

# Capítulo 6

## Pruebas y Resultados

### 6.1 Simulación

STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. Además de servir como interfaz para poder cargar el programa realizado a la memoria de carga del PLC, por medio de módulos se puede simular el programa y monitorearlo en tiempo real desde la computadora. Para tener una mayor comprensión del trabajo realizado, a continuación se muestra la simulación del programa. Los valores de que se dieron a los sensores A, B, C, D, MN, OP, MN se muestran en la tabla 6.1:

Tabla 6.1 Valores de entrada de sensores

Sensor	Valor
A	1
B	0.9
C	2
D	2
MN	8
OP	7.5

En la figura 6.1 se muestra la pantalla de simulación del Step 7 “SimView” con los valores de entrada, el valor de pertenencia calculado por la función “Fuzzi” para los conjuntos de las variables, las reglas que se activan durante el control, la salida del control y las acciones de salida de los actuadores, activación de bomba, y posición de válvulas.

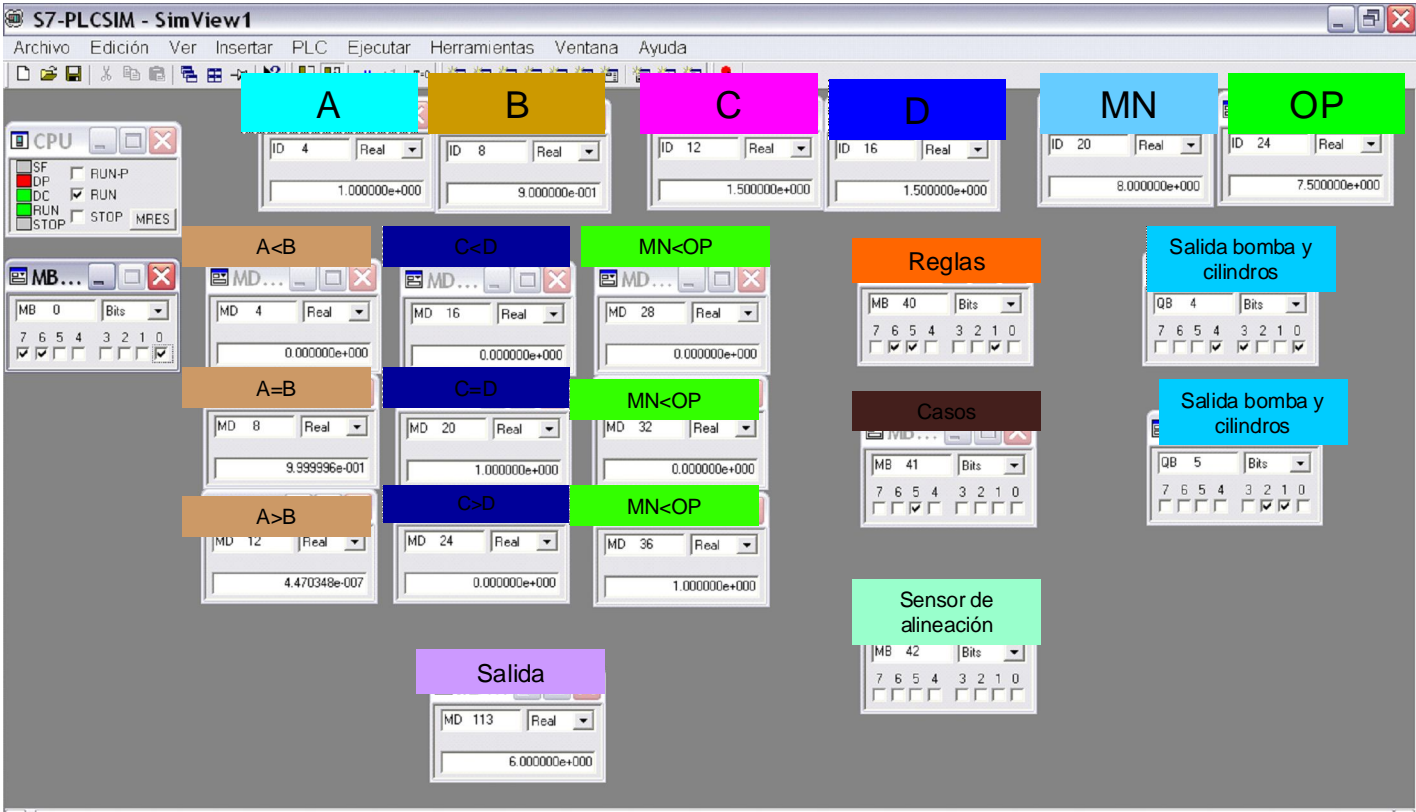


Figura 6.1 Pantalla “SimView”

En el programa OB1 se puede observar el estado de las marcas, funciones, entradas y salidas mientras se esta ejecutando la simulación. Las figuras 6.2 y 6.3 muestran la primera parte del programa, que es la comparación de sensores para obtener las variables de entrada del controlador difuso (AB,CD,MN-OP))

