

Capítulo 3

Diseño del control difuso del sistema de enderezado de chasis en frío

A partir de la teoría descrita en el Capítulo 2, se diseñó el control difuso para el sistema de enderezado de chasis en frío. En la primera parte del capítulo se describen las variables de entrada y salida. A continuación se muestran las reglas que forman parte de la base de

conocimiento y finalmente se explica el método de inferencia y defusificación que se seleccionaron para el control difuso del sistema de enderezado.

3.1 Variables de entrada y salida

El primer paso para diseñar un control difuso es determinar las variables de entrada y salida que éste necesitará para controlar la planta. En este caso las variables de entrada se determinaron a partir del conocimiento de los ingenieros expertos en el uso de la planta.

El método que se utiliza para determinar si un chasis está alineado consiste en tomar medidas de chasis. Estas medidas son tomadas de lado derecho e izquierdo de la estructura. Las medidas se comparan para saber si el chasis se encuentra desviado hacia alguno de los lados. A continuación se muestra en la figura 3.1 el diagrama del chasis con las medidas que se toman al evaluarlo:

- A es la distancia de la punta delantera izquierda del chasis al tornillo de centro de muelles del eje delantero izquierdo.
- B es la distancia de la punta delantera derecha del chasis al tornillo de centro de muelles del eje delantero derecho
- C es la distancia del puente soporte de la quinta rueda al puente de chasis de lado izquierdo.

- D es la distancia del puente soporte de la quinta rueda al puente de chasis de lado derecho.
- MN es la distancia del eje delantero al eje trasero de lado izquierdo
- OP es la distancia del eje delantero al eje trasero de lado derecho

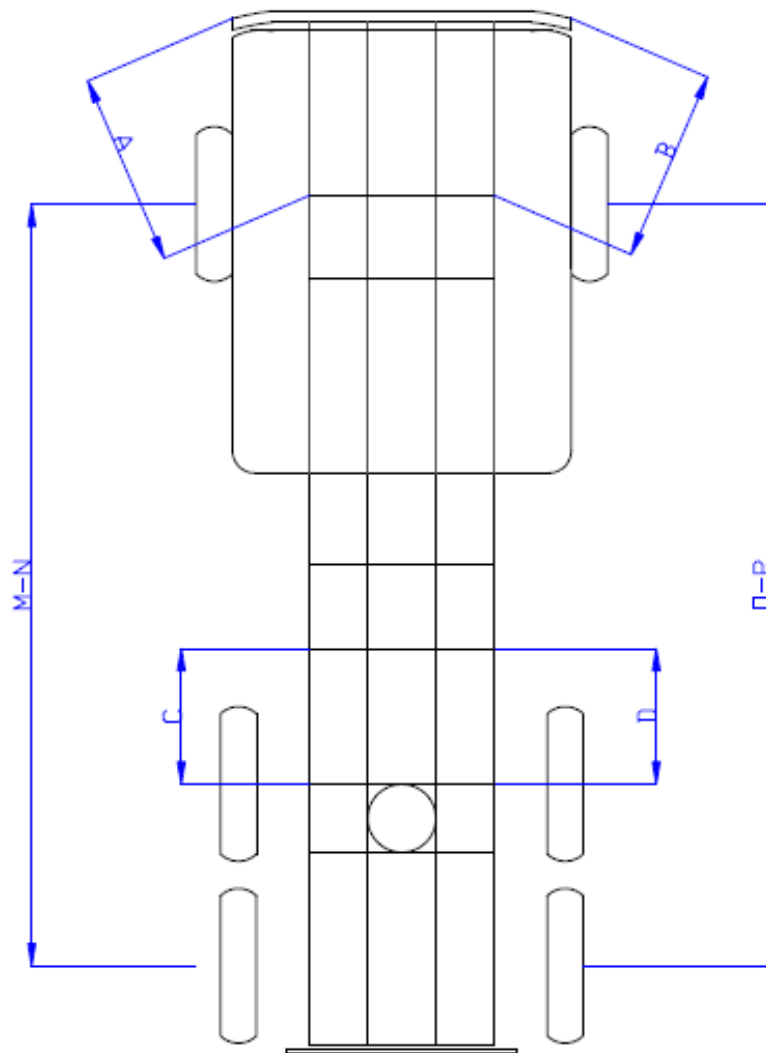


Figura 3.1 Diagrama de Chasis típico de un tracto camión

A continuación se describen las variables difusas del sistema, estas variables se crean a partir de la comparación de las medidas mencionadas anteriormente.

