la reacción a un defecto será visible externamente. Los bornes de conexión serán de caja con lengüeta anterior. Sus características eléctricas principales serán las que aparecen en el plano nº 20. Su vida eléctrica será de 20.000 ciclos.

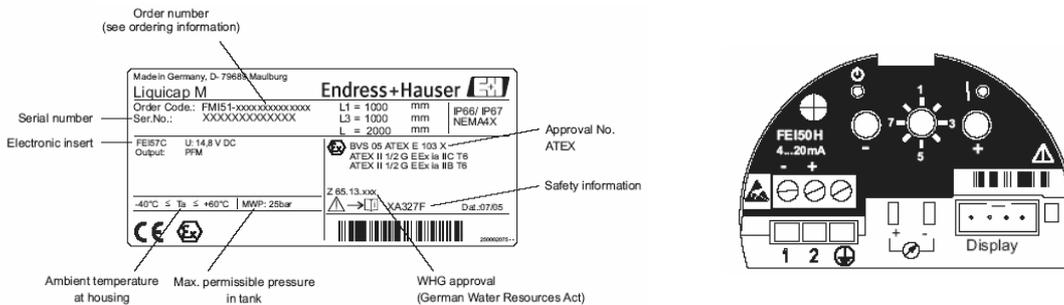
### 12.2.6. SENSORES

Serán fabricados por una compañía de reconocido prestigio. Se procurará que los márgenes de medición en los que vaya a trabajar el aparato en condiciones normales queden en el tercio central de la escala. Normalmente un sensor de proceso tendrá tres partes: tapa de la caja, caja con sistema electrónico para conexión al proceso de medida y varilla. Indicarán sus características principales en una carátula fijada a la caja de conexión.

De forma general todos los sensores citados a continuación cumplirán las siguientes condiciones:

- Se seguirá escrupulosamente las recomendaciones de instalación dadas por el fabricante y las distancias de colocación indicadas en plano nº2. Su fijación será estanca, ya sea respecto al depósito, o al conducto de protección del cableado. Los cables de conexión estarán perfectamente fijados y con un criterio de color previamente adoptado.
- Dispondrán de características detalladas para su calibración, conexionado, cuidados especiales

Figura 12.7 y 12.8: Etiqueta de detalles técnicos y panel de conexionado de sensor E+H



- Su brazo de medición, campo, número de contactos, etc. serán los indicados en la memoria descriptiva.
- Se calibrará en el campo de medida adecuado y también su ganancia y offset.
- Cumplirán la característica ATEX correspondiente.

### A) TEMPERATURA.

Tendrá 3 conductores de conexión para compensar el efecto indeseable de la resistencia del cable de alimentación, su señal de salida será de 4 a 20 mA, y será de acero inoxidable. Su conexión se realizará por racor roscado de 1/2". Su rango de trabajo irá al menos desde 0 a 200 °C. Será de versión ATEX con convertidor EXII1GEEexiaII CT1 (seguridad intrínseca)

### B) NIVEL DE PH.

Cumplirá al menos con las características mínimas expuestas en la tabla. Resto de características similares a las presentadas en el Anexo AII.

Tabla 12.2:

Característica	Valores
Rango	0-14pH
Rango temperatura	0-50°C
Precision	+/- 0,2 Ph
Compensacion temperatura	0 - 50°C
Voltaje alimentación	8-15 V
Salida	4-20 mA
Linealidad	+/- 0.2 pH
Cables	positivo Rojo, negativo verde, salida azul

### C) NIVEL MAGNÉTICO.

El sensor magnético de nivel miniflotador tendrá una parte fija montada en el depósito y otra móvil o flotador. En la parte fija dispondrá de al menos tres contactos reed de alta sensibilidad, y en la parte móvil un imán permanente que hará actuar al contacto cuando se detecte la presencia de líquido. Estos contactos reed se conectan a las entradas del PLC. Si fuera necesario se utilizará amplificador DSMS de la casa fabricante.

Las dimensiones y características técnicas de los flotadores aparecen detalladas en el Anexo II.1.

El alcance o longitud de trabajo será al menos el especificado en el plano n° 2 y tendrá tres puntos de detección de nivel hasta 2 niveles. Serán de montaje vertical con tubo y flotadores de acero inoxidable AISI 316. Los mini flotadores llevarán separadores

galvánicos para trabajar en zona de peligro de explosión de seguridad intrínseca EE x ia, debiéndose respetar todas las normas de conexionado. La caja de conexión será al menos de protección IP-65 antidefragante y estanca. La entrada del tubo de los conductores será roscada.

Dispondrá de acometida eléctrica: Ø 3/8" BSP (WG) y la salida será de contacto seco, máx. 220 VCA, 0,5 A para carga resistiva. Soportará una temperatura máxima de 120°C.

**Tabla 12.3:**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>Valor</b>
Puntos de medida	3 niveles
Potencia Contacto max	220 Vca, 0,5 A
Tubo guía	8 mm
Temperatura máxima	120°C
Caja	Aluminio, prensaestopa M16
Distancia mínima entre flotadores	5 cm.
Densidad del líquido	> 0,7
Histéresis	3 mm
Relés separadores	ATEX de seguridad intrínseca para zonas de peligro de explosión
Caja Conexionado	ATEX EExia

#### **D) METANOL.**

El sensor estará constituido por dos partes, el módulo inteligente que aloja el sensor y un transmisor universal en una envolvente de fibra de vidrio moldeada. Tendrá dos cables para el lazo de control. Resto de características similares en Anexo A.II.

**Tabla 12.4:**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Tipo	Celda electroquímica.
Rango de medición	0-100 p.p.m. de metanol
Repetibilidad	+/- 2% de la escala total
Tiempo de respuesta	
Corrimiento del span	< 5% señal perdida por año
Rango de temperatura	Sensor: -20°C a 50°C y transmisor -20°C a 55°C
Señal de salida	4-20 mA
Voltaje de entrada	11-30 V cc.
Consumo	< 0,5 w
Garantía	2 años

## E) CAPACITIVO DE NIVEL.

El sensor vendrá calibrado de fábrica. Podrá operar en un rango de -80°C a 200 °C. La medida será independiente de la constante del dieléctrico DK correspondiendo a una conductividad de líquido de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El sensor será capaz de medir la capacidad inicial en vacío. Al llenarse de líquido el depósito sobre una conductividad de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  la medición ya no depende de la conductividad. De esta manera varios líquidos pueden ser medidos sin necesidad de recalibración. Estará fabricado con material resistente a la corrosión. Dispondrá de protección de sobretensión de dos fases contra descargas desde el tanque.

Tabla 12.5:

Característica	Valor
Temperatura de operación	+ 20 °C +/- 5°C
Presión	1013 mbars
Humedad	65% +/- 20%
Media conductividad	180 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Linealidad	0,25%
Repetibilidad	0,1%
Tiempo de respuesta	0,3 seg.
Campo de medida	0pF a 2000 pF
Consumo	< 1 w
Alimentación	24 V cc.

### 12.2.7. PREACTUADORES Y ACTUADORES.

Se describen aquí las características de los elementos que ejecutan las órdenes dadas por los elementos de control para actuar sobre el proceso.

#### A) RELÉS AUXILIARES.

Tendrá dos partes: La base y el relé intercambiable, de 24 V cc. de alimentación, tendrá un consumo de 300 mW. Sus características principales serán similares a la expresada en el Anexo AII-6, y las conexiones las indicadas en plano nº 18. Se podrán extraer de la carcasa que va fija en el carril DIN.

## **B) CONTACTORES Y RELÉS TÉRMICOS.**

### **B.1) Contactores**

Serán bifásicos, de tensión nominal de aislamiento de 660 V, y los valores de intensidad nominal de empleo para una tensión de empleo de 580 V los indicados en el plano nº 20.