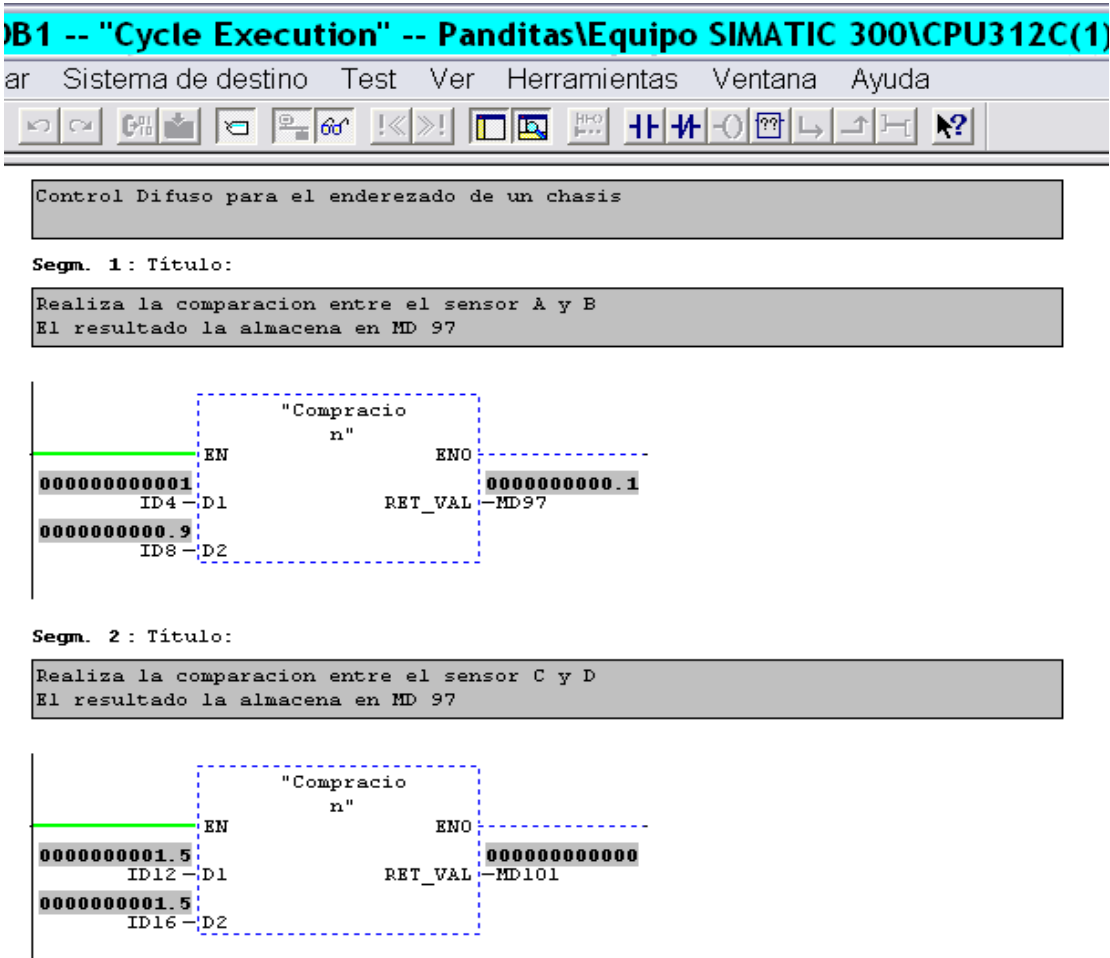


Figura 6.2 Comparación de sensores de entrada de A,B,C y D

Segm. 3 : Título:

```
Realiza la comparacion entre el sensor MN y OP
El resultado la almacena en MD 97
```

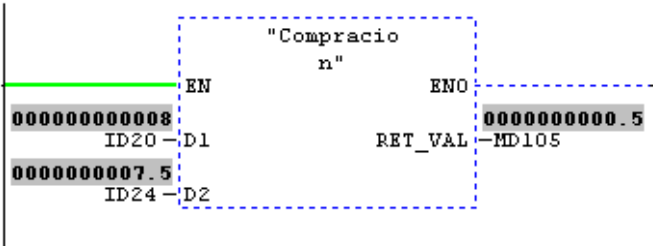


Figura 6.3 Comparación de sensores de entrada de MN y OP

Como se observa en la figura 6.2 y figura 6.3 los segmentos 1, 2 y 3 realizan la comparación de las variables, para este ejemplo A B se resta 1-0.9 que da como resultado 0.1, para CD se resta 1.5-1.5 que da 0 y para MN-OP se resta 8-7.5 que da 0.5

Una vez calculando las variables de entrada del controlador se mandan al bloque de función “Fuzzi” para que calcule el valor de pertenencia en cada unos de los conjuntos difusos. En la figura 6.4 se muestra para la variable AB, figura 6.5 variable CD y figura 6.6 variable MN-OP. Las operaciones que se realizan en la función “Fuzzi” se pueden observar en el Apéndice A en la sección FB1 “Fuzzi” y se realizan las operaciones descritas en el capítulo 2 en la figura 2.3.

Segm. 4 : Valor de pertenencia de la variable x1

La función "fuzzi" calcula el valor de pertenencia de la entrada MD 97 en cada conjunto de la variable difusa AB  
MD4 A<B MD8 A=B MD12 A>B

