

ANEXO 1.

DATOS TÉCNICOS GENERALES DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE JAGUAS

Tabla 1. Parámetros del generador de unidad

Library >> Equipment Type Library >> Jaguas Gen		
PARÁMETRO GENERADOR	UNIDAD	VALOR
Fabricante	TOSHIBA	
Tipo	Polos salientes	
Potencia aparente Nominal	Sn [MVA]	94
Potencia activa nominal	Pn [MW]	89.3
Tensión de estator Nominal	Un [kV]	13.8
Corriente de estator nominal	In [A]	3933
Factor de potencia	Cos (phi)	0.95
Velocidad Nominal	fn [rpm]	400
Corriente de campo con carga	I fn [A]	950
Tensión de campo con carga	U fn [V]	185
Resistencia de Armadura del Estator	ra [pu]	0.006
Reactancia de Fuga del Estator.	xl [pu]	0.13
Reactancia sincrónica eje D (no saturado)	xd [pu]	0.95
Reactancia sincrónica eje Q (no saturado)	xq [pu]	0.61
Reactancia transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd' [pu]	0.22
Reactancia sub-transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd'' [pu]	0.18
Reactancia de sub-transiente sincrónica eje Q (no saturado)	xq'' [pu]	0.2
Constante de tiempo transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td'o [s]	7
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td''o [s]	0.05
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje Q	Tq''o [s]	0.08
Constante de inercia (todo el eje incluyendo la turbina)	H [MWs/MVA]	3.141
Impedancia de secuencia negativa	X-[pu]	0.19
Impedancia de secuencia cero	X0[pu]	0.13

ANEXO 2

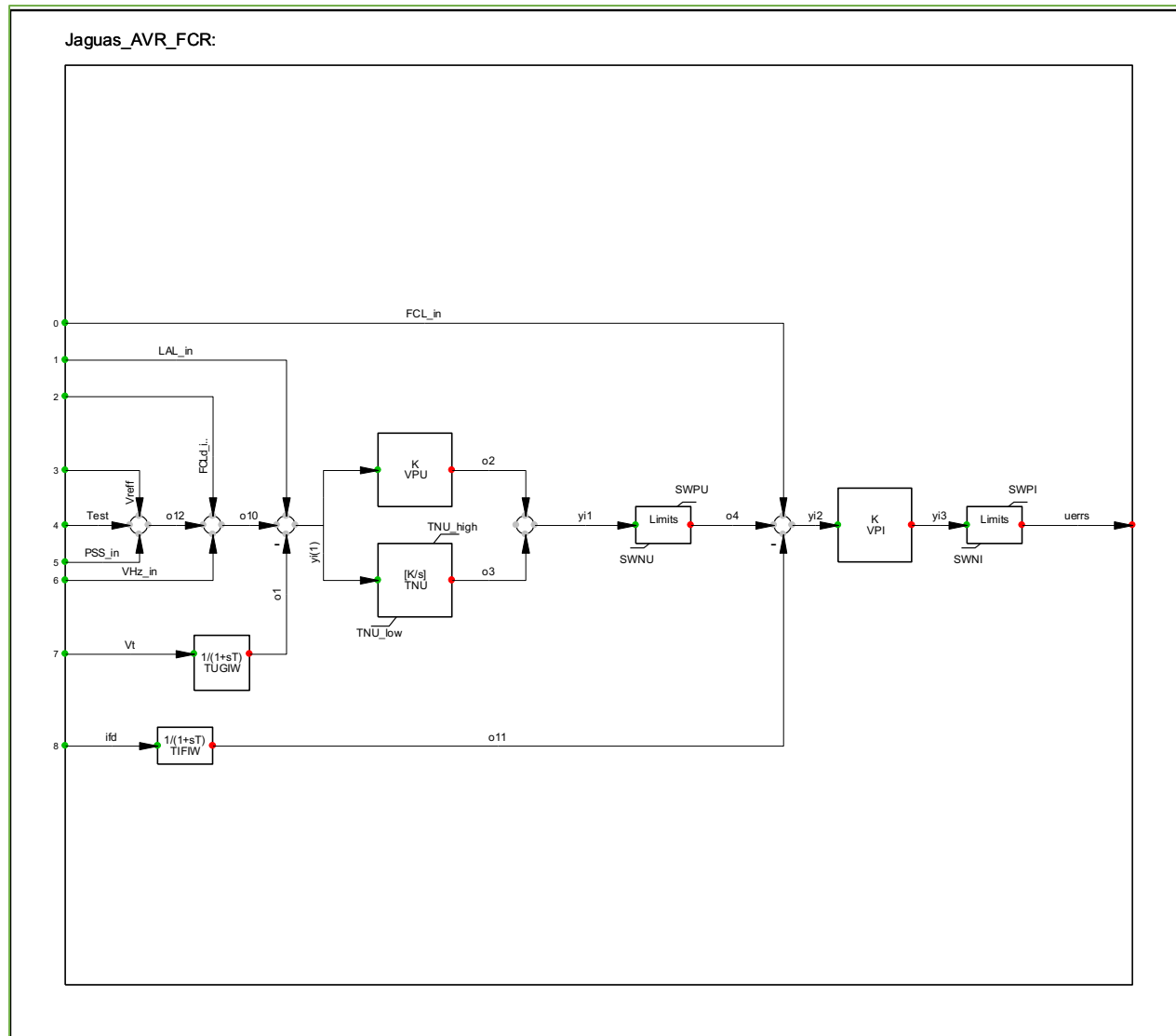
DIAGRAMAS DE BLOQUE Y TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE LA UNIDAD 1