Estarán de acuerdo con la norma UNE 20109 en cuanto a condiciones ambientales de trabajo, tratamiento de protección, posición de montaje y resistencia sísmica. Garantizados para trabajo en categoría AC5 de una duración de contactos de 5 millones de maniobras. Dichos contactos estarán recubiertos electrolíticamente de plata.

La bobina de tensión para la conexión admitirá al menos una tolerancia de  $\pm 10\%$ . Esta tolerancia se entiende en dos sentidos : En primer lugar conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar, cuando la tensión aumente en un  $10\%$  no se producirán calentamientos excesivos, aún con tiempo indefinido de la sobretensión. La bobina del contactor será de tipo encapsulada y de excitación por corriente continua 24 v. Dispondrá el contactor de al menos un contacto auxiliar normalmente abierto (NA).

Tendrá un bloque de contactos auxiliares NA en su parte frontal y con enclavamiento mecánico. Tendrá placa de características y los contactos numerados según normas y señalización de la posición de maniobra del contactor.

Los bornes de los contactos tendrán arandelas que se desplacen automáticamente con el tornillo. Características similares a las expresadas en el Anexo nº AII-7

### **B.2) Relés térmicos**

Al menos serán bipolares, de tensión de aislamiento de 660 V . Tendrán botón frontal de regulación de la intensidad de disparo, cuyos márgenes de regulación se ajustaran lo más aproximadamente posible a los indicados en los planos nº, para los distintos motores y resistencias. Estarán provistos de compensador de temperatura ambiente entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $60^{\circ}\text{C}$ . Tendrán pulsador de rearme y paro, indicador de disparo. Dispondrán de contactos auxiliares de doble ruptura e independientes para los motores de pequeña intensidad y de contacto auxiliar conmutado para los grandes... Su conexión al contactor será en la base de este y de enganche directo sin cableado.

Clase de protección IP65. Hasta 15 maniobras/hora o 60 maniobras/hora si  $I_a = 6$  In y el tiempo de arranque no sobrepasa 0.01 seg Los catálogos técnicos dispondrán de curvas de disparo. No podrá elegirse un contactor que precise un relé térmico que no cumpla con éstas características y viceversa.

Inclinación admisible de montaje  $30^\circ$ , tensión nominal de aislamiento 660 V. Pulsador de prueba funcionamiento al cierre. Conjunto de juego de accesorios : Contacto auxiliar de cierre y bobina para disparo a distancia o para rearme. Intensidad térmica permanente admisible para los contactos de 10 A. Características similares a las expresadas en el Anexo n° AII-8.

### **12.2.8. ELECTROVÁLVULAS.**

Las electroválvulas serán fabricadas por un fabricante de prestigio en el área de válvulas y automatismos.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Cada electroválvula descrita en la memoria, deberá cumplir con las condiciones expresadas en el anexo A0 y en el Anexo II.5. Todas las partes en contacto con el fluido serán de acero inoxidable excepto las que se instalan en el depósito de agua. Estarán cerradas en reposo y serán monoestables 2/2, con bobina de 24 v cc. Serán capaces de trabajar hasta  $80^\circ\text{C}$ , con fluidos de una viscosidad hasta 40 cSt(mm<sup>2</sup>/s) y de un tiempo de respuesta de 8-20 ms.

### **12.2.9. ACOMETIDA A ELEMENTOS DE OPERACIÓN.**

#### **A) CONDUCTORES**

Cable de cobre suave flexible clase K., de aislamiento Policloruro de Vinilo (PVC), que posee muy buenas propiedades de flexibilidad, retardancia a la llama y resistencia a la abrasión; de variedad de compuestos de PVC flexible y la temperatura de operación que puedan soportar será  $95^\circ\text{C}$ . El cobre será de una pureza mínima de 99.9%, y los cables utilizados serán de tensión nominal no inferior a 450/750V.

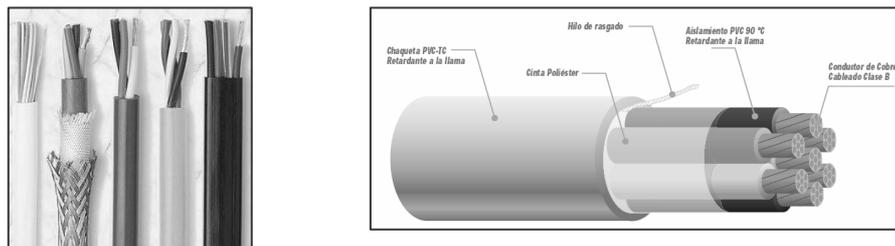
Serán del tipo de instrumentación. Estos son usados para llevar señales desde procesos de monitoreo a procesos de analizadores en tableros y sistemas de control, usualmente electrónicos. Son cables multiconductores que transportan señales eléctricas de baja potencia (los circuitos son inherentemente de Potencia Limitada).

Serán cables con formaciones de grupos apantallados, pares apantallados o conductores individuales apantallados. Cables retardantes a la llama, libres de halógenos, de baja emisión de humos tóxicos y corrosivos (LSHF).

Así mismo, el Cable de Instrumentación de conductores individuales será de las características citadas en este apartado.

La pantalla individual en cinta de poliéster aluminizado con conductor de drenaje o de malla de cobre. Los pares se cablean entre sí, y sobre el conjunto se aplica una pantalla general en cinta de poliéster aluminizado con conductor de drenaje y chaqueta exterior en PVC. UNE 21-031-3.

Figura 12.9 y 12.10: Detalles de cables conductores.



## B) ACOMETIDA A SENSORES.

Quedará definido perfectamente e iguales para todos los sensores la correspondencia de colores entre los de éstos y los del cable, para evitar errores. Se cableará desde la caja de derivación más cercana indicada en plano nº 23 y 24., con un cable final adaptado en número de hilos a la necesidad de contactos de cada sensor.

## C) ACOMETIDA A ELECTROVÁLVULAS.

Quedará definido perfectamente e iguales para todas las electroválvulas la correspondencia de colores entre los de éstos y los del cable, para evitar errores. Se cableará desde la caja de derivación más cercana indicada en plano nº 23 y 24., con un cable final adaptado en número de hilos a la necesidad de contactos de cada sensor.

## **D) INSTALACIÓN DE TUBOS PROTECTORES Y ACCESORIOS**

Las canalizaciones de cableado a la instrumentación de la planta (sensores y electroválvulas) irán bajo tubo de PVC rígido y roscado en sus tramos generales y de PVC corrugado flexible en su última parte a la llegada al elemento. Los tubos de PVC rígido serán del tipo autoextinguible a la llama, sin aislamiento, no propagadores de incendio. La composición básica será a base de resinas termoplásticas de policloruro de vinilo, estabilizantes, con pigmento y porcentaje mínimo permitido de lubricante.

Serán inalterables a los ácidos, lejías, álcalis, disolventes, alcoholes, grasas, petróleo o, gasolina. No absorberán la humedad. Deberán no agrietarse, ni cuartearse. Serán de los diámetros especificados en los correspondientes apartados de la memoria.

Tendrán una rigidez dieléctrica de 270 Kv/cm. La superficie deberá estar perfectamente lisa y de bajo coeficiente de rozamiento.

Serán de color gris. Vendrán en una longitud de suministro de 2 y 3 metros y sus extremos vendrán uno roscado de rosca M y el otro con un manguito de unión roscado. Tendrán inscritos la marca del fabricante el molde o y el grupo M 11, M 15, M 21, M25, M32 según diámetro. En general reunirán las condiciones que se exigen en el reglamento de B.T. para los tubos protectores. Tendrán grado de protección 5 contra daños mecánicos según norma UNE 20254 .Resistencia de aislamiento a 500 V.