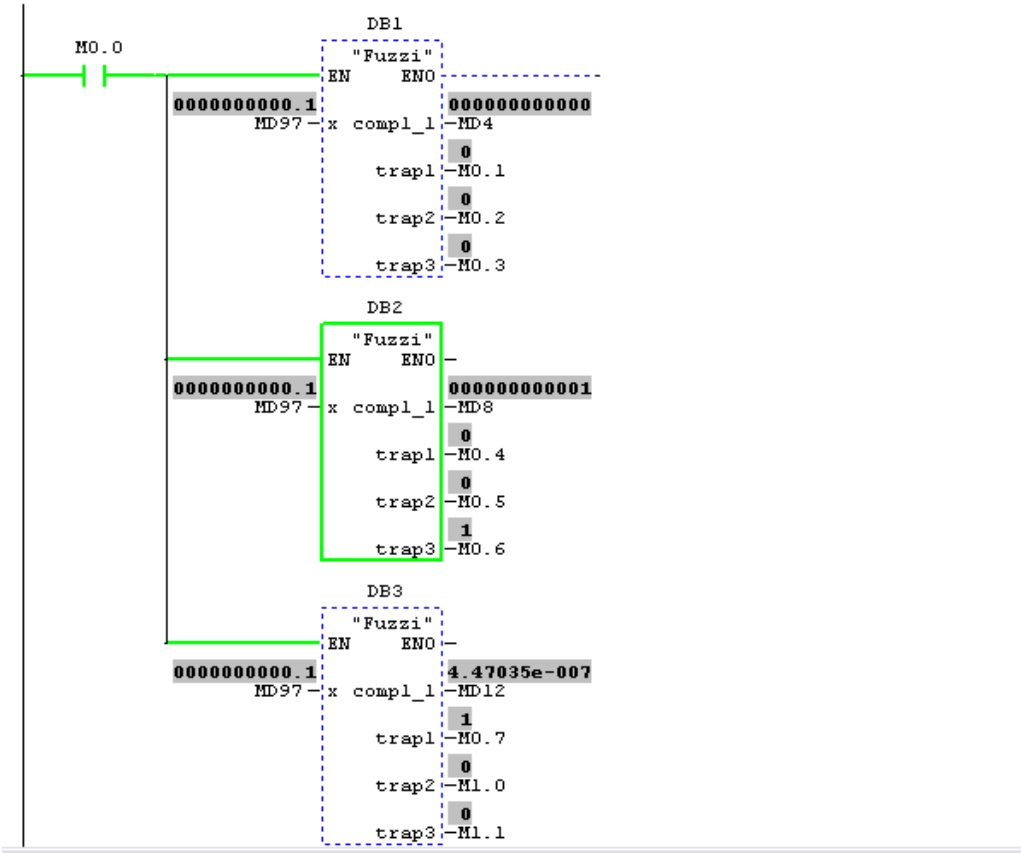


Figura 6.4 Valor de pertenencia para la variable AB

En la figura 6.5 se muestra el llamado a la función "fuzzi" para calcular el valor de pertenencia para la variable CD. Cada bloque tiene asociados un Boque de Datos (DB) en estos se encuentran declarados los puntos (p1,p2,p3 y p4) que delimitan los conjuntos difusos trapezoidales, estos DB's se pueden observar en el Apéndice A.

Segm. 5: Valor de pertenencia x2

La función "fuzzi" calcula el valor de pertenencia de la entrada MD 101 en cada conjunto de la variable difusa CD  
MD16 C<D    MD20 C=D    MD24 C>D

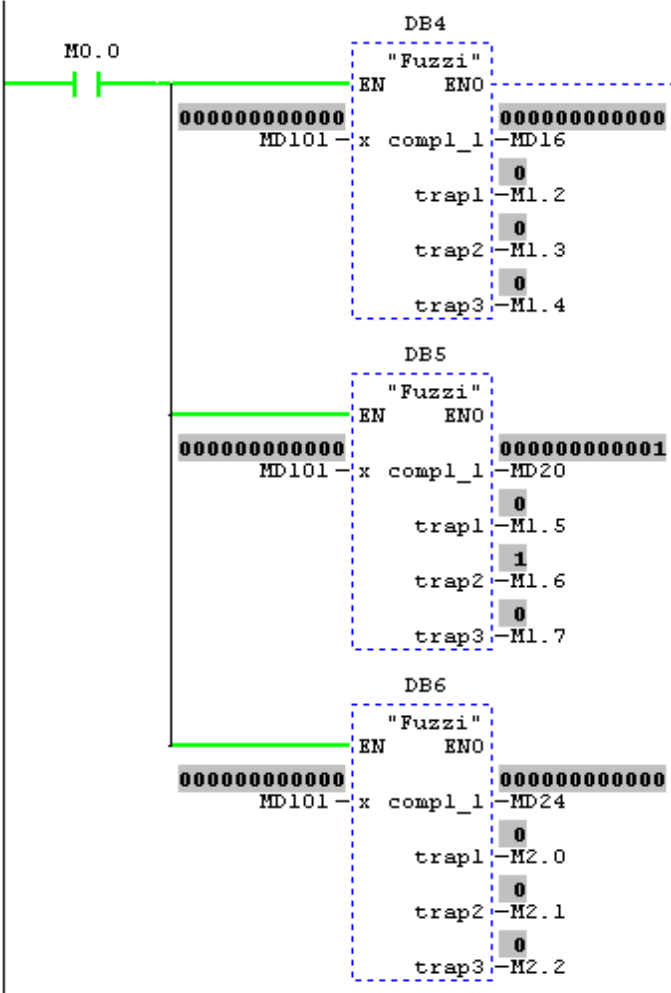


Figura 6.5 Valor de pertenencia para la variable CD

Segm. 6 : Valor de pertenencia x3

La función "fuzzi" calcula el valor de pertenencia de la entrada MD 105 en cada conjunto de la variable difusa AB  
 MD28 MN<OP    MD32 MN=OP    MD36 MN>OP

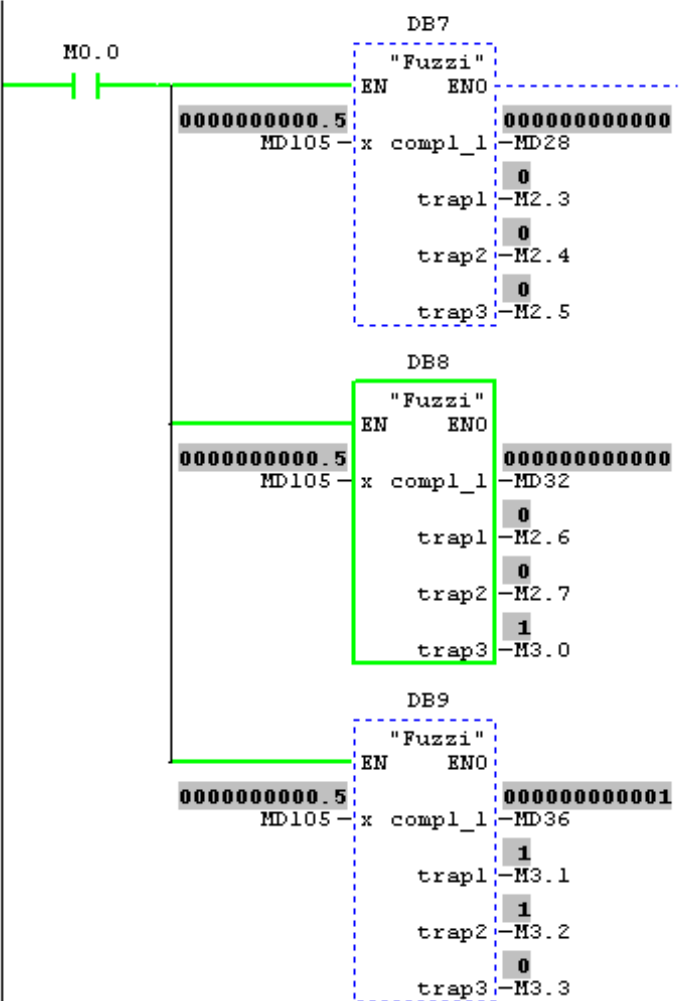
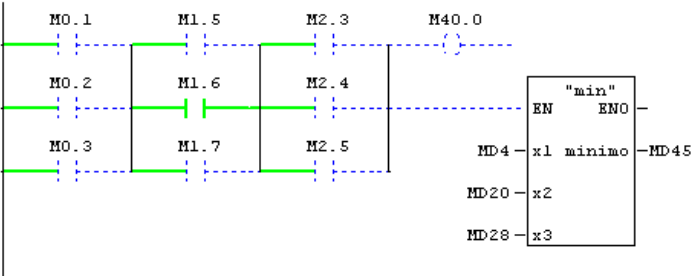