3.1.1 Variable AB

Si la estructura delantera del chasis se encuentra alineada, entonces $A=B$ es decir la distancia de la punta delantera del chasis al tornillo de centro de muelles del eje delantero izquierdo es igual a la distancia de la punta delantera del chasis al tornillo de centro de muelles del eje delantero derecho. Si se encuentra desviada a la izquierda $A<B$ y si se encuentra desviada a la derecha $A>B$. La figura 3.2 muestra los 3 conjuntos que forman la variable AB, por ser de forma trapezoidal cada conjunto esta definido por 4 puntos. Los límites de la variable están tomados del valor a máximo que podría tener la comparación de las medidas A y B físicamente en la estructura. El conjunto $A=B$ tiene los valores que presentan la figura 3.2 porque son los valores de tolerancia que se eligieron para considerar que ambos lados son iguales.

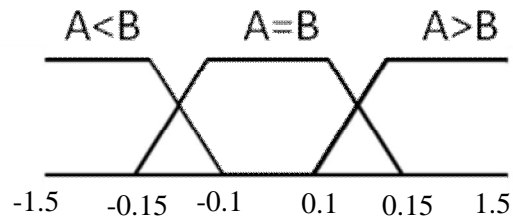


Figura 3.2 Variable de entrada AB

3.1.2 Variable CD

Si la barra del chasis se encuentra alineada $C=D$, es decir la distancia del puente de soporte de la quinta rueda al puente de chasis de lado izquierdo es igual a la distancia del puente de soporte de la quinta rueda al puente de chasis del lado derecho. Si se encuentra desviado al lado izquierdo $C<D$ y si se encuentra desviado a lado derecho $C>D$.

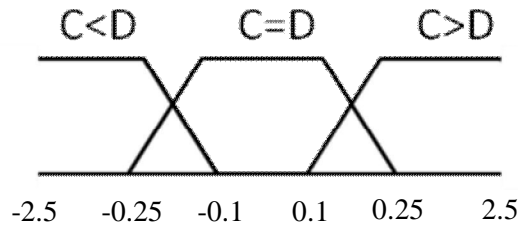


Figura 3.3 Variable de entrada CD

3.1.3 Variable MN- OP

Si la distancia del eje delantero al eje trasero de lado derecho es igual a la distancia de eje delantero al eje trasero de lado izquierdo entonces $MN=OP$. Si se encuentra desviado a lado izquierdo $MN<OP$ y si se encuentra desviado a lado derecho $MN>OP$.

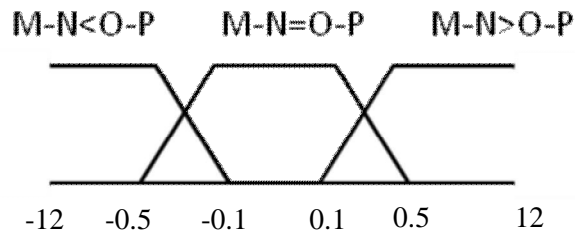


Figura 3.4 Variable de entrada MN OP

3.1.4 Variable de salida

La variable de salida se muestra en la figura 3.5. Como se puede observar está formada por 6 conjuntos, cada conjunto representa las características de daño que puede sufrir una estructura.