Sistema de Excitación

Regulador de tensión (AVR) y Regulador de Corriente de Campo (FCR)

Tabla 2. Parámetros del AVR-FCR

Parámetros AVR-FCR			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_AVR			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TUGIW	[s]	0.01
Measurement Delay	TIFIW	[s]	0.01
AVR Proportional Gain	VPU	[pu]	22
FVR Proportional Gain	VPI	[pu]	3.2
AVR Integral Gain	TNU	[pu]	20
Integrator Lower Limit	TNU_low	[pu]	0
AVR Lower Limit	SWNU	[pu]	-3.9
Controller Minimum Output	SWNI	[pu]	-4.15
Integrator Upper Limit	TNU_high	[pu]	2.8
AVR Upper Limit	SWPU	[pu]	4.1
Controller Maximum Output	SWPI	[pu]	5



Modelo del AVR y FCR.

Limitador de corriente de campo, sin retraso

Tabla 3. Parámetros Limitador de corriente de campo, sin retraso

Parámetros Limitador de corriente de campo, sin retraso			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_FCL			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	uel_TR	[s]	0.041
Measurement Delay	oel_TR	[s]	0.01
Min. Lim. Side Proportional Gain	KPMin	[pu]	30
Max. Lim. Side Proportional Gain	KPMaxU	[pu]	5
	FCL_onoff		1
Min. Lim. Side Integral Gain	TIMin	[pu]	120
Max. Lim. Side Integral Gain	TIMaxU	[pu]	50
Minimum Exc. Current limit	IFmin	[pu]	0.266
Maximum Exc. Current limit	IFmax	[pu]	1.73
Min. Side Integrator Lower Limit	TIMin_low	[pu]	0
Max. Side Integrator Lower Limit	TIMaxU_low	[pu]	-10.56
Min. Lim. Side Minimum Output	uel_low	[pu]	0
Max. Lim. Side Minimum Output	oel_low	[pu]	-6.56
Min. Side Integrator Upper Limit	TIMin_high	[pu]	3.56
Max. Side Integrator Upper Limit	TIMaxU_high	[pu]	0
Min. Lim. Side Maximum Output	uel_high	[pu]	3.56
Max. Lim. Side Maximum Output	oel_high	[pu]	0

Jaguas_FCL:

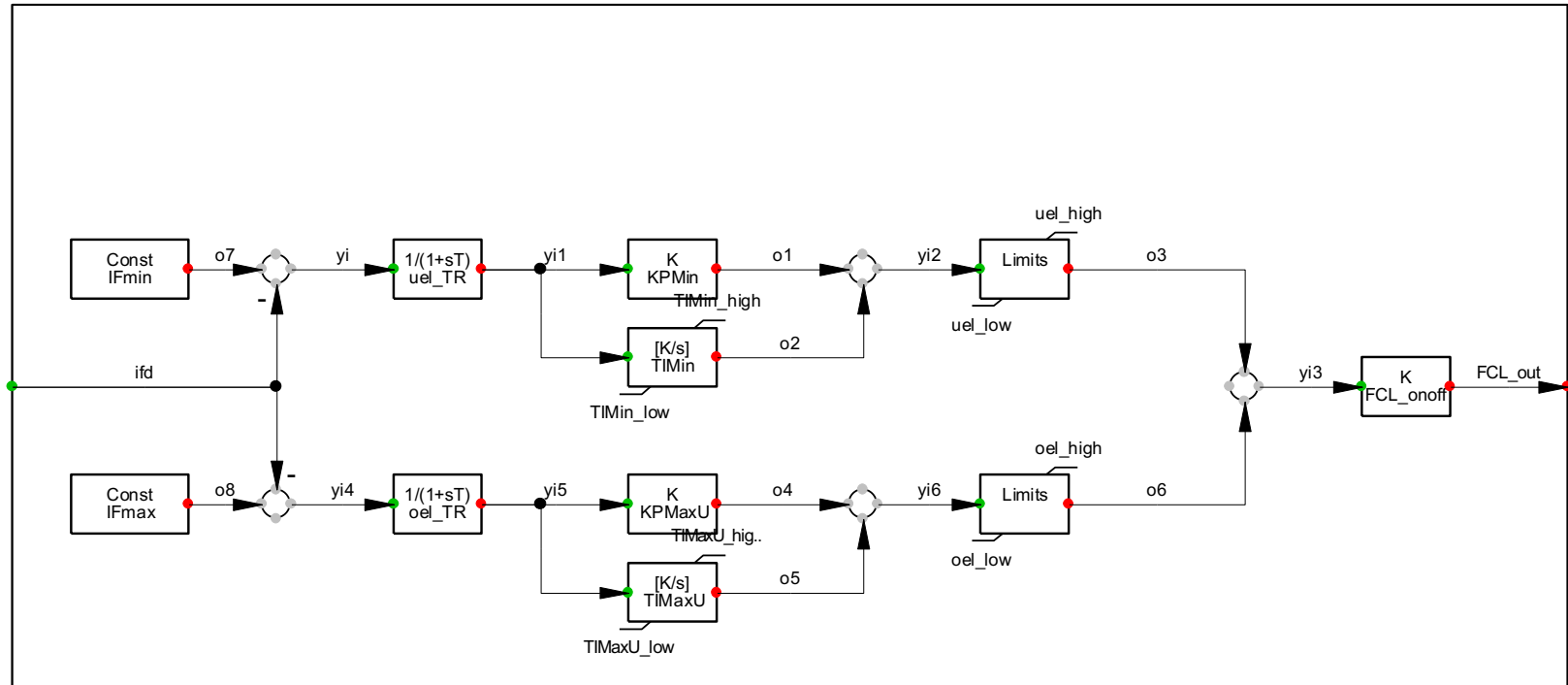


Figura 1. Modelo FCL

Limitador de corriente de campo, con retraso

Tabla 4. Parámetros Limitador de corriente de campo, con retraso

Parámetros Limitador de corriente de campo, con retraso			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_FCL_delay			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TVIPB_oeld	[s]	4.8
Max. Side Proportional Gain	KP_oeld	[pu]	0.25
Max. Side Integral Gain	KI_oeld	[pu]	0.3
Maximum Exc. Current limit	IFMAXd	[pu]	1.68
Max. Limiter Upper Current Zone	IFzone_max	[pu]	1.56
2 * Maximum Exc. Current limit	IFMAXd_high	[pu]	4.4
Max. Side Input Lower Limit	oeld_input_low	[pu]	-4.56
Max. Side Minimum Output	oeld_low	[pu]	-4.56
Nonlinear Delay Time ($\sim 0.2 * (IF_{max} - IF_{MAXd})$)	nn_delay	[pu]	2
Max. Side Input Upper Limit	oeld_input_high	[pu]	0
Max. Side Maximum Output	oeld_high	[pu]	0

