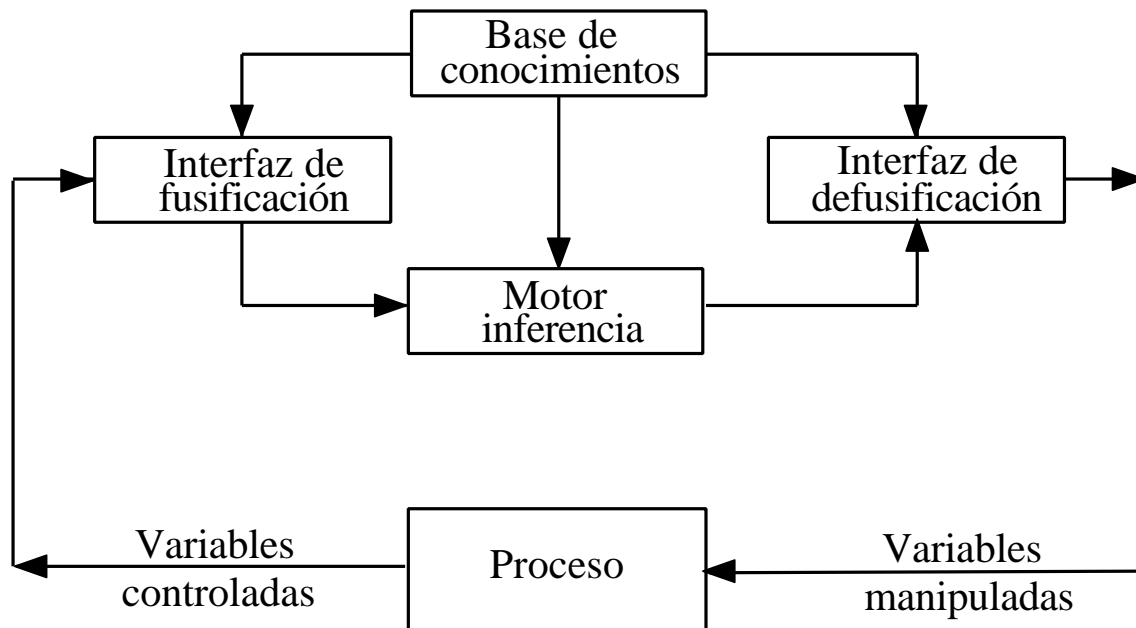


ESTRUCTURA BÁSICA DE UN CONTROLADOR DIFUSO

Estos controladores se basan en un conjunto de reglas heurísticas donde las variables lingüísticas de las entradas y salidas se representan por conjuntos difusos

La siguiente figura muestra las principales componentes de un controlador difuso: interfaz de fusificación, base de conocimientos, motor de inferencia e interfaz de defusificación (Lee, 1990).



EJEMPLO: CONTROLADOR DIFUSO PARA UNA LAVADORA.

Objetivo

Seleccionar el tiempo del lavado basándose en la cantidad, tipo y grado de suciedad de la ropa.