Los accesorios para los tubos (codos, tes, reducciones, prensaestopas etc.) serán del mismo material que los tubos y para roscar, según corresponda, siendo su diámetro el correspondiente a las líneas en las que vayan instalados. Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos. La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Los tubos irán fijados a la estructura metálica de la planta, por las trayectorias expresadas en el plano n ° 23 y 24. En caso de proximidad de las canalizaciones eléctricas

con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones, y especialmente se tendrá en cuenta:

- La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
- La condensación
- La inundación, por avería en una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación
- La corrosión, por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo
- La explosión, por avería en una conducción que contenga un fluido inflamable
- La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimentos.

La colocación de los cables se hará una vez colocada la de los tubos, que deberán de tener el diámetro adecuado. Las características principales se expresan en la tabla y el diámetro exterior será como mínimo el exigido en reglamentos. Los puntos de fijación a la estructura se harán mediante grapas y a la distancia entre ellas que no permita la deformación de la canalización.

**Tabla 12.6:**

*Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas*

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rigido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Las

canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la identificación de sus

circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc. Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

**Tabla 12.7:**

Producto	Designación s/norma	Norma de aplicación
Tubo Rígido	4321 y no propagador de la llama	UNE-EN 50086-2-1
Tubo Curvable	2221 y no propagador de la llama	UNE-EN 50086-2-2
Tubo Flexible	4321 y no propagador de la llama	UNE-EN 50086-2-3

**Figura 12.11: Detalles de tubos de PVC y accesorios.**

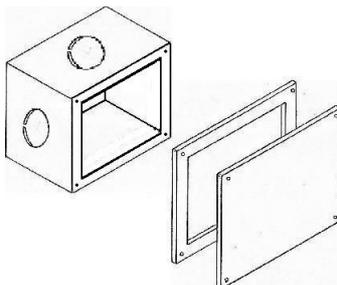


### E) CAJAS DE DERIVACIÓN.

Serán metálicas Galvanizado en caliente de alta resistencia a la corrosión, para uso exterior, ambientes húmedos, salinos, contaminados, Certificado ATEX para aplicaciones EEx e y EEx ia. IP66/8. Certificación II 2G EEx e(ia) IIC T6/T5.

De Color rojo para línea sensores y azul para válvulas. La de entrada de tubos terminales será estanca por prensaestopas. Fabricado en poliéster reforzado con cristal antiestático al carbono. Los terminales serán de pilar MK y montados en raíles. Cajas de empalme y/o derivación UNE 20451. Las cajas deben estar colocadas de tal manera que estén protegidas contra todo daño mecánico.

**Figura 12.12: Caja de derivación.**



**Figura 12.13: Caja de derivación(2)**



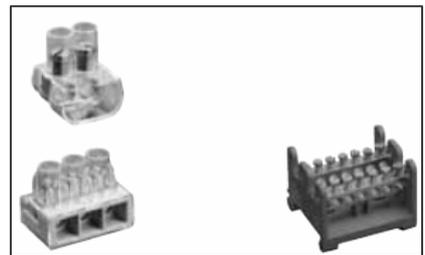
## F) ELEMENTOS DE CONEXIÓN, DE CIERRE Y FIJACIÓN.

### F.1) Regletas de conexión de conductores

Las conexiones de estos conductores a las regletas se realizarán por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete.

Las regletas serán para perfil normalizado EN50 022-55 con cuerpo aislante de material prensado thermoplast. La resistencia a las corrientes de fuga KB será mayor que 500 según DIN 55480 . Tensión aislamiento 750 V. Se les podrá poner etiquetas identificativas Tendrán conexión por tornillos por ambos lados. Tendrán la marca del fabricante, modelo , sección máxima permitida para conductor flexible, y cumplirán con la norma UNE-EN 60998

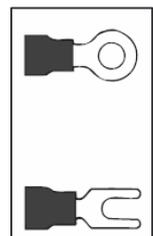
Figura 12.14:



### F.2) Terminales de conexión

Las conexiones deben efectuarse mediante tomas de corriente o bornes situados en cajas con grado de protección mínimo IP 3X y cuya tapa sólo pueda ser abierta con la ayuda de una llave o de un útil. Los terminales de conexión serán de cobre electrolítico recocido. El sistema de fijación podrá ser por compresión por punzo nado o por tornillos. Será el Director de obra el que elija en cada momento el tipo a instalar. Bornes de conexión UNE-EN 60998.

Figura 12.15:



### F.3) Prensaestopas, tapones, racores.

La entrada de cables será con prensaestopa roscada. Serán de la misma marca que el fabricante de los tubos o de las cajas de derivación.

Serán grado de protección EX” (II 2GD EEx e II) de poliamida autoextinguible, grupo V-0 a UL 94. Para uso en equipos eléctricos en áreas potencialmente explosivas. Cierre interior con forma de diafragma y cuerpo hexagonal. Junta de estanqueidad.

(Certificado DMT 02 ATEX E 047 X). Temperatura de trabajo entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+105^{\circ}\text{C}$ . Clase de protección IP68 – 10 bar. Disponible en colores gris, negro y azul.

**Figura 12.16:**



### **13. PRUEBAS FUNCIONALES Y PLAN DE MANTENIMIENTO.**

#### **13.1. VERIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DEL MATERIAL**

De forma general

- Que lo suministrado se corresponde con lo diseñado y exigido en el proyecto y que está completo en todas sus partes.
- Que se aportan los esquemas e instrucciones para su puesta en marcha.
- Que no hay torceduras ni cuerpos extraños.
- Que las dimensiones son correctas y que los grados de protección se han respetado.
- Que están bien fijados a sus guías.
- Que se consigue el grado de protección prevista.
- Que se aporta la documentación adecuada de manejo, mantenimiento y búsqueda de averías.
- Que la disposición y conexión se corresponden con la de los planos.

En caso de conformidad se levantará acta de la situación en la que se recibe el sistema señalando lo pendiente y el plazo convenido para la recepción total de lo que falte.

#### **13.2. PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS**

Se realizarán las siguientes pruebas del equipo: Sin tensión, con tensión sin carga y con tensión con carga. De forma general para todos los equipos se comprobará:

- Que todos los elementos encienden en estado ON.
- Que el cableado está correcto, bien marcado según planos, con los colores adecuados
- Que se siguen los protocolos de funcionamiento y el sistema cumple con lo esperado o diseñado.
- Que no aparecen comportamientos aleatorios en la marcha en producción.
- Recibir de los técnicos toda la información posible de funcionamiento, cuidados, posibles ajustes, reparaciones.

### **13.2.1. FUNCIONAMIENTO DE SENSORES**

A pesar de venir de fábrica, los sensores deberán ser probados de manera independiente en el laboratorio para comprobar su correcto funcionamiento y llevar a cabo su calibrado. De esta manera se evitarán calibrados a pie de planta. Se realizarán las siguientes acciones:

- Se calibrarán las sondas PT100 con hielo y agua a la temperatura de ebullición.
- El sensor de nivel capacitivo sólo necesita comprobaciones generales de funcionamiento pues ya viene calibrado de fábrica.
- Los sensores de nivel de contacto digital se comprobarán mediante alimentación y un amperímetro.
- Los sensores de nivel magnéticos se calibrarán corriendo los flotadores a las alturas presentadas en el plano nº 2.
- Se comprobará la reacción del sensor de metanol mediante rociado de metanol con spray.