Caso 1: Torsión delantera izquierda

Caso 2: Torsión delantera derecha

Caso 3: Estructura diamantada izquierda

Caso 4: Estructura diamantada derecha

Caso 5: Torsión posterior izquierda

Caso 6: Torsión posterior derecha

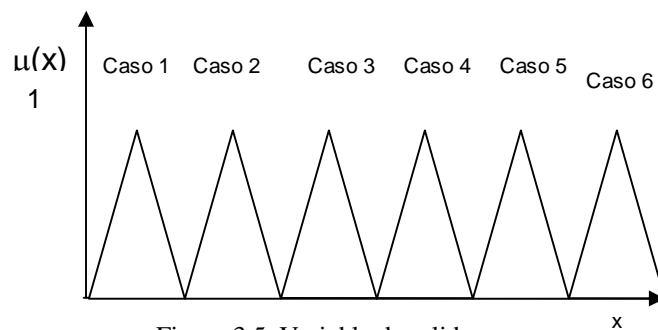


Figura 3.5 Variable de salida

Una vez que se han descrito las variables de entrada y salida con sus respectivos conjuntos difusos, es necesario establecer las reglas que conformarán la base de conocimiento que regirán el comportamiento del controlador. El éxito de la estrategia de control dependerá en gran medida del conocimiento que se tenga del proceso, dicho

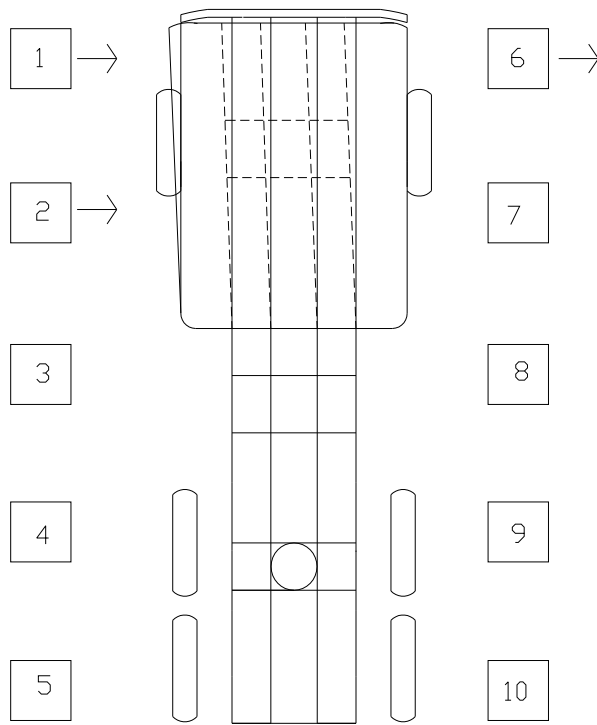
conocimiento proviene de los expertos del proceso. Para obtener este conocimiento se utilizaron una combinación de métodos de adquisición del conocimiento como: el experimental, el intuitivo.

El método experimental consiste en observar al experto resolviendo problemas sin influenciar el enfoque del experto al resolver el problema, un enfoque común es usar protocolos de pensamiento en voz alta para probar los mecanismos de solución de problemas, estos protocolos proporcionan información acerca de la organización de la base de conocimientos del experto, el conocimiento real que contiene y las estructuras de conocimiento empleadas para aplicar selectivamente ese conocimiento. Después de terminar la sesión se analiza el protocolo con la ayuda del experto [14]. El ingeniero del conocimiento, en este caso el diseñador del control, estudia e interactúa con los expertos y la literatura del campo con el fin de familiarizarse con sus principales métodos de solución de problemas, llegando a convertirse en un pseudo-experto.

A partir de esta información se elaboran las reglas que tomarán las decisiones del control. La salida del control difuso será uno de esos casos. A continuación se muestran en las figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 los diagramas del chasis representando los casos. Como se puede observar además del dibujo del chasis se muestran unos cuadros enumerados del 1 al 10, estos representan los cilindros hidráulicos que se tienen que activar para enderezar la estructura. La flecha que se encuentra a lado de cada cuadro indica si el cilindro está empujando o jalando la estructura.