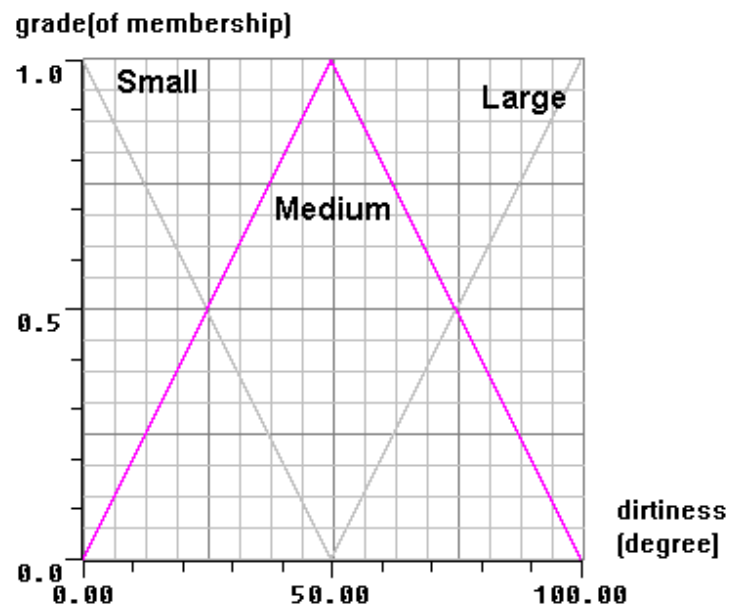
Controlador difuso



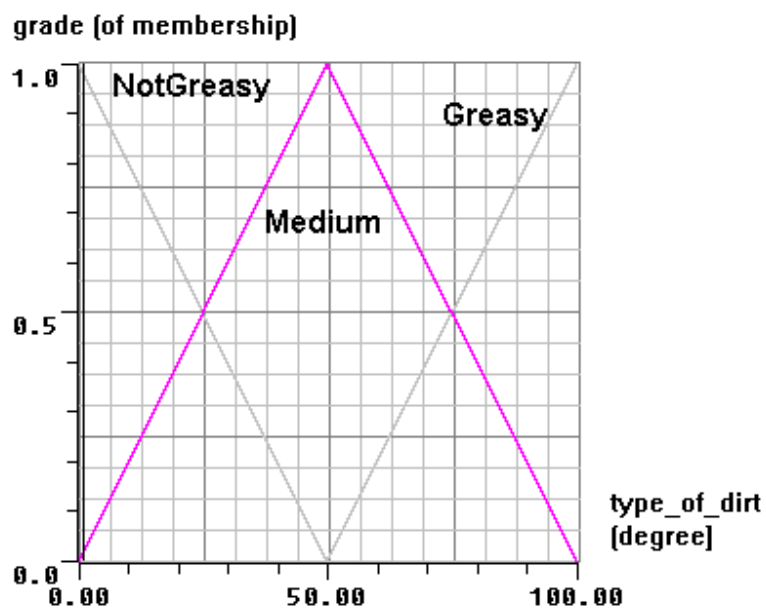
El grado de suciedad de la ropa es determinado por la transparencia del agua.

El tipo de ropa se determina a partir del tiempo de saturación. En este caso, el tiempo de saturación se define como el tiempo en que la transparencia del agua tiende a cero. Por ejemplo, la ropa grasienta toma mayor tiempo en llegar al tiempo de saturación pues la grasa es menos soluble.

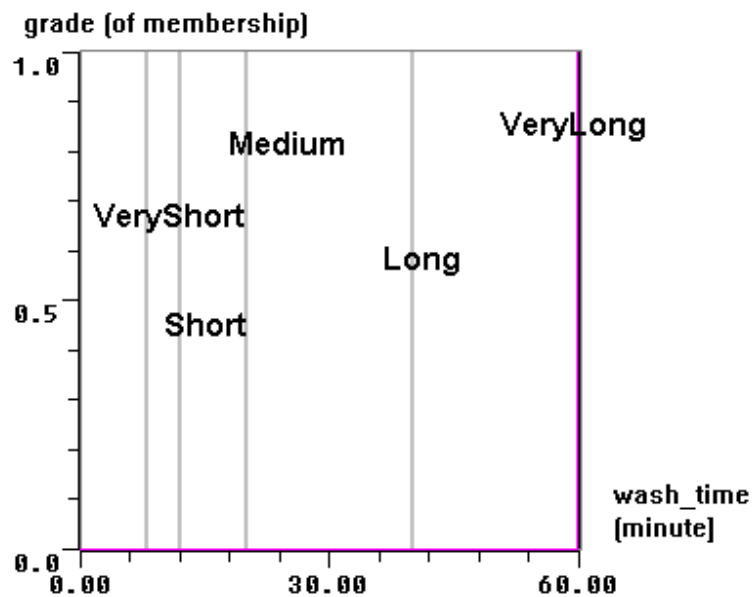
Funciones de pertenencia



Funciones de pertenencia para la variable “Suciedad”



Funciones de pertenencia para la variable “Tipo de ropa”



Funciones de pertenencia para la variable “Tiempo de lavado”

Base de reglas

Las reglas del controlador difuso para la lavadora se definen intuitivamente. Por ejemplo, una regla típica sería:

Si la suciedad es alta y el tipo de ropa es grasiento entonces el tiempo de lavado debería ser alto.