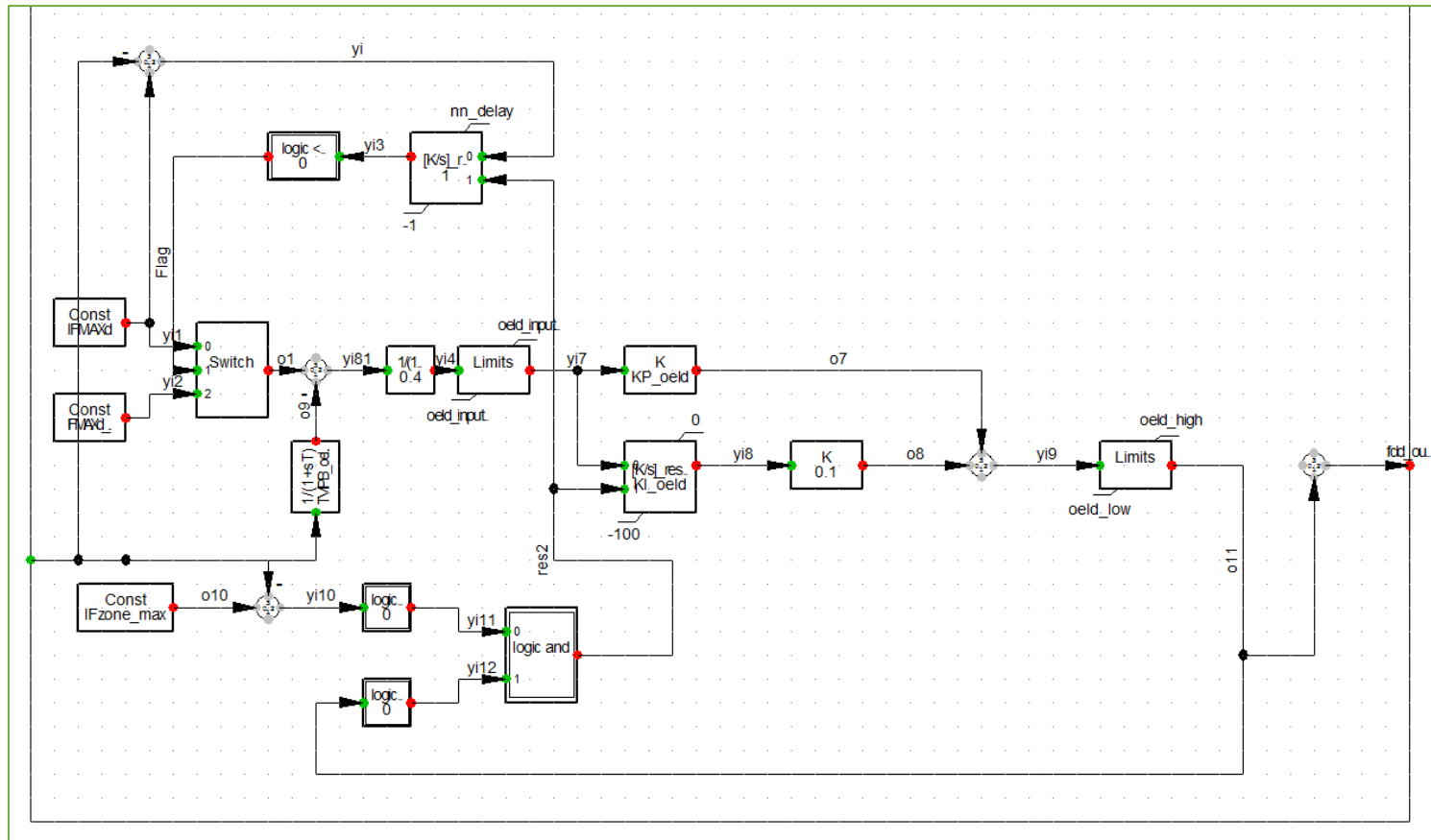


Figura 2. Modelo FCL con retraso

Limitador de ángulo de carga

TABLA 5. PARÁMETROS ESTIMADOR DE ÁNGULO DE CARGA

PARÁMETROS ESTIMADOR DE ÁNGULO DE CARGA			
NETWORK MODEL >> NETWORK DATA >> GRID >> U1_LOADANGLE			
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
REACTANCIA DE CUADRATURA DE CÁLCULO	XQ_CONTROL	[pu]	1
Reactancia de la red de cálculo	Xn_control	[pu]	0.1201