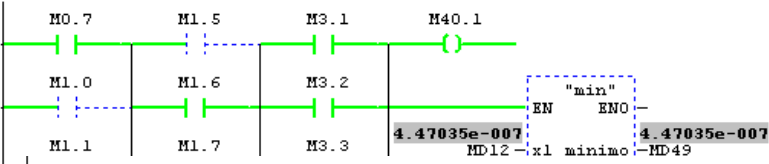
Figura 6.6 Valor de pertenencia variable MN-OP

En las siguientes figuras 6.7-6.9 se muestran las reglas de la base de conocimiento del control diseñado, si se activa alguna regla, se mandan los valores de pertenencia de los conjuntos que la activan, para calcular el mínimo. Los contactos activados están marcados con una línea seguida color verde, las líneas punteadas representan los contactos que se encuentran desactivados.

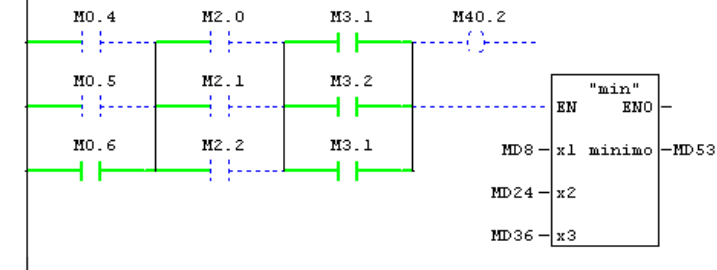
**Segm. 7 : Regla1**  
 Si A<B C=D MN<OP



**Segm. 8 : Regla2**  
 A>B C=D MN>OP



**Segm. 9 : Regla3**  
 A=B C>D MN>OP



**Segm. 10 : Regla4**  
 A=B C<D MN<OP

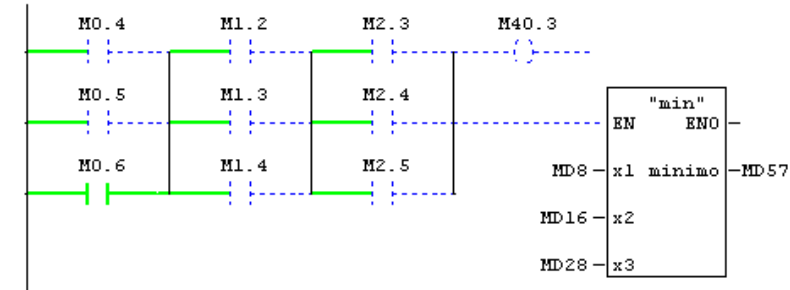
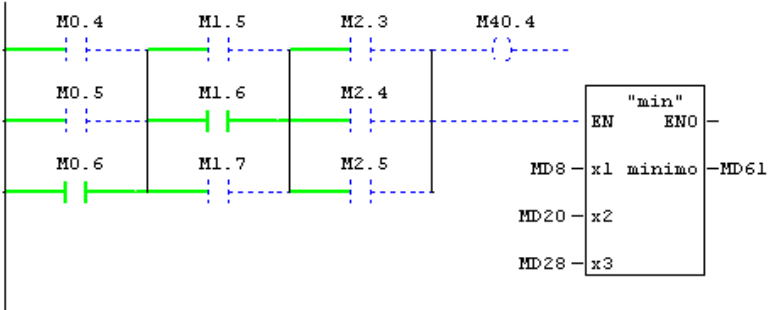


Figura 6.7 Reglas 1, 2, 3,4



**Segm. 11 : Regla5**

```
A=B C=D MN<OP
```



**Segm. 12 : Regla6**

```
A=B C=D MN>OP
```

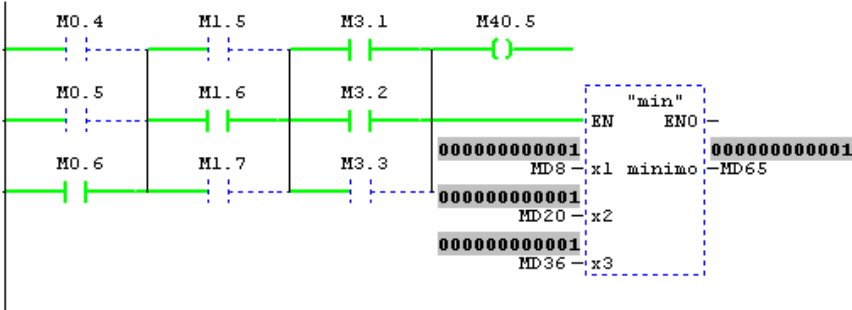


Figura 6.8 Reglas 5, 6

**Segm. 13 : Regla7**

```
A=B C=D MN=OP
```

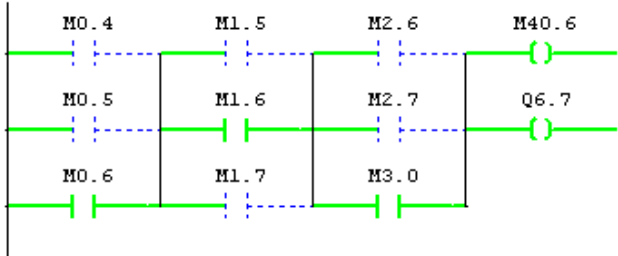
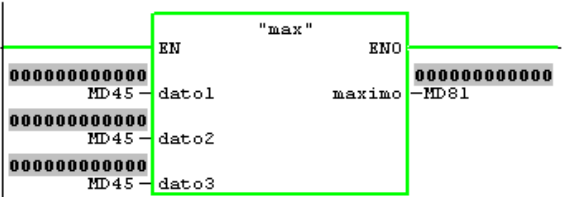