Diferentes combinaciones de este tipo de reglas y otras condiciones son necesarias para construir el controlador difuso propuesto.

Reglas del controlador difuso

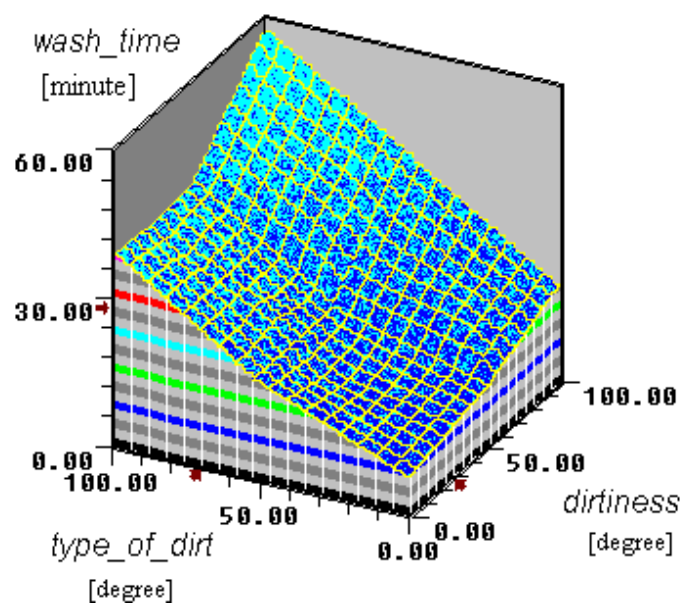
if dirtiness_of_clothes is Large and type_of_dirt is Greasy then wash_time is VeryLong;

if dirtiness_of_clothes is Medium and type_of_dirt is Greasy then wash_time is Long;

if dirtiness_of_clothes is Small and type_of_dirt is Greasy then wash_time is Long;

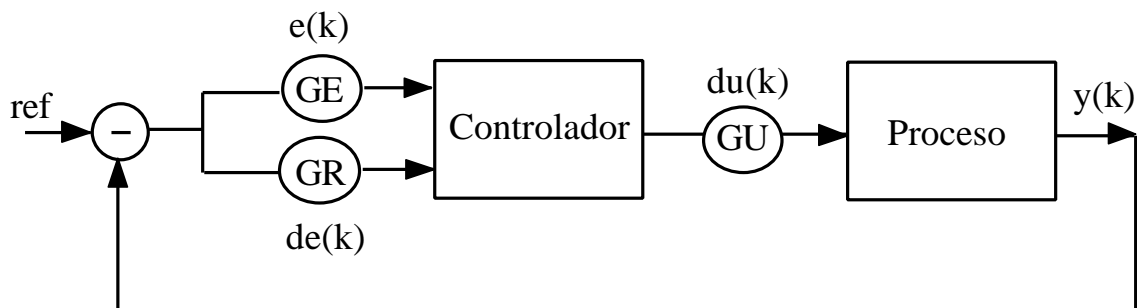
if dirtiness_of_clothes is Large and type_of_dirt is Medium then wash_time is Long;
 if dirtiness_of_clothes is Medium and type_of_dirt is Medium then wash_time is Medium;
 if dirtiness_of_clothes is Small and type_of_dirt is Medium then wash_time is Medium;
 if dirtiness_of_clothes is Large and type_of_dirt is NotGreasy then wash_time is Medium;
 if dirtiness_of_clothes is Medium and type_of_dirt is NotGreasy then wash_time is Short;
 if dirtiness_of_clothes is Small and type_of_dirt is NotGreasy then wash_time is VeryShort