### **13.2.2. INSTALACION DE ACOMETIDA A SENSORES Y ACTUADORES**

Antes de realizar la puesta en servicio de la instalación y con la planta sin reactivos en el interior, es necesario realizar lugar una inspección de sus componentes con las siguientes actuaciones:

- Comprobación del estado de los tubos protectores rígidos de PVC, los tubos flexibles coarrugados y sus accesorios. Todo deberá estar perfectamente roscado

sin ningún tipo de holgura y correctamente fijado a la planta, de manera que tenga una mínima resistencia mecánica a golpes accidentales.

- Comprobación de las conexiones terminales con el cuadro de control, sensores y actuadores, tanto en el orden y correspondencia de conexiones, como en el roscado de los tubos coarrugados flexibles exteriores.
- Comprobación de las conexiones realizadas en las cajas de derivación y correcto atornillado de las mismas.

### **13.2.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA**

Terminada la instalación y sin reactivos en el sistema, se procederá a la verificación de las conexiones, bien sea en su totalidad o por sondeo.

Para la puesta en servicio de la instalación se deben seguir escrupulosamente las normas preventivas sobre accidentes dictadas por los organismos de Seguridad e Higiene en el Trabajo, teniendo además presentes las siguientes consideraciones:

- No efectuar maniobras en equipos que no estén bajo control.
- No manipular en un circuito si está bajo tensión.
- Toda instalación sobre la que se trabaja debe ser correctamente señalizada.
- Para hacer las verificaciones utilizar herramientas, aparatos e instrumentos bien aislados y en perfecto estado.
- No manipular manualmente los relés o contactos bajo tensión. Todo accionamiento debe hacerse siempre por medio de sus propios órganos de la máquina y de la instalación eléctrica.

En líneas generales, las operaciones a realizar son:

- Sin tensión, accionar los relés, contactores y otros aparatos con movimiento probándolos a mano para verificar que los movimientos están libres de impedimento y la presión de contactos es la adecuada.
- Comprobar que las regulaciones de los relés de protección y los fusibles corresponden a las intensidades de los motores a proteger.

- Comprobar que las secciones de los conductores corresponden exactamente a las normalizadas y calculadas para las potencias de los motores u otros aparatos a alimentar.
- Verificar el aislamiento de los conductores y otras partes de la instalación como los chasis y armarios.
- Verificar que el marcado y el color de los conductores son correctos.
- Verificar entradas y salidas, así como la conexión a bornes.
- Verificar el estado general de la instalación. Presentación, acabado, cableado, etc.
- Anotar todo defecto encontrado para su rectificación anterior.

Una vez tenidas en cuentas estas consideraciones, deberán llevarse a cabo las siguientes medidas y ensayos:

1. Medida de continuidad de los conductores de protección, de la resistencia de aislamiento de los conductores.
2. Medida de la corriente de fuga y ensayo de disparo de los interruptores diferenciales.
3. Comprobar los disparos de los magnetotérmicos y su rearme.
4. Comprobar los puntos de tensión y los de tierra.
5. Comprobar el encendido de lámparas y el funcionamiento de motores, resistencias y relés térmicos.
6. No deberá actuar ningún interruptor.

#### **13.2.4. EQUIPOS DE CONTROL**

##### **A) PRUEBAS CON EL PLC**

El programa grabado en memoria arrancará en modo RUN al conectar al autómata. Vendrán con la batería instalada con el reloj ajustado a la hora real. Se llevarán a cabo los siguientes puntos:

- Se hará una prueba de copia de seguridad del programa desde la memoria del PLC a la memoria flash y en el frontal de la CPU se encenderá el indicador BKUP. Antes extraer una tarjeta de memoria, en primer lugar debe pulsar el interruptor de

alimentación de dicha tarjeta y, a continuación, esperar a que se apague el indicador BUSY.

- Se debe encender siempre el PLC antes de conectar la alimentación del sistema de control, para evitar errores temporales en las señales del sistema de control. Se comprobará la instalación correcta de las Unidades, siguiendo al pie de la letra las especificaciones de los manuales de servicio.
- Antes de conectar la alimentación eléctrica, se comprobará la configuración de todos los interruptores y del cableado y que los bloques de terminales, las Unidades de memoria, los cables de expansión y demás elementos con dispositivos de bloqueo estén firmemente instalados en su sitio.
- Las Unidades de alimentación, CPUs, Unidades de E/S, Unidades especiales de E/S o Unidades de bus de CPU, estarán inmovilizadas mediante los cierres deslizantes superior e inferior de las mismas. Los testigos de luz del PLC corresponderán a los estados de funcionamiento.

## **B) PRUEBAS CON CONTADOR-TEMPORIZADOR**

Se harán pruebas de:

- Introducir el Sep Point y que el equipo presente el valor presente.
- Que produzca señal de alarma ante subida de temperatura.
- Se manejen los menús de configuración proporcionados por el fabricante.
- En los programas de producción responda perfectamente con lo esperado en relación con el proceso y el PLC, en los tiempos o contajes esperados.
- Los visualizadores y luces del panel frontal responderá adecuadamente a lo esperado de ellos en función del momento de producción.

## **C) PRUEBAS CON LOS CONTROLADORES DE TEMPERATURA**

Debe mostrar en pantalla la información que indica el fabricante, como el punto de consigna el valor presente de la variable, y cuantas luces de señalización, modo, error y funcionamiento se indica en el plano nº 10 y 11. En principio se seguirán y exigirán las recomendaciones del fabricante y se ejecutarán manualmente unos cuantos procesos de

configuración de parámetros y funcionamientos previstos igualmente por el fabricante.

### **13.2.5. COMPROBACION DE MANIOBRAS**

Antes de introducir los reactivos se realizarán 2 tipos de pruebas a cada uno de los subprocesos:

- Una marcha de test en modo manual para comprobar el correcto funcionamiento de las electroválvulas, las bombas, el sensor de metanol en proceso y sus correspondientes realimentaciones.
- Pruebas en semiautomático y automático para comprobar la eficacia de la programación en ausencia de líquidos en los tanques.

A continuación, se comprobarán las maniobras en semiautomático y automático por subprocesos, introduciendo solo la materia prima y los reactivos necesarios en cada caso. Se comenzará por el proceso de pretratamiento, seguido del de reacción y finalizando con el de lavado. En una segunda tanda de tests, se procederá a generar paradas de emergencia con el pulsador de emergencias y paradas del proceso con el pulsador de parada general. También, se llevarán a cabo paros de maniobras y cambios a los modos manual y semiautomático desde el modo automático. De esta manera podrá comprobarse la capacidad de conmutación del sistema.

Estos tests servirán para la detección y depuración de errores tanto de hardware como de programación.

### **13.3. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.**

Se deberá aportar un dossier con las instrucciones y operaciones fundamentales de buen mantenimiento, de los equipos, sistemas e instalaciones. Se resaltarán las instrucciones fundamentales y se avisará claramente de las que constituyan un mal manejo que llevase a un accidente o avería irreparable.

En caso de bloqueos de funcionamiento de los equipos de control se expresarán los pasos a seguir para llevar al sistema a la posición de inicio. Se dispondrá copias del

programa de software del PLC e instrucciones para el volcado en la memoria del mismo así como los parámetros iniciales de configuración básica de partida.

Se clasificará la documentación de los equipos para que en todo momento sea fácilmente consultable y manejable.