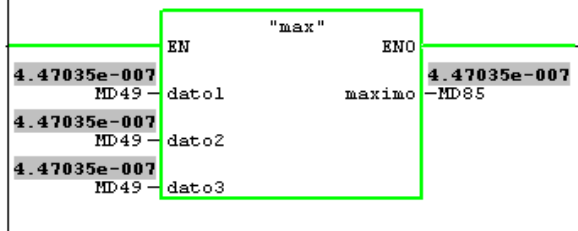
Figura 6.9 Regla 7

Como se puede observar en la figura 6.7 y 6.8 para los valores de entrada que se dieron se activaron las reglas 2 y 6, el siguiente paso sería mandar los mínimos de las reglas activadas que apuntarán a la misma salida a la función “max” (figura 6.10-6.11), para la base de conocimiento programada cada regla apunta a una sola salida, sin embargo se programó la función “max” para que más adelante cuando se amplíe la base de conocimiento y diferentes mínimos apuntaran a la misma regla ya se tenga la estructurada del programa.

**Segm. 14 : Título:**  
Caso 1  
Toma el valor maximo de las reglas que apuntan a las misma regla, en este caso solo una regla apunta a esa regla, se deja la funcion para cuando se amplie la base de conocimiento



**Segm. 15 : Título:**  
Caso 2  
Caso2



**Segm. 16 : Título:**  
Caso 3

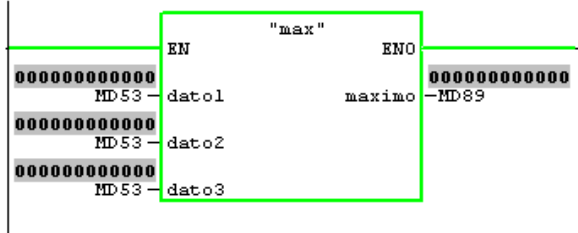


Figura 6.10 Máximos para las salidas Caso 1,2, 3

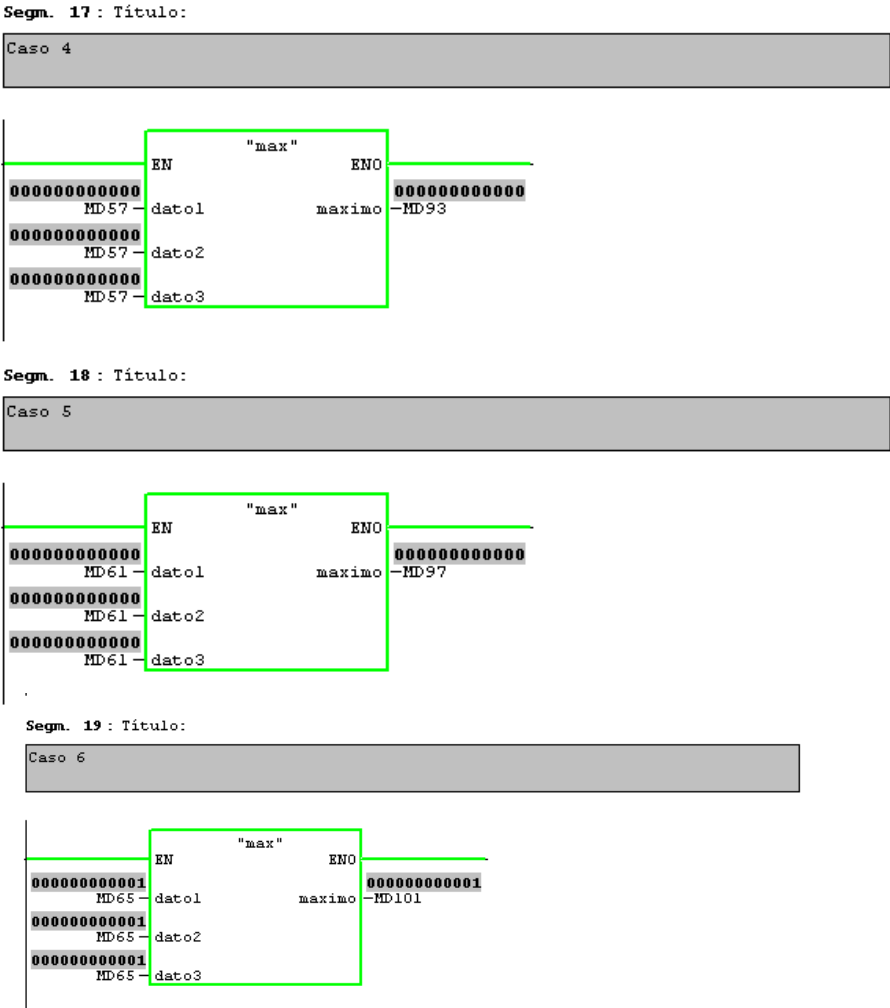


Figura 6.11 Máximos para las salidas Caso 4 -Caso 6

Y finalmente se manda el resultado de la inferencia al bloque de defusificación “SalidaM” (figura 6.12) para tener la respuesta del control en la marca MD113 para este caso la salida fue Caso 6

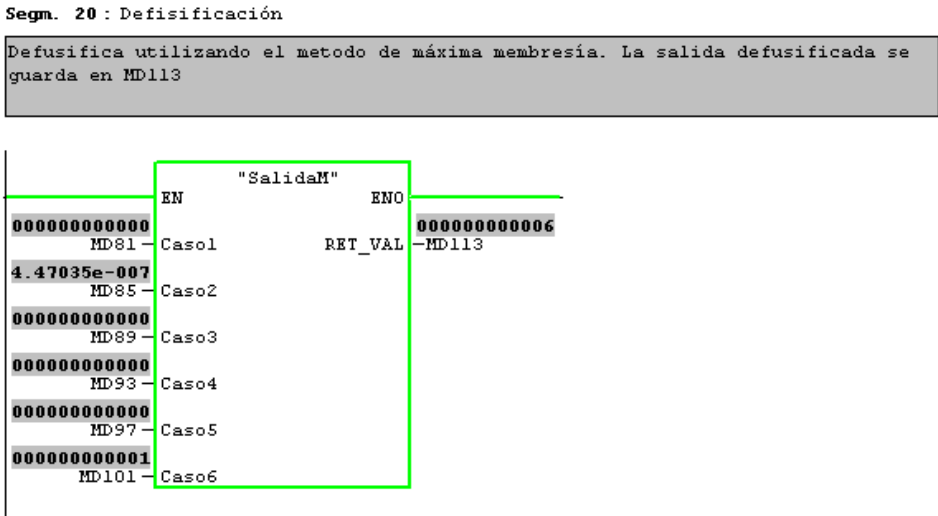


Figura 6.12 Bloque defusificador

Una vez clasificado el daño de la estructura del chasis, el siguiente paso es mandar las señales a los actuadores para realizar la reparación, figura 6.13 y figura 6.14.