Tabla 6. Parámetros Limitador de ángulo de carga

Parámetros Limitador de ángulo de carga			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_LAL			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Proportional Gain	KPUEB	[pu]	0.08
Integration Time Constant	TIUEB	[s]	2.5
Differential Gain	KDUEB	[pu]	0.15
Differential Damping Time Constant	TDUEB	[s]	0.1
Differential load angel limit	LA_lim_zone	[pu]	0.65
Stationary load angel limit	LA_lim	[pu]	0.608
limiter Minimum Output	lal_low	[pu]	0
Limiter Maximum Output	lal_high	[pu]	3.56

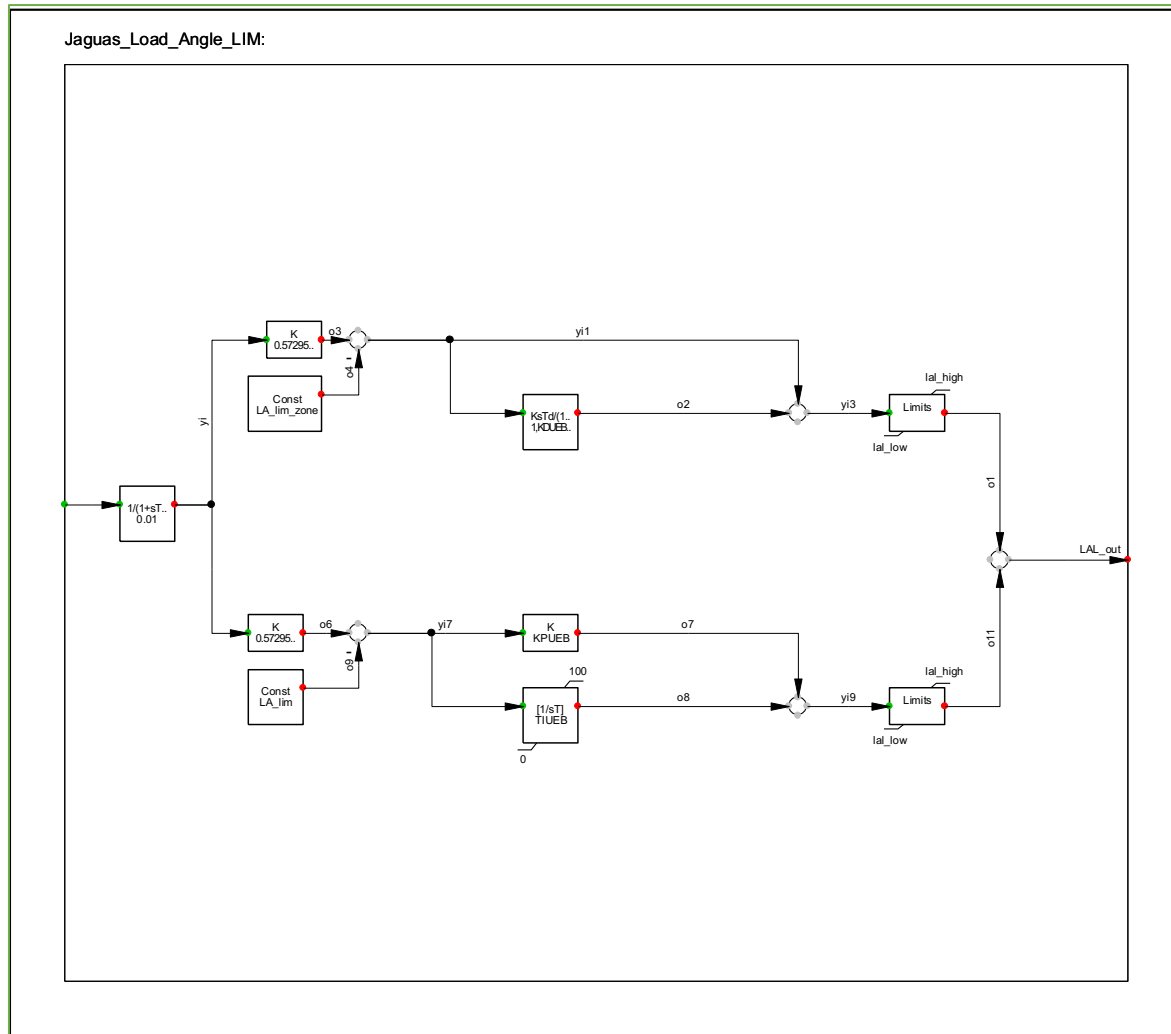


Figura 3. Diagrama del limitador de ángulo de carga – Modelo

Limitador V/Hz

Tabla 7. Parámetros Limitador V/Hz

Parámetros Limitador V/Hz			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_VHz			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
V/Hz activation limit	VHz_ref	[pu]	1.1