#### **13.4. SUSTITUCIÓN DE APARATOS EN CASO DE AVERÍA.**

En caso de que se detectase una avería del equipo, se observarán las siguientes normas y recomendaciones a la hora de sustituir materiales y/o realizar modificaciones sobre el esquema:

- Las piezas de repuesto deben ser de la misma marca y modelo que las instaladas. En caso de no disponer de ellas se buscarán los equivalentes de otros fabricantes que cumplan las mismas especificaciones.
- El aparellaje se dispondrá en lugar accesible desde cualquier parte para así facilitar su control y reparación.
- Los materiales y aparatos deben montarse en lugar exento de vibraciones, ya que éstas pueden ser causa de averías.
- Los aparatos se montarán en la posición de trabajo señalada en los esquemas de montaje.
- Al proceder al conexionado hay que atenerse a las instrucciones dadas en los catálogos y esquemas que los acompañan. Tener cuidado de no dejar conexiones flojas o sueltas.
- El conexionado externo del aparato con la regleta de conexiones, es aconsejable que se haga con cable flexible, cuya tensión de prueba sea como mínimo de 2500 V.
- Cuando se cambia un elemento de potencia y se sustituye por otro de mayor potencia se comprobará que la sección del conductor es la adecuada así como el resto de aparatos, como fusibles relés, aparatos de medida, etc. En caso de no ser los adecuados deben sustituirse. Lo mismo se hará cuando se disminuyan las potencias.

# **VI. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

## **INDICE PRESUPUESTO**

	<b>Pag.</b>
<b>1. Mediciones</b> .....	2
<b>2. Precios unitarios</b> .....	9
<b>3. Presupuesto</b> .....	12

## **INTRODUCCIÓN**

Este documento se divide en las siguientes partes:

- **Mediciones:** En este apartado, se hace un recuento de las unidades de obra necesarias para llevar a cabo la instalación del control de cada subproceso, la acometida a la instrumentación de planta, la instalación del cuadro de mando y control y los elementos de seguridad.
- **Precios unitarios:** En este apartado, se reflejan los precios unitarios de cada una de los elementos que constituyen las unidades de obra del apartado de mediciones. Está clasificado en equipos de automatización, elementos señalización del cuadro de mando, sistemas de acometida de los elementos de la planta, sistemas de alimentación y protección eléctrica, y elementos de actuación y de lectura.
- **Presupuesto:** Haciendo un recuento de los elementos constituyentes de cada unidad de obra y multiplicándolo por su precio unitario, se obtienen los precios de los materiales necesarios, a los que se añade los costes de la mano de obra directa y costes indirectos. Esto resulta en los precios totales finales de cada unidad de obra. La suma de ellos más el beneficio industrial da el presupuesto total.

**1) MEDICIONES**

Nº Ord	Descripción clase obra y partes	Nº partes iguales	Dimensión	Parciales	Totales
	<b>1) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO PRETRATAMIENTO</b>				
1	Sensor multinivel capacitivo, 24 v cc, de 4-20 mA para medir tres niveles (ATP , BTP, BTSP)	1			1
2	Sensor temperatura PT100, 24 Vcc, 4-20 mA (TTP)	1			1
3	Electroválvula VSTSP serie 030, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA.	1			1
4	Ud. de alimentación a sensor: tubo protector coarugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	2			2
5	Ud. de alimentación a electroválvula: tubo protector coarugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2)	1			1

<b>2) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO DE REACCIÓN</b>					
<b>2a) Instalación trasvase</b>					
6	Ud. Electroválvula VPTP serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA.	1			1
7	Ud. de alimentación a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2)	1			1
<b>2b) Instalación proceso de reacción</b>					
8	Sensor Nivel magnético multinivel, de 3 niveles (ATR,BTR,BG) 24 v cc.	1			1
9	Sensor temperatura Pt100 alimentación 24 V cc, 4-24 mA 3 hilos (TTR)	1			1
10	Sensor nivel flotador, BTS, 24V	1			1
11	Sensor nivel magnético 2 flotadores (ATMX, BTMX) y BTME	2			2
12	Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro. VPA, VSTG, VRPTR, VPTME, VMETR, VEME	6			6
11	Electroválvula VPTS, serie 272,2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 1/4" diámetro.	1			1
12	Ud. de alimentación a sensor BTS: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(2 x .5 mm2)	1			1
Nº Ord	Descripción clase obra y partes	Nº partes iguales	Dimensión	Parciales	Totales
13	Ud. de alimentación y protección sensor TTR, NTR (ATR,BTR,BG): tubo PVC protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	2			2
14	Ud. de alimentación y protección a sensor NTMX: tubo protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	1			1
15	Ud. de alimentación y protección a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2) VPA, VSTG, VRPTR, VPTME, VMETR, VEME	6			6
<b>3) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO TRASVASE Y LAVADO</b>					

<b>3a) Instalación trasvase</b>					
16	Ud. Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro. VSTB1,VSTB2,VPTB,VRTB	4			4
17	Ud. de alimentación y protección a electroválvula: tubo PVC protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2)	4			4
<b>3b) Instalación proceso lavado</b>					
18	Ud. Electroválvula serie 030, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro.(VATA, VSTAS)	2			2
19	Ud. Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro. VETA	1			1
20	Electroválvula serie 272, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 1/4" ,VPTO	1			1
21	Sensor digital multinivel magnético 24 v cc, para medir tres niveles (BAS, BTB, ATB)	1			1
22	Sensor analógico pH 24 v con contacto auxiliar NA, PHTB	1			1
23	Sensor analógico TTA, pT100 4-20 mA	1			1
24	Sensor nivel magnético digital 24 v cc. ATA	1			1
25	Sensor nivel digital contacto BTO	1			1
Nº Ord	Descripción clase obra y partes	Nº partes iguales	Dimensión	Parciales	Totales
26	Ud. de alimentación y protección a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y conductor 1(4 x .75 mm2)	4			4
27	Ud. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(2 x .5 mm2)	2			2
28	Ud. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	3			3
<b>4) INSTALACIÓN DE ACOMETIDA GENERAL A INSTRUMENTACIÓN DE PLANTA</b>					
29	Acometida línea 1 a electroválvulas	1			1

	<p>tramos generales A1, B1, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A1: 2 m. tubo rígido PVC M32, cable 3x (7x0,75mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Tramo B1: 1 m. tubo rígido PVC 25, cable 2x(7x0,75mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A1-B1con regleta conexión</li> <li>- Caja derivación línea B1 con regleta conexión</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M32</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M25</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>				
30	<p>Acometida línea 2 a sensores tramos A2, B2, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A2: 2m. tubo rígido PVC M32, cable 3x(7x0,5mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Tramo B2: 1m. tubo rígido PVC M25, cable 2x(7x0,5mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A2-B2con regleta conexión</li> <li>- Caja derivación línea B2 con regleta conexión</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M32</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M25</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>	1			1
<b>Nº Ord</b>	<b>Descripción clase obra y partes</b>	<b>Nº partes iguales</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Parciales</b>	<b>Totales</b>
31	<p>Acometida línea 3 a electroválvulas tramos A1, B1, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A3: 4 m. tubo rígido PVC M25 , cable 3x ( 7 x 0,75mm<sup>2</sup>)+ 1x(4 x 0,75 mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Tramo B3: 1m tubo PVC M32x ( 7 x 0,75mm<sup>2</sup>)+ 1x(4 x 0,75 mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A3-B3con regleta conexión</li> <li>- Caja derivación línea B3 con regleta conexión</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M32</li> <li>- Tubo curvado rigido PVC M25</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>	1			1
32	Acometida línea 4 a electroválvulas	1			1