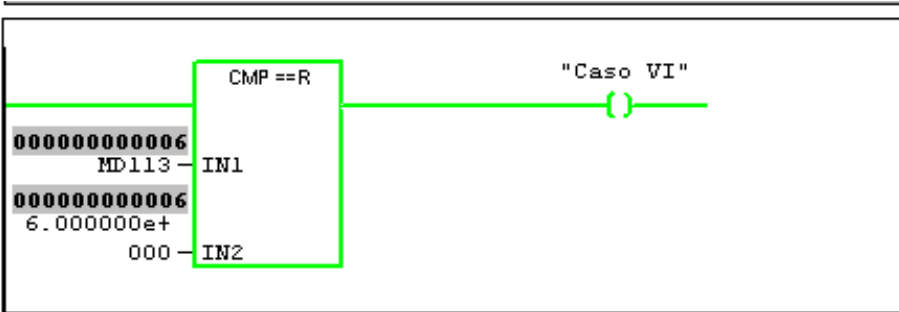


Figura 6.13 Caso 6

Es importante mencionar que para este tipo de electroválvulas solo una señal debe de estar activada, si hay dos señales activas la electroválvula se quedará en la posición

inicial que es la de retención, es decir el fluido que viene de la bomba es desviada al tanque y el orificio del cilindro hacia al tanque se encuentra cerrado. Además la señal debe de ser mantenida para que la electroválvula se quede en esa posición, por esta razón se utilizarán los relés de salida (S) set y (R) reset.

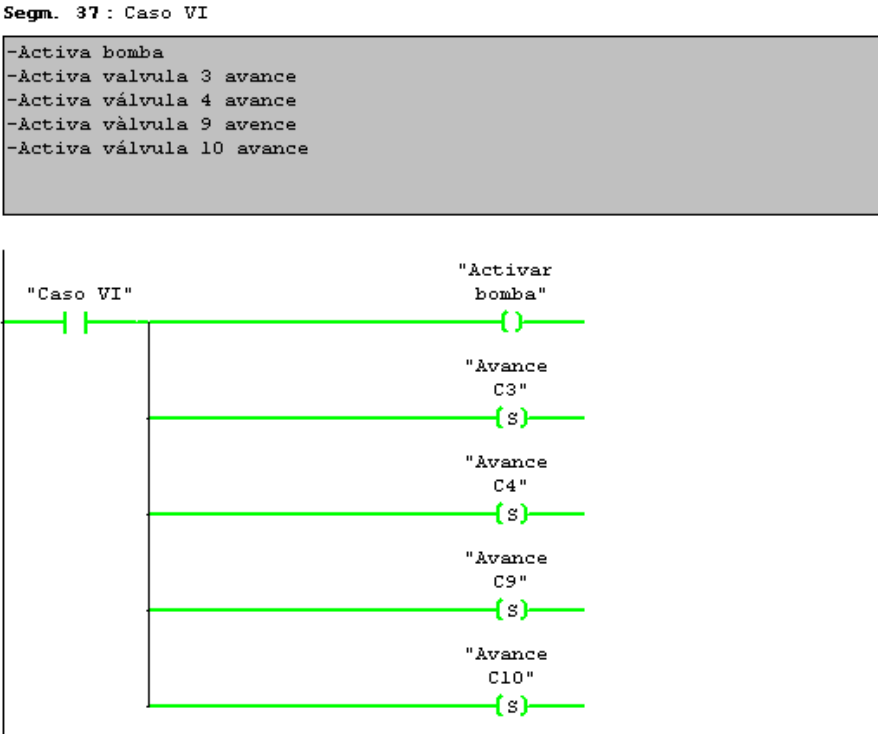


Figura 6.14 Caso 6: Señales de actuadores

En la figura 6.15 se muestra la instrucción para desactivar la señal de avance de los cilindros, estos se irán desactivando (figura 6.16) cuando les llegue la señal de los sensores de alineación estos se encuentran señalados en la figura 6.16 con un círculo en la ventana “Sensor de alineación”, cuando se alinea la estructura se manda una señal para apagar la

bomba y activar el retroceso de los cilindros (figura 6.17). Los sensores de alineación emularían lo que los operadores realizan cuando se esta enderezando la estructura, los operadores visualmente van cerrando las válvulas de aguja cuando “observan” que la estructura se endereza.