Superficie del controlador difuso



CONTROLADORES PI DIFUSOS

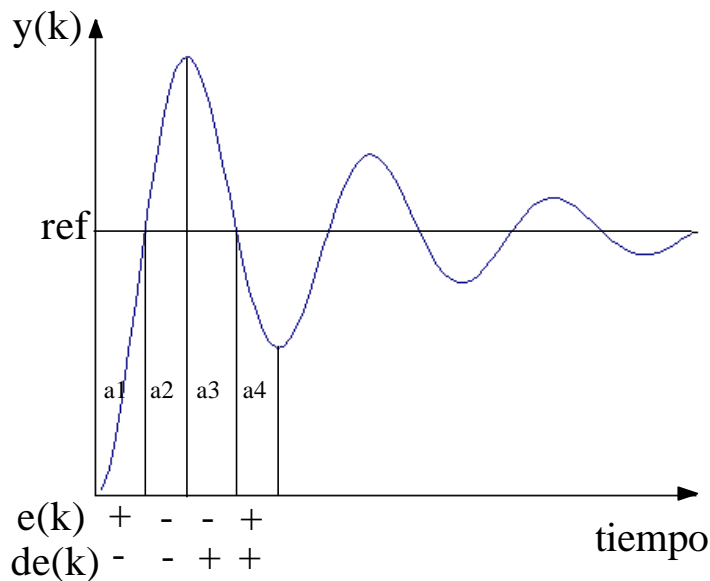
La Figura presenta un diagrama de un controlador PI difuso incremental, donde las entradas son el error $e(k) = \text{ref} - y(k)$ y su tasa de cambio $de(k) = e(k) - e(k-1)$, y la salida es el cambio incremental en la variable manipulada $du(k)$.



Los parámetros del controlador son las ganancias GE, GR y GU, que multiplican a $e(k)$, $de(k)$ y $du(k)$ respectivamente.

En general, estos controladores presentan las siguientes características: dos o siete conjuntos difusos para las variables de entrada, tres o siete conjuntos difusos para la variable de salida, funciones de pertenencia triangulares, fusificación con universos continuos, implicación utilizando operador min, inferencia basada en implicancia difusa y defusificación por el método de la media de los máximos modificada.

Este tipo de controlador difuso se deriva a partir del comportamiento deseado del sistema en lazo cerrado. En la siguiente figura se aprecia la respuesta típica de un sistema controlado, donde las entradas al controlador son $e(k)$ y $de(k)$, y la salida es $du(k)$.



Analizando en detalle esta respuesta se pueden observar diferentes situaciones. Considerando el valor de $e(k)$ y el signo de $de(k)$, se tienen los casos presentados en la tabla 1(a). Además, existen dos tipos de situaciones especiales, cuando el error $e(k)$ es cero y cuando su tasa de cambio $de(k)$ es cero. Estas situaciones se muestran en las siguientes figuras y en las tablas 1(b) y 1 (c).

Tabla 1: Situaciones de las variables $e(k)$ y $de(k)$

	$e(k)$	$de(k)$
a1	>0	<0
a2	<0	<0
a3	<0	>0
a4	>0	>0

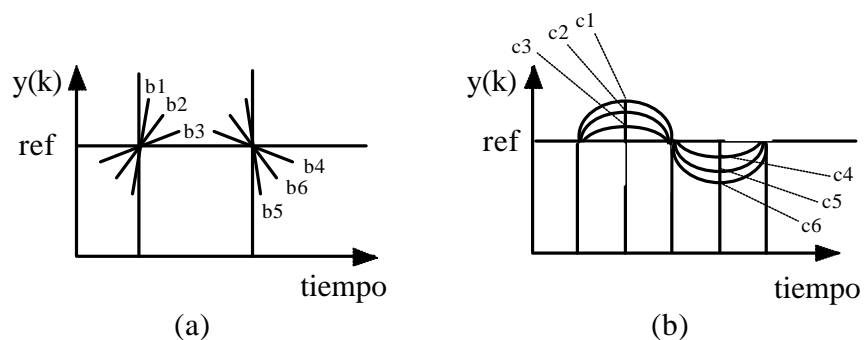
(a)