	<p>tramos A4, B4, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A4: 2 m. tubo rígido PVC M32 , cable 3x ( 7 x 0,75mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Tramo B4:1m tubo PVC M25 Cable 2x ( 7 x 0,75mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A4-B4 con regleta conexión</li> <li>- Caja derivación línea B4 con regleta conexión</li> <li>- Tubo curvado rígido PVC M32</li> <li>- Tubo curvado rígido PVC M25</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>				
33	<p>Acometida línea 5 a sensores tramos A2, B2, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A5: 2 m. tubo rígido PVC M21, cable 3x ( 4 x 0,5mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A5con regleta conexión.</li> <li>- Tubo curvado rígido PVC M21</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>	1			1
<b>N° Ord</b>	<b>Descripción clase obra y partes</b>	<b>N° partes iguales</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Parciales</b>	<b>Totales</b>
34	<p>Acometida línea 6 a electroválvulas tramos A6, con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A6: 2 m. tubo rígido PVC M21, cable 2x ( 7 x 0,75mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Tubo curvado rígido PVC M21</li> <li>- Caja derivación línea A6 con regleta conexión</li> <li>- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.</li> </ul>	1			1
35	<p>Acometida línea 7 a sensores tramo A7 con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo A7: 2 m. tubo rígido PVC M16, cable 1x ( 7 x 0,5mm<sup>2</sup>)</li> <li>- Caja derivación línea A7 con regleta conexión</li> <li>- Tubo curvado rígido PVC M16</li> </ul>	1			1

	- Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas, etiquetas cables.				
<b>5) CUADRO DE PROTECCION, MANDO Y CONTROL</b>					
<b>5a) Instalación alimentación y protección eléctrica.</b>					
38	Interruptor Diferencial II, 25A, 30 mA, 230v IDIF2, circuito mando, con contacto auxiliar NA	1			1
39	Interruptor magnetotérmico IMGGM, II, ca, 10 KA. In= 20A , con contacto auxiliar NA	1			1
40	Interruptor magnetotérmico IMCP, II, ca, 10 KA. In= 15A, con contacto auxiliar NA	1			1
41	Interruptor magnetotérmico IMGCM, II, ca, 10 KA. In= 32A, con contacto auxiliar NA	1			1
42	Trafo aislamiento 230/230 V	1			1
43	Unidad enchufe 2P+TT, externa antideflagrante 380 V	1			1
44	Interruptor rotativo 2 posiciones 500 V	1			1
45	Regletas de conexión 24 posiciones	1			1
46	Unidad Cableado, etiquetas, terminales	1			1
<b>5b) Panel frontal Cuadro de mando y control</b>					
47	Dibujo icono proceso de cm *cm	1			1
<b>Nº Ord</b>	<b>Descripción clase obra y partes</b>	<b>Nº partes iguales</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Parciales</b>	<b>Totales</b>
48	Luces 24v cc, neón diversos colores	56			56
49	Llave de permiso alimentación	1			1
50	Pulsador Manual redondo 24 V marcha, al cierre	31			31
51	Pulsador Manual redondo 24 V parada a la apertura	28			28
52	Luces verdes 24 v mm redondas de señalización	54			54
53	Selector 2 o 3 posiciones 22 mm	3			3
54	Llave de permiso proceso	1			1
55	Bocina sonora 24 V	1			1
56	Pulsador seta de emergencia 22 mm	1			1
<b>5c) Elementos de control automático externos</b>					
57	Controlador ON-OFF de Omron modelo E5CSV	1			1
58	Controlador PID de Omron modelo o similar E5CN	1			1
59	Temporizador Omron K3GN	1			1

60	Contador Omron K3GN	1			1.
61	Visualizador H8GN	1			1
62	Cable comunicación 485	1			1
63	Memoria 32 Mb Compact Flash	1			1
	<b>5d) Elementos de control automático internos</b>				
64	Fuente alimentación PLC CJ1W-PD025	2			2
65	Unidad central CPU CJ1M 13 ETN	1			1
66	Unidad entrada digital CJ1W-ID211	9			9
67	Unidad salida digital CJ1W-OC211	3			3
68	Unidad entrada analógica CJ1W-AD081	1			1
69	Unidad control de E/S CJ1W-IC101	1			1
70	Unidad interfaz de E/S CJ1W-II101	1			1
71	Relé estado sólido SSR	1			1
72	Cable conexión entre rack	1			1
73	Terminal puerta conexión PLC	3			3
74	Regleta instrumentación	208			208
75	Unidad relee auxiliar 24 v	10			10
76	Relé de estado sólido SSR	1			1
77	Fuente alimentación 24 v cc, 60 w	3			3
78	Mt. Canaleta calada	6			6
79	Placa fondo metalico 980*790	1			1
80	Cuadro acero inoxidable estanco	1			1
81	Mt. Conductor 0,5 mm <sup>2</sup>	250			250mt
82	Soporte a planta piloto metálico.	1			1
83	Mt. guía interna calada.	6			6 m.
84	Mt. Carril Din	4			4 m..
85	Borne conexión.	550			550
<b>Nº Ord</b>	<b>Descripción clase obra y partes</b>	<b>Nº partes iguales</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Parciales</b>	<b>Totales</b>
86	Etiquetas identificación cable	1500			1500
<b>6)SEGURIDAD</b>					
87	Sensor de detección de metanol	1			1
88	Ud. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm <sup>2</sup> )	1			1
	-----	-----	-----	-----	-----

## 2) PRECIOS UNITARIOS

	DESIGNACIÓN	Euros
	<b>EQUIPOS DE AUTOMATIZACION</b>	
1	Autómata programable CJ1M- CPU13-ETN	300
2	Unidad entrada digital CJ1W-ID211	240
3	Unidad salida digital CJ1W-OC211	220
4	Unidad entrada analógica CJ1W-AD081	765
5	Fuente alimentación del PLC CJ1W-PD025	277
6	Unidad control de E/S CJ1W-IC101	240
7	Unidad interfaz de E/S CJ1W-II101	200
8	Controlador ON-OFF : E5CSV-R1TD-500	175
9	Controlador PID E5CN-Q2MT-500	284
10	Relé estado sólido G3PA-220B-VD-5-24cc y cartucho G32A-A20-VD	68,8
11	Temporizador-contador H8GN-AD	235
12	Visualizador K3GN-ND-2 24 VDC	194
13	Cable unidad de control	15

<b>EQUIPOS DE SEÑALIZACIÓN DEL CUADRO</b>		
14	Lámpara de señalización 24 V, 16 mm	2,57
15	Pulsador de emergencia A22E, 22 mm	11,2
16	Pulsador de marcha o parada A165L 16 mm	2,57
17	Selector de maniobra 22 mm	10
18	Bocina	9
19	Lámpara de señalización neón interface HMI	1
20	Llave general	3
21	Relé maestro de control	2

<b>CUADRO MANDO Y CONTROL</b>		
22	Cuadro 1000*800*260 mm en Acero con accesorios	160
23	Soporte cuadro perfil acero	95
24	Regleta conexión instrumentación (unidad)	1,2
25	Regleta conexión fuerza(unidad)	0,58
26	Canaletas caladas interior PVC	
27	Carril DIN Perfil Omega Perforado	1,7
28	Regleta equipotencial para 24 V cc, o tierra 14 orificios	5
29	Brida sujeta cable	0,1
30	Terminal para cable	0,1
31	Mt conductor unipolar instrumentación 500 V, 0,5 mm <sup>2</sup>	0,2