Para el caso 1 (figura 3.6) se activan los cilindros 1, 2 y 6. Como lo indican las flechas el cilindro 6 jala la estructura del chasis mientras los cilindros 1 y 2 empujan la misma durante la reparación.

Caso 1: Torsión delantera izquierda



Variables:

A<B

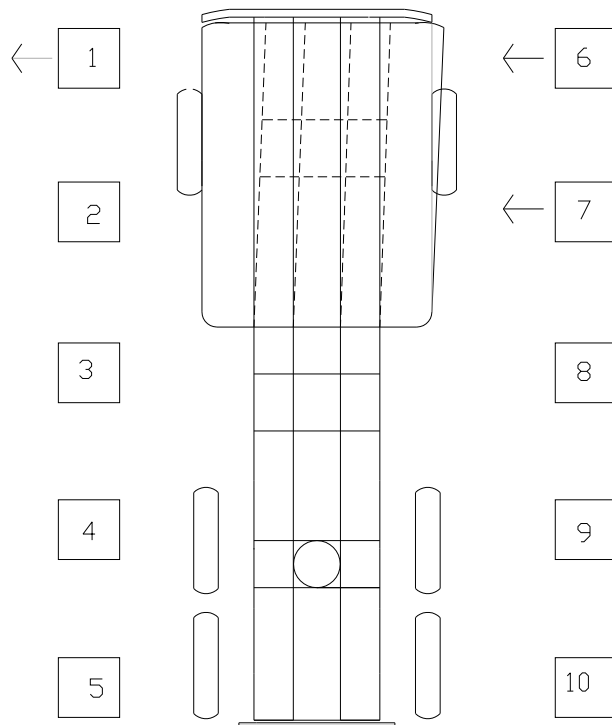
C=D

MN<OP

Cilindros activos: 1, 2, 6

Figura 3.6 Diagrama Chasis Caso 1

Caso 2: Torsión delantera



Variables:

$A > B$

$C = D$

$MN > OP$

Cilindros activos: 1, 6, 9

Figura 3.7 Diagrama Chasis Caso 2

Para el caso 2 (figura 3.7) se tienen que activar los cilindros 1, 6 y 9, las flechas indican que el cilindro 1 jala el chasis y los cilindros 6 y 7 empujan, esto dependerá de la posición en la que se encuentre colocado el cilindro hidráulico sobre la torre de la máquina de enderezado.