	$e(k)$	$de(k)$
b1	$=0$	$<<<0$
b2	$=0$	$<<0$
b3	$=0$	<0
b4	$=0$	>0
b5	$=0$	$>>0$
b6	$=0$	$>>>0$

(b)

	$de(k)$	$e(k)$
c1	$=0$	$<<<0$
c2	$=0$	$<<0$
c3	$=0$	<0
c4	$=0$	>0
c5	$=0$	$>>0$
c6	$=0$	$>>>0$

(c)



A partir de estas condiciones, se puede configurar una tabla en función de las variables de entrada del controlador (ver Tabla 2). En ella se consideran siete conjuntos difusos NB ("Negative Big"), NM ("Negative Medium"), NS ("Negative Small"), ZE ("Zero"), PS ("Positive Small"), PM ("Positive Medium") y PB ("Positive Big") para las variables de entrada que describen los estados \lll , \ll , \lt , $=$, \gt , \gg y \ggg 0, respectivamente.

Tabla 2: Diagrama de estados $e(k)$ y $de(k)$.

		de(k)						
		NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
e(k)	NB	a2	a2	a2	c1	a3	a3	a3
	NM	a2	a2	a2	c2	a3	a3	a3
	NS	a2	a2	a2	c3	a3	a3	a3
	ZE	b1	b2	b3	ZE	b4	b5	b6
	PS	a1	a1	a1	c4	a4	a4	a4
	PM	a1	a1	a1	c5	a4	a4	a4
	PB	a1	a1	a1	c6	a4	a4	a4

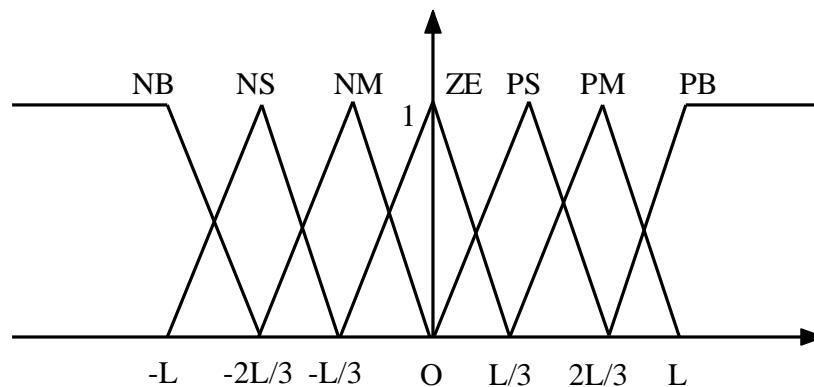
Las acciones de control, es decir, los incrementos en la variable manipulada, se definen a partir de la proposición de MacVicar-Whelan (1976), como lo muestra la Tabla 3. Por ejemplo, para el elemento de la tercera fila y sexta columna, la regla de control se interpreta como: *"Si el error es negativo pequeño y la variación incremental del error es*

positiva mediana, entonces hacer positiva pequeña la variación incremental en el control".

Tabla 3: Reglas de control PI difuso.

		de(k)						
		NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
e(k)	NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
	NM	NB	NB	NM	NM	NS	ZE	PS
	NS	NB	NM	NS	NS	ZE	PS	PM
	ZE	NM	NM	NS	ZE	PS	PM	PM
	PS	NM	NS	ZE	PS	PS	PM	PB
	PM	NS	ZE	PS	PM	PM	PB	PB
	PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

El diseño de un controlador difuso PI incluye, además de definir las reglas de control, determinar las funciones de pertenencia de cada conjunto difuso. En general, se utilizan funciones triangulares como se muestran en la siguiente figura, donde el universo varía entre $-L$ y L , siendo L un factor de escalamiento de las variables.



Los principales parámetros de sintonía de estos controladores son las ganancias G_E , G_R y G_U .