<b>DESIGNACIÓN</b>		<b>Euros</b>
<b>SISTEMA ACOMETIDA ELEMENTOS PLANTA</b>		
32	Metro cable 1x(7x0,5mm <sup>2</sup> )	2
33	Metro cable 1x(4x0,5mm <sup>2</sup> )	1,2
34	Metro cable 1x(2x0,5mm <sup>2</sup> )	0,5
35	Metro cable 1x(7x0,75mm <sup>2</sup> )	2,5
36	Metro cable 1x(4x0,75mm <sup>2</sup> )	1,4
37	Metro cable 1x(2x0,75mm <sup>2</sup> )	0,8
38	Caja derivación rectangular metálica	
39	Caja derivación rectangular metálica	20
40	Abrazaderas con tornillos y tuercas para tubo de 1"	0,65
41	Brida cables	0,007
42	Regleta conexión caja derivación 12 polos	2
43	Metro tubo coarugado flexible M 11	1,1
44	Tubo curvado PVC M32	1,5
45	Tubo curvado PVC M25	1,2
46	Tubo curvado PVC M21	1
47	Tubo curvado PVC M16	0,9
48	Tubo curvado PVC 11	0,8

49	Unión para tubo PVC eléctrico de 32	0,8
50	Unión para tubo PVC 29 (Racor o manguito)	0,5
51	Unión para tubo PVC 21 (Racor o manguito)	0,4
52	Unión para tubo PVC 16 (Racor o manguito)	0,35
53	Unión para tubo PVC 11 (Racor o manguito)	0,3
54	Tubo PVC M32 3 m.	2
55	Tubo PVC M25 3 m.	1
56	Tubo PVC M 21 3m.	0,85
57	Tubo PVC M16 3m.	0,7
58	Tubo PVC M11 3m	0,6
59	Prensaestopa M 32	15
60	Prensaestopa M 29	10
61	Prensaestopa M 21	5
62	Prensaestopa M 16	4
63	Prensaestopa M 11	3
64	Junta 36	0,5
65	Junta 21	0,25
66	Junta 11	0,15

	<b>SISTEMA ALIMENTACION Y PROTECCION ELECTRICA</b>	
67	Interruptor Diferencial II, 25 A 230 V, 30 mA	66
68	Interruptor Magnetotérmico 32 A, 220 V, II + contacto NA	27
69	Interruptor magnetotérmico 15 A, 220 V, II + contacto NA	27
	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>Euros</b>
70	Interruptor magnetotérmico 20 A, 220 V, II + contacto NA	27
71	Base de enchufe bipolar+TT con interruptor	15
72	Transformador de aislamiento	52,7

	<b>SISTEMA DE ACTUACIÓN (Contactores y electroválvulas)</b>	
73	Contacto auxiliar de contactor J73KN	9,8
74	Contactador J7KNA-AR 9A 230 V	20
75	Contactador J7KNA-AR 20A, 230V	24
76	Relé térmico J73KN	6
77	Fuente alimentación S8TS	142
78	G2RV Relé auxiliar	2,57
79	Electroválvula 2/2 serie 210 24 V cc roscada	390
80	Electroválvula 2/2 serie 030 24 V cc roscada	285
81	Electroválvula 2/2 serie 272 24 V cc roscada	300

	<b>SISTEMA DE LECTURA (SENSORES)</b>	
--	--------------------------------------	--

82	Nivel magnético. Racor 2"G. Un flotador. Tubo hasta 1000mm.	212
83	Nivel magnético. Racor 1"G. Un flotador. Tubo hasta 1000mm	164
84	Nivel magnético. Racor 1"G. Tres flotadores. Tubo hasta 1000	284
85	Sonda temperatura PT100. Cabezal Din B. Salida 4 a 20 mA	122
86	Sensor Nivel de pH Analógico 4-20 mA	200
87	Sensor Nivel capacitivo analógico salida 24 V. cc. 4-20 mA	198
88	Sensor Detector Metanol	179
89	Sensor nivel digital RFS-11A	90

### 3) PRESUPUESTO

UNIDADES DE OBRA	EUROS
<b>1) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO PRETRATAMIENTO</b>	
Ud. Sensor multinivel capacitivo tres niveles (ATP , BTP, BTSP)	198
Ud. Sensor multinivel capacitivo tres niveles (ATP , BTP, BTSP)	122
Ud. Electroválvula VSTSP serie 030, 2/2, 24 v	285
2 Uds. de alimentación a sensor: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm <sup>2</sup> )	17,2
Ud. de alimentación a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y Cond. 1(4 x .75 mm <sup>2</sup> )	8,8
M/O Directa	189,3
M/O Indirecta	9,47
<b>TOTAL</b>	<b>829,77</b>

<b>2) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO DE REACCIÓN</b>	
<b>2a) Instalación trasvase</b>	
Ud. Electroválvula VPTP serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA.	390

Ud. de alimentación a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2)	8,8
<b>2b) Instalación proceso de reacción</b>	0
Ud. Sensor Nivel magnético multinivel, de 3 niveles (ATR,BTR,BG) 24 v	284
Ud. Sensor temperatura Pt100 alimentación 24 V cc, 4 24 mA 3 hilos (TTR)	122
Ud. Sensor nivel flotador, BTS, 24V	164
2 Uds. Sensor nivel magnético 2 flotadores (ATMX, BTMX) y BTME	448
6 Uds. Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro. VPA, VSTG, VRPTR, VPTME, VMETR, VEME	2340
Ud. Electroválvula VPTS, serie 272,2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 1/4" diámetro.	300
Ud. de alimentación a sensor BTS: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(2 x .5 mm2)	7,9
2 Uds. de alimentación y protección sensor TTR, NTR (ATR,BTR,BG): tubo PVC protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	17,2
Ud. de alimentación y protección a sensor NTMX: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm2)	8,6
6 Uds. de alimentación y protección a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2) VPA, VSTG, VRPTR, VPTME, VMETR, VEME	52,8
<b>UNIDADES DE OBRA</b>	<b>EUROS</b>
M/O Directa	1242,99
M/O Indirecta	62,15
<b>TOTAL</b>	<b>5448,44</b>

<b>3) INSTALACIÓN CONTROL PROCESO TRASVASE Y LAVADO</b>	
<b>3a) Instalación trasvase</b>	
4 Uds. Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro. VSTB1, VSTB2, VPTB, VRTB	1560
4 Uds. de alimentación y protección a electroválvula: tubo PVC protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas identificativas y conductor 1(4 x .75 mm2)	35,2
<b>3b) Instalación proceso lavado</b>	
2 Uds. Electroválvula serie 030, 2/2, 24 v, con contacto auxiliar NA. 3/4" diámetro.(VATA, VSTAS)	570
Ud. Electroválvula serie 210, 2/2, 24 v, con cont. auxiliar NA. 3/4" VETA	390
Ud. Electroválvula serie 272, 2/2, 24 v, con cont. auxiliar NA. 1/4" ,VPTO	300

Ud. Sensor digital multinivel magnético 24 v cc, para medir tres niveles (BAS, BTB, ATB)	284
Ud. Sensor analógico pH 24 v con contacto auxiliar NA, PHTB	200
Ud. Sensor analógico TTA, pT100 4 20 mA	122
Ud. Sensor nivel magnético digital 24 v cc. ATA	164
Sensor nivel digital contacto BTO	90
4 Uds. de alimentación y protección a electroválvula: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y conductor 1(4 x .75 mm <sup>2</sup> )	35,2
2 Uds. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(2 x .5 mm <sup>2</sup> )	15,8
3 Uds. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm <sup>2</sup> )	25,8
M/O Directa	1137,6
M/O Indirecta	56,88
<b>TOTAL</b>	<b>4986,48</b>