Caso 3: Estructura diamantada izquierda

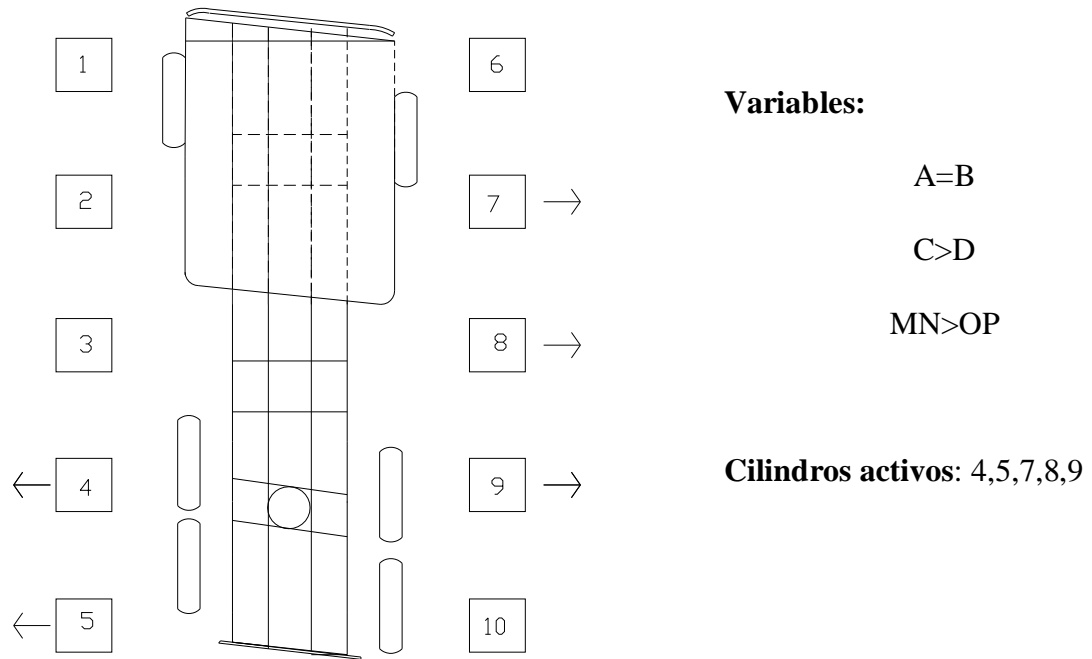


Figura 3.8 Diagrama Chasis Caso 3

Para el caso 3 (figura 3.8) se tienen que activar los cilindros 4, 5, 7, 8 y 9, las flechas indican que todos los cilindros jalan el chasis.

Caso 4: Estructura diamantada derecha

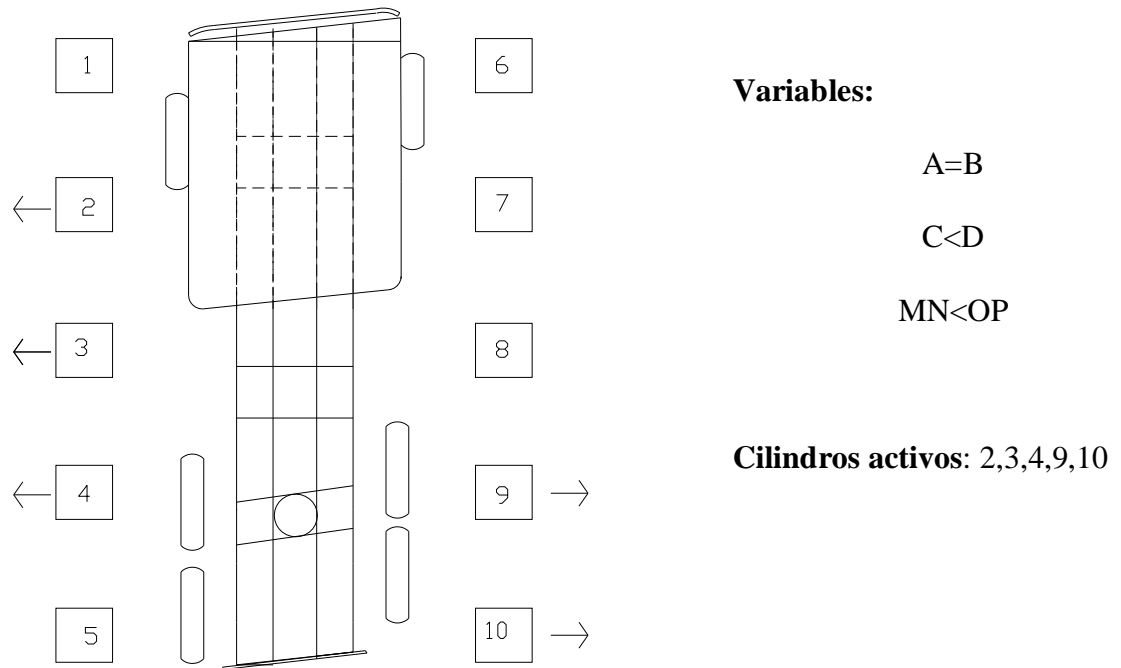


Figura 3.9 Diagrama Chasis Caso 4

Para el caso 4 (figura 3.9) se tienen que activar los cilindros 2, 3, 4, 9 y 10 las flechas indican que todos los cilindros jalan el chasis para enderezarlo.