V/Hz output minimum limit	vhz_out_minlim	[pu]	-0.5
V/Hz internal minimum limit	vhz_minlim	[pu]	-0.5
V/Hz output maximum limit	vhz_out_maxlim	[pu]	0
V/Hz internal maximum limit	vhz_maxlim	[pu]	0.5

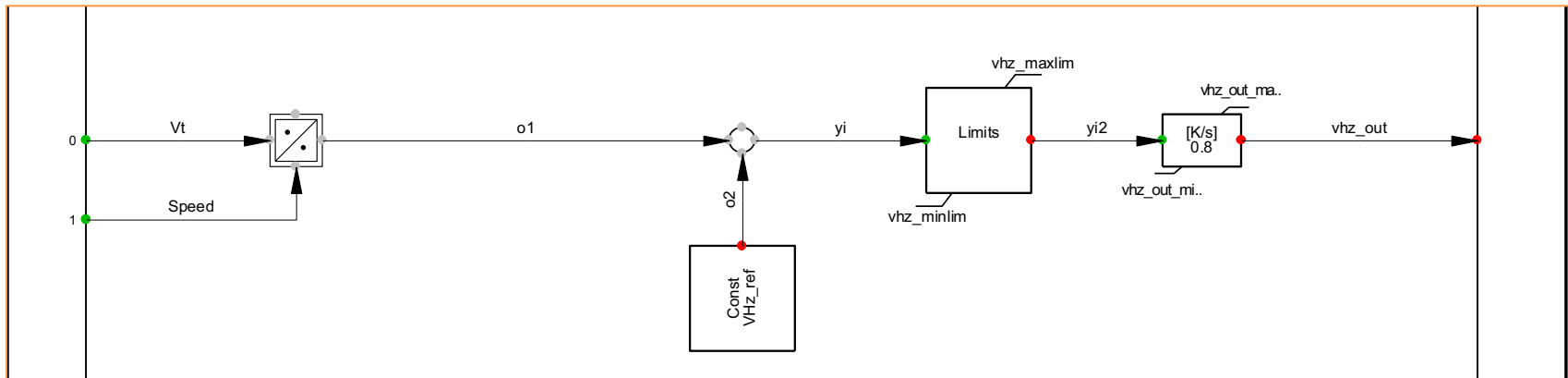


Figura 4. Modelo del limitador V/Hz.

Estabilizador del Sistema de Potencia

Tabla 8. Parámetros del PSS.

Parámetros del PSS			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U1_PSS			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Filter Time Constant	T1	[s]	0.02
Washout Time Constant	TW1	[s]	4.22
PSS Gain	Ks1	[pu]	1.5
1st Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts1	[s]	0.01
1st Lead-Lag Delay Time Constant	Ts2	[s]	0.36
2nd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts3	[s]	0.02
2nd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts4	[s]	0.36
PSS output min limit	pss_low	[pu]	-0.03
PSS output max limit	pss_high	[pu]	0.03