<b>4) INSTALACIÓN DE ACOMETIDA GENERAL A INSTRUMENTACIÓN DE PLANTA</b>	
<b>Acometida línea 1 a electroválvulas tramos generales A1, B1, con :</b>	
Tramo A1: 2 m. tubo rígido PVC M32, cable 3x(7x0,75mm <sup>2</sup> )	13,2
Tramo B1: 1 m. tubo rígido PVC M25, cable 2x(7x0,75mm <sup>2</sup> )	5,28
<b>UNIDADES DE OBRA</b>	<b>EUROS</b>
Ud. Caja derivación línea A1 B1 con regleta conexión	20
Ud. Caja derivación línea B1 con regleta conexión	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M32	1,5
Ud. Tubo curvado rígido PVC M25	1,2
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>Acometida línea 2 a sensores tramos A2, B2, con :</b>	
Tramo A2: 2 m. tubo rígido PVC M32, cable 3x(7x0,5mm <sup>2</sup> )	13,2
Tramo B2: 1 m. tubo rígido PVC M25, cable 2x(7x0,5mm <sup>2</sup> )	5,28
Ud. Caja derivación línea A2 B2 con regleta conexión	20
Ud. Caja derivación línea B2 con regleta conexión	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M32	1,5
Ud. Tubo curvado rígido PVC M25	1,2
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>Acometida línea 3 a electroválvulas tramos A1, B1, con :</b>	
Tramo A3: 4 m tubo PVC M25, 3x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )+ 1x(4 x 0,75 mm <sup>2</sup> )	36,84
Tramo B3: 1 m tubo PVC M32, 2x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )+ 1x(4 x 0,75 mm <sup>2</sup> )	7,00

Caja derivación línea A3 B3 con regleta conexión	20
Caja derivación línea B3 con regleta conexión	20
Tubo curvado rígido PVC M32	1,5
Tubo curvado rígido PVC M25	1,2
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>Acometida línea 4 a electroválvulas tramos A4, B4, con :</b>	
Tramo A4: 2 m. tubo rígido PVC M32, cable 3x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )	13,2
Tramo B4: 1m tubo PVC M25, cable 2x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )	5,28
Ud. Caja derivación línea A4 B4 con regleta conexión	20
Ud. Caja derivación línea B4 con regleta conexión	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M32	1,5
Ud. Tubo curvado rígido PVC M25	1,2
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>Acometida línea 5 a sensores tramos A2, B2, con :</b>	
Tramo A5: 2 m tubo rígido PVC M21, cable 3x ( 4 x 0,5mm <sup>2</sup> )	7,69
Ud. Caja derivación línea A5 con regleta conexión.	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M21	1
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>Acometida línea 6 a electroválvulas tramos A6, con :</b>	
Tramo A6: 2 m. tubo rígido PVC M21, cable 2x ( 7 x 0,75mm <sup>2</sup> )	5,31
Ud. Caja derivación línea A6 con regleta conexión	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M21	1
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
<b>UNIDADES DE OBRA</b>	<b>EUROS</b>
<b>Acometida línea 7 a sensores tramo A7 con :</b>	
Tramo A7: 2 m. tubo rígido PVC M16, cable 1x ( 7 x 0,5mm <sup>2</sup> )	4,42
Ud. Caja derivación línea A7 con regleta conexión	20
Ud. Tubo curvado rígido PVC M16	0,9
Pequeño material prensaestopas, grapas, uniones, arandelas, juntas..	10
M/O Directa	126,12
M/O Indirecta	6,31
<b>TOTAL</b>	<b>552,83</b>

<b>5) CUADRO DE PROTECCION, MANDO Y CONTROL</b>	
<b>5a) Instalación alimentación y protección eléctrica.</b>	
Ud. Interruptor Diferencial II, 25A, 30 mA, 230v IDIF2, circuito mando, con contacto auxiliar NA	66,00
Ud. Interruptor magnetotérmico IMG M, II, ca, 10 KA. In= 20A , con contacto auxiliar NA	27,00
Ud. Interruptor magnetotérmico IMCP, II, ca, 10 KA. In= 15A, con contacto auxiliar NA	27,00

Ud. Interruptor magnetotérmico IMGC, II, ca, 10 KA. In= 32A, con contacto auxiliar NA	27,00
Ud. Trafo aislamiento 230/230 V	52,70
Ud. enchufe 2P+TT externa, Interruptor rotativo 2 pos. 500 V	15,00
24 Uds. Regletas de conexión fuerza	13,92
Unidad Cableado, etiquetas, terminales	12,00
<b>5b) Panel frontal Cuadro de mando y control</b>	
Ud. Dibujo icono proceso de cm *cm con pantalla de metacrilato	90,00
56 Uds. Luces 24v cc, neón diversos colores	56,00
Ud. Llave de permiso alimentación	3,00
31 Uds. Pulsador Manual redondo 24 V marcha, al cierre	79,67
28 Uds. Pulsador Manual redondo 24 V parada a la apertura	71,96
Luces verdes 24 v mm redondas de señalización	138,78
3 Uds. Selector 2 o 3 posiciones 22 mm	30,00
Ud. Llave de permiso proceso	3,00
Ud. Bocina sonora 24 V	9,00
Ud. Pulsador seta de emergencia 22 mm	11,20
<b>5c) Elementos de control automático externos</b>	
Ud. Controlador ON OFF de Omron modelo E5CSV	175,00
Ud. Controlador PID de Omron modelo o similar E5CN	284,00
Ud. Temporizador Omron K3GN	194,00
Ud. Contador Omron K3GN	194,00
Ud. Visualizador H8GN	235,00
Ud. Cable comunicación 485	15,00
Memoria 32 Mb Compact Flash	9,37
<b>UNIDADES DE OBRA</b>	<b>EUROS</b>
<b>5d) Elementos de control automático internos</b>	
2 Uds. Fuente alimentación del PLC CJ1W PD025	554,00
Ud. central CPU CJ1M 13 ETN Omron	300,00
Ud. entrada digital CJ1W ID211	2160,00
Ud. salida digital CJ1W OC211	660,00
Ud. entrada analógica CJ1W AD081	765,00
Ud. control de E/S CJ1W IC101	240,00
Ud. interfaz de E/S CJ1W II101	200,00
Ud. Relé estado sólido SSR	68,80
Ud. Cable conexión entre rack	15,00
3 Uds. Terminal puerta conexión PLC	0,30
208 Uds. Regleta instrumentación	249,60
10 Uds. Unidad relé auxiliar 24 v	25,70
3 Uds. Fuente alimentación 24 v cc, 60 w	426,00
6 Mt. Canaleta calada (lote 2 m)	38,16
Ud. Placa fondo metalico 980*790	20,00
Ud. Cuadro acero inoxidable estanco	160,00

Mt. Conductor 0,5 mm <sup>2</sup>	0,20
Ud. Soporte de planta piloto metálico.	95,00
6 Mt. guía interna calada.	12,00
4 Mt. Carril Din	6,80
550 Uds. Borne conexión.	99,00
1500 Uds. Etiquetas identificación cable	270,00
M/O Directa	2461,55
M/O Indirecta	123,08
<b>TOTAL</b>	<b>11414,4</b>

<b>6)SEGURIDAD</b>	
Ud. Sensor de detección de metanol	179,00
Ud. de alimentación y protección a sensor: tubo protector coarrugado flexible M 11, 2 prensaestopas, arandelas, juntas, etiquetas y cable 1(4 x .5 mm <sup>2</sup> )	8,60
M/O Directa	56,28
M/O Indirecta	2,814
<b>TOTAL</b>	<b>246,694</b>

<b>7) PROGRAMA CONTROL</b>	
Puesta a punto y ajuste de parámetros	<b>500,00</b>

<b>SUBTOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>23978,63</b>
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>3596,79</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>27575,42</b>

El presupuesto total de la Automatización de la Planta Piloto Móvil para Producción de Biodiesel asciende a la cantidad de VEINTISIETE MIL QUINIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS Y 42 CENTIMOS.

Cádiz, 25 de Septiembre de 2006.

Fdo : Julio Terrón Gutiérrez