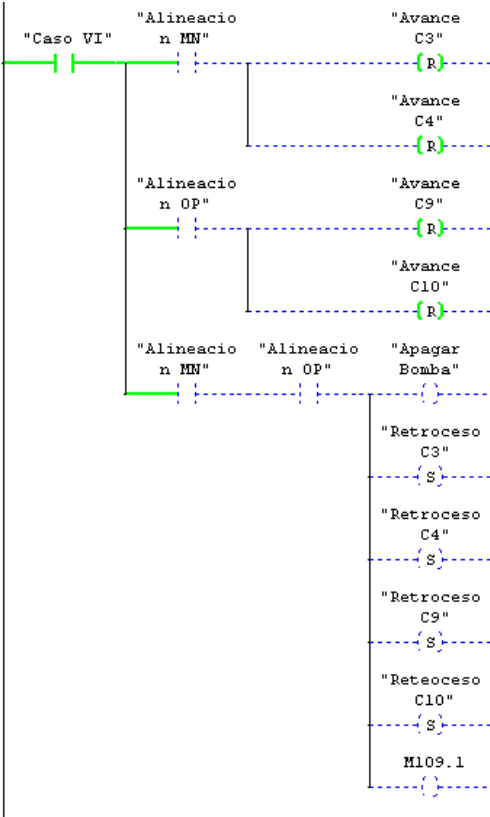


Figura 6.15 Bloque para desactivar la señal de avance

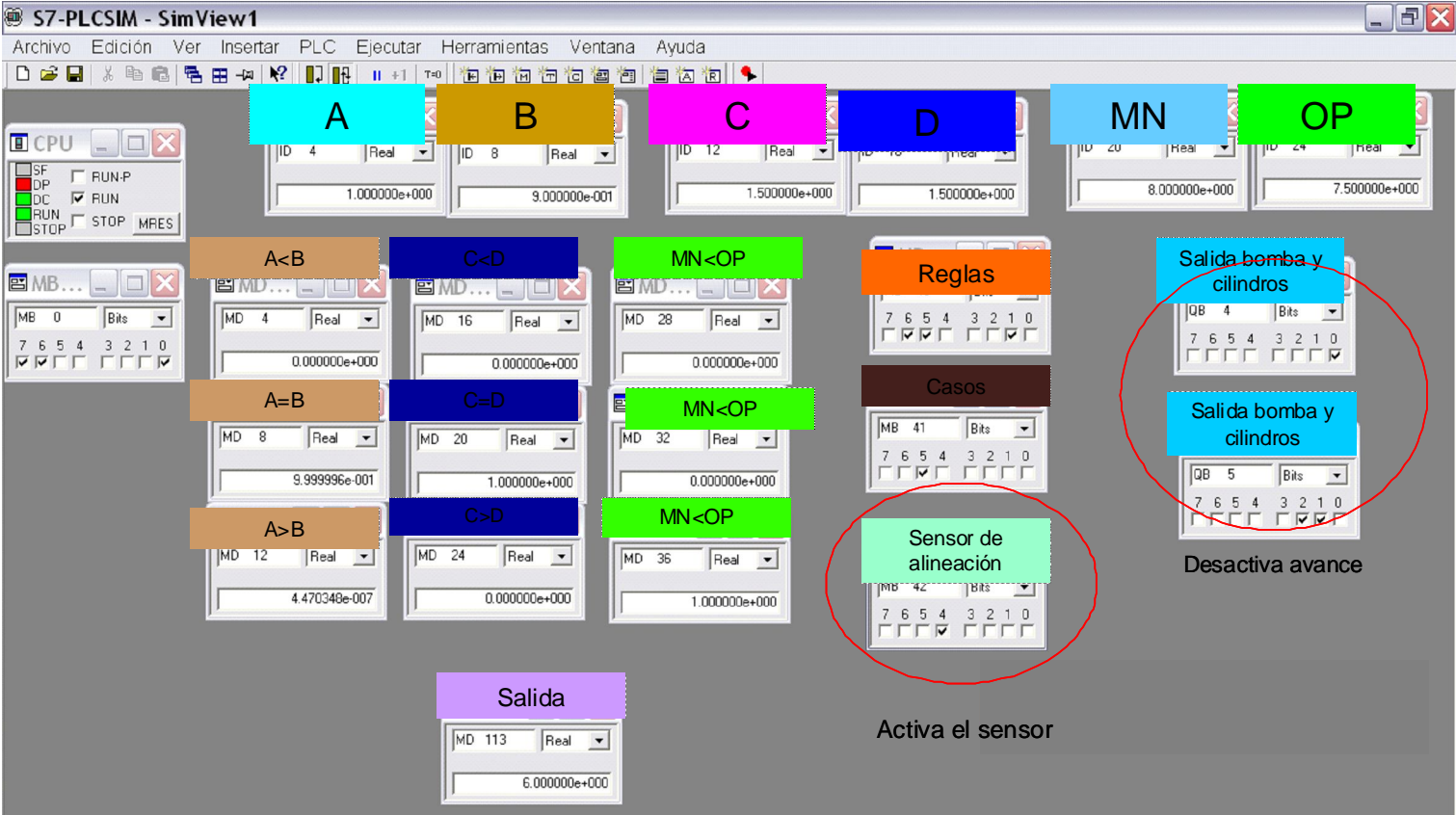


Figura 6.16 Activación del sensor de alineación MN

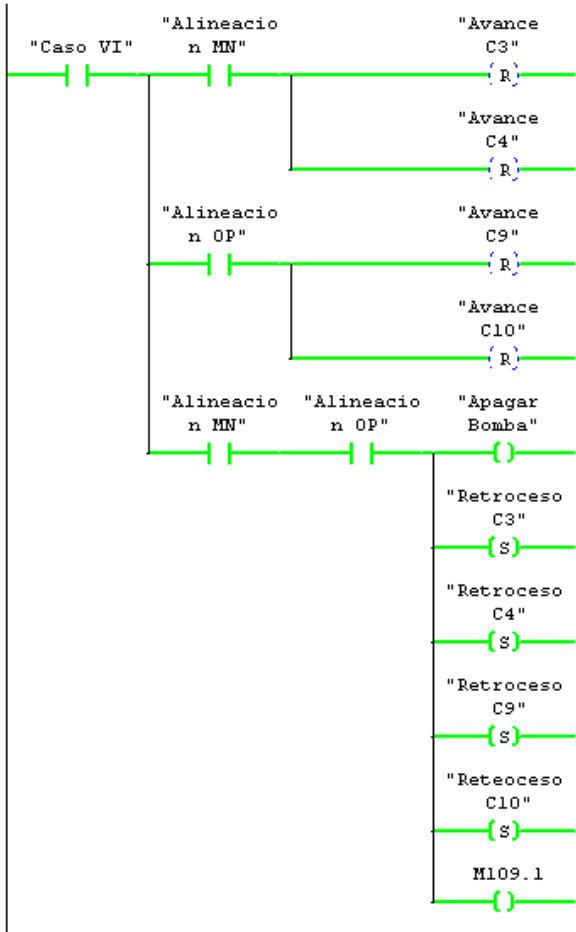


Figura 6.17 Desactiva avance de los cilindros y se activa el retroceso de los cilindros

Para desactivar la señal de retroceso de los cilindros, se utiliza un timer T1 (figura 6.18) que es activado con la marca M109.1, el valor del timer fue calculado en la ecuación (7) y es el valor que tarda el vástago en recorrer la distancia hasta el final de carrera, esto nos permitirá tener los cilindros en la posición inicial antes de desactivar la señal de retroceso (figura 6.19).