Caso 5: Torsión posterior izquierda

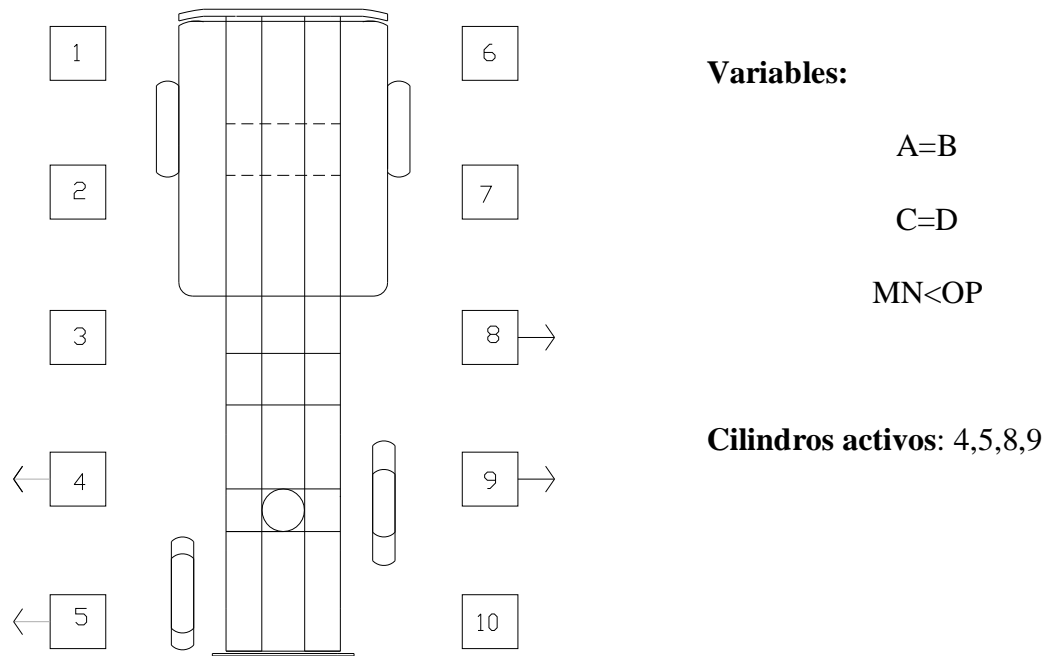


Figura 3.10 Diagrama Chasis Caso 5

Para el caso 5 (figura 3.10) se tienen que activar los cilindros 4, 5, 8 y 9 las flechas indican que todos los cilindros jalan el chasis para enderezarlo