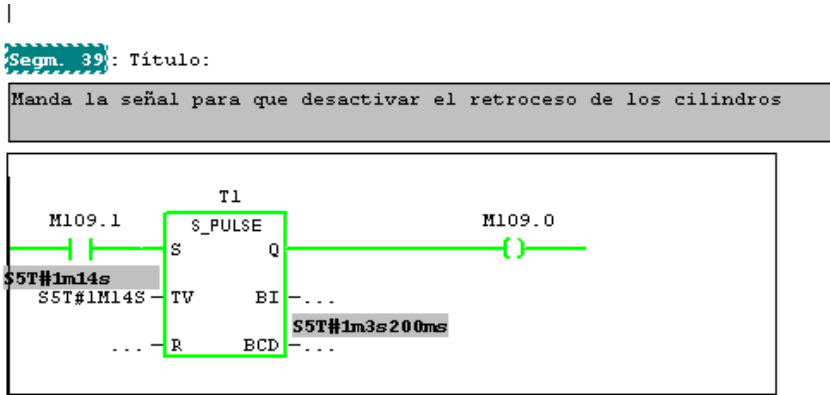


Figura 6.18 Activación Timer T1

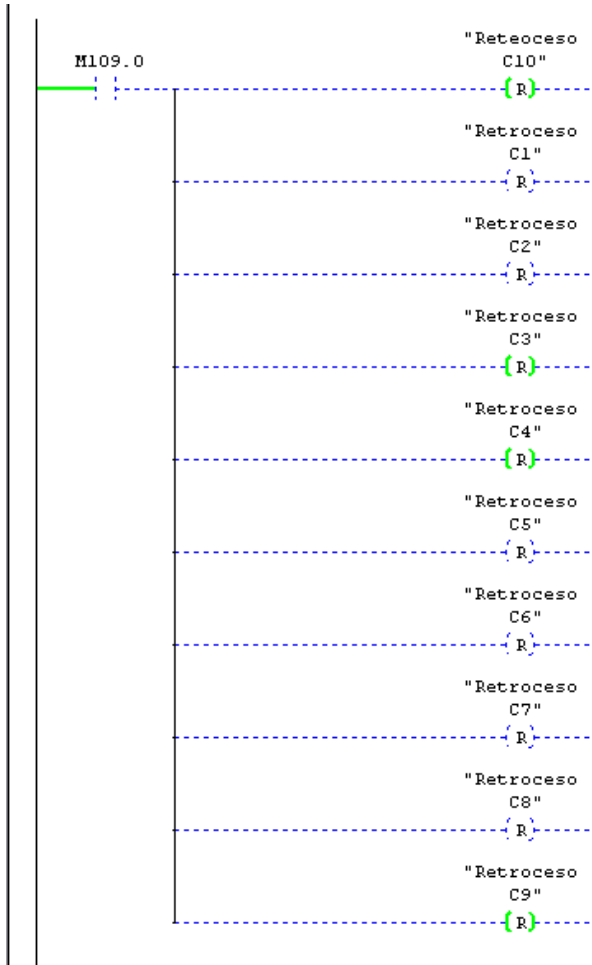


Figura 6.19 Bloque desactivación retroceso de cilindros

Para cada caso la activación de los cilindros y la desactivación de los mismos, es diferente, el programa completo se puede observar en el Apéndice A.

A continuación se presentan los valores que se usaron para probar los otros casos. Como se puede observar en la tabla 6.2 en la primera y segunda columna se encuentran los valores que se utilizaron como entrada al controlador en la simulación para probar el control difuso y en la tercera columna se muestra el la salida generada.

Tabla 6.2 Valores de prueba para Caso I-Caso VI

Sensor	Valor de entrada	Resultado	Sensor	Valor de entrada	Resultado
A	0.75	<b>CASO I</b>	A	1.8	<b>CASO IV</b>
B	1		B	1.8	
C	2		C	0.9	
D	2		D	1.4	
MN	6		MN	6.8	
OP	7		OP	7.4	
A	1.2	<b>CASO II</b>	A	0.9	<b>CASO V</b>
B	0.8		B	1	
C	1		C	1.3	
D	1		D	1.4	
MN	11		MN	6	
OP	9.5		OP	8.8	
A	2	<b>CASO III</b>	A	1	<b>CASO VI</b>
B	2		B	0.9	
C	2		C	2	
D	1.5		D	2	
MN	8		MN	8	
OP	6.5		OP	7.5	

## 6.2 Análisis de costos

A continuación se presentan los costos de los elementos electrónicos e hidráulicos tabla (6.3) que se requieren para poder implementar el control difuso del sistema de enderezado de chasis en frío diseñado en los capítulos anteriores. Esto permitirá a la empresa Frankfer Reparación de Equipo Pesado realizar una análisis de la inversión que se tendría que realizar para implementar el sistema y así poder decidir si es conveniente o no desde el punto de vista financiero.

Tabla 6.3 Costos de los elementos utilizados en el sistema de enderezado de chasis en frío

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	IVA	Total
Bomba eléctrica ZU4208 SB	1	\$4,701.25	\$705.19	\$5,406.44
Válvula VEF-11100 B	10	\$3,021.25	\$453.19	\$84,276.88
PLC Semens CPU 312C	1	\$1,000.00	\$150.00	\$1,150.00
Sensor de medición rango 200mm-1300mm	2	\$475.57	\$71.34	\$1,022.48
Sensor de medición rango 400mm-3000mm	2	\$672.57	\$100.89	\$1,446.03
Sensor de medición de 200mm-6000mm	2	\$708.71	\$106.31	\$1,523.74
Sensor de presencia 1.5 m	2	\$475.57	\$71.34	\$1,022.48
Sensor de presencia 2 m	2	\$672.57	\$100.89	\$1,446.03
Sensor de presencia 12 m	2	\$708.71	\$106.31	\$1,523.74

Mano de obra e instalación *				\$1,000.00
------------------------------	--	--	--	------------

**Total de la inversión**

**\$99,817.80**

Precios están en dólares y se tomará al tipo de cambio interbancario vigente

\* Tomado de trabajos realizados en Frankfer anteriormente

Las cotizaciones de los elementos se encuentran en el Apéndice B