Caso 6: Torsión posterior derecha

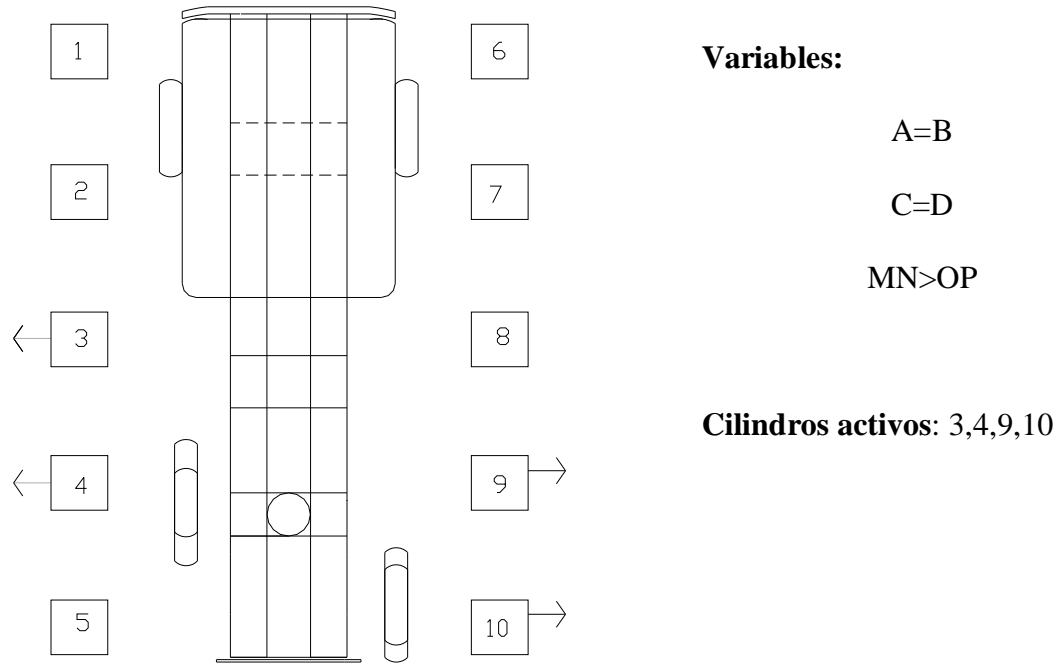


Figura 3.11 Diagrama Chasis Caso 6

Para el caso 6 (figura 3.11) se tienen que activar los cilindros 3, 4, 9 y 10 las flechas indican que todos los cilindros jalan el chasis para enderezarlo

3.2 Reglas

Con la información obtenida de los expertos representada en los anteriores diagramas se crearon las siguientes reglas:

1. Si $A < B$ y $C = D$ y $MN < OP$ entonces Caso 1
2. Si $A > B$ y $C = D$ y $MN > OP$ entonces Caso 2
3. Si $A = B$ y $C > D$ y $MN > OP$ entonces Caso 3
4. Si $A = B$ y $C < D$ y $MN < OP$ entonces Caso 4
5. Si $A = B$ y $C = D$ y $MN < OP$ entonces Caso 5
6. Si $A = B$ y $C = D$ y $MN > OP$ entonces Caso 6
7. Si $A = B$ y $C = D$ y $MN = OP$ entonces Caso 7

3.3 Método de Inferencia

El método que se utilizará es el de Mamdani también conocido como método mínimo-máximo, es el más utilizado actualmente, debido a su sencillez y eficacia. Este método consiste en que cada pertenencia de cada conjunto debe ser comparada con cada pertenencia de las demás variables de entrada, y al comparar, se debe guardar el mínimo de pertenencia entre ellos y se debe de colocar en el conjunto de universo de salida que indica la regla.

El método Mamdani utiliza los grados de membresía de las variables de entrada que se generaron en la fusificación y se aplican sobre las reglas de la base de conocimiento para determinar su grado de membresía en los conjuntos difusos de la variable de salida.

3.4 Método de Defusificación

Por último se realiza la defusificación. El método que se eligió fue el de máxima membresía. En este método se elige como valor para la variable de salida aquel para el cual la función característica del conjunto difuso es máxima (figura 3.12).

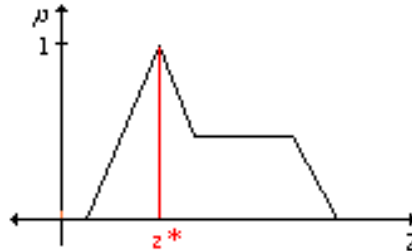


Figura 3.12 Ejemplo defusificación valor máximo

En general no es un método óptimo, ya que pueden existir mas de un valor máximo en la salida, es decir pueden existir dos máximos en la misma función de salida, sin embargo debido a las características de este proyecto, este fue el que funcionó, ya que los conjuntos de salida no guardan relación unos con otros, es decir si la función de salida tuviera máximos en el Caso 1 y en el 6 y usáramos el método de centroide que es el más utilizado la salida nos indicaría el caso 3 y esto no sería la salida adecuada para el control.

En este capítulo se describieron las variables de entrada y salida, la base de conocimiento, el método de inferencia y defusificación que se usaron para diseñar el sistema experto para la máquina de enderezado de chasis. Este diseño se programará en el Controlador Lógico Programable en el próximo capítulo.