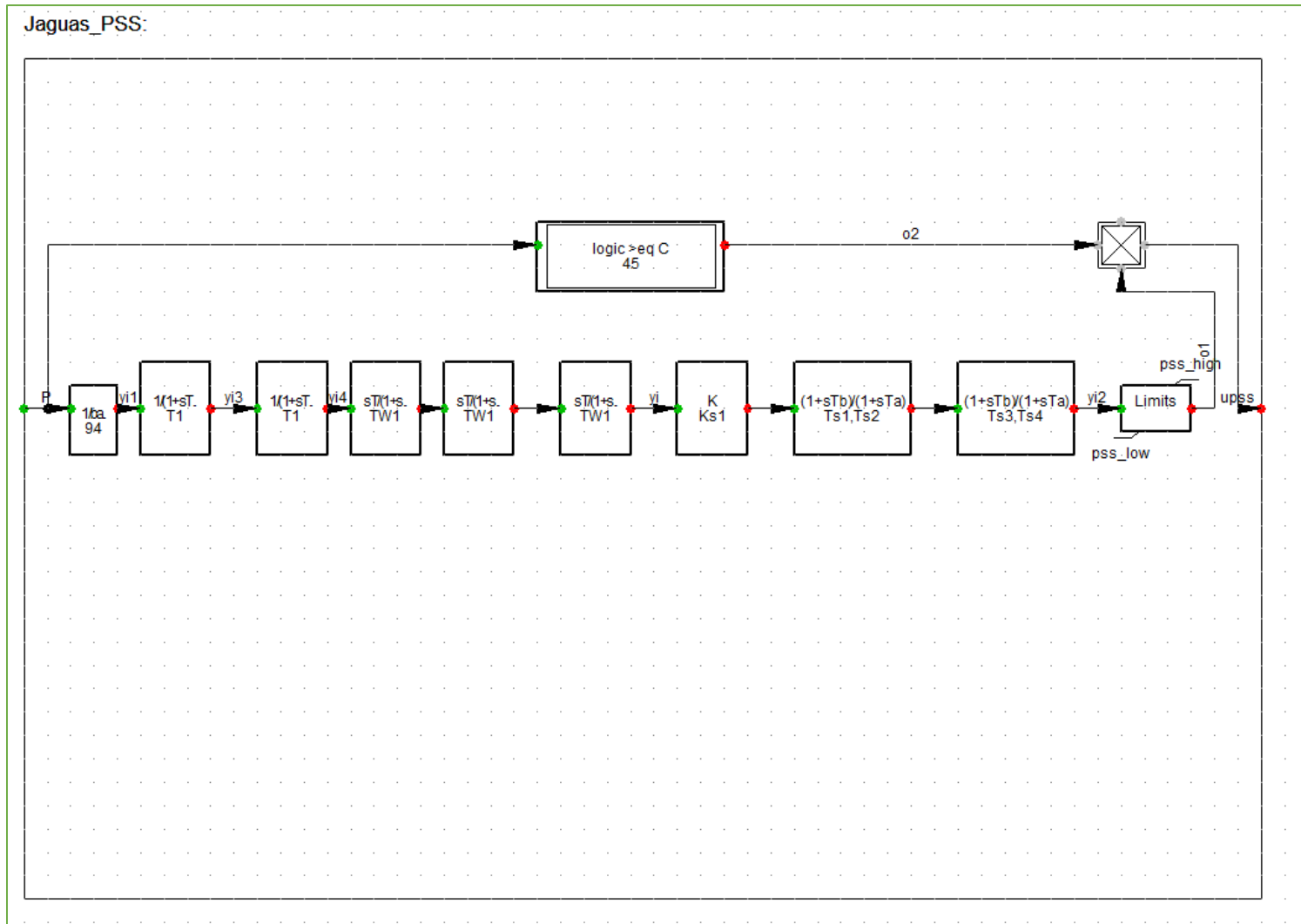


Figura 5. Modelo PSS

La activación del PSS está limitada a funcionar solo cuando la unidad este generando potencia superior al 50% o 0.5 [p.u.].

Regulador de Velocidad/Potencia y Turbina

Conducción y turbina hidráulica

Tabla 9. Parámetros de conducción y turbina

Parámetros de conducción y turbina	
Network Model >> Network Data >> Grid >> Jaguas Frame>>Turbine_V2	
Parámetro	Valor
H_st	1
T_w_t	1.904
T_w_p	0.377
Tw1	0.06
Tw2	0.085
T_el2	200
T_el1	200
r_p1	0.01
r_t	0.005
r_p	0.005
T_el_p	0.0745
r_p2	0.01
T_s	849.66
Pbase	85

Tabla 10. Características de posición – área de flujo del acctuator

Características de posición – área de flujo del acctuator	
Network Model >> Network Data >> Grid >>Jaguas Frame>>Turbine_V2>> GA	
Apertura [p.u.]	Área de flujo [p.u.]
0	0
0.291	0.3295
0.334	0.373
0.376	0.4194
0.583	0.7143
0.624	0.773
0.666	0.8356
1.2	1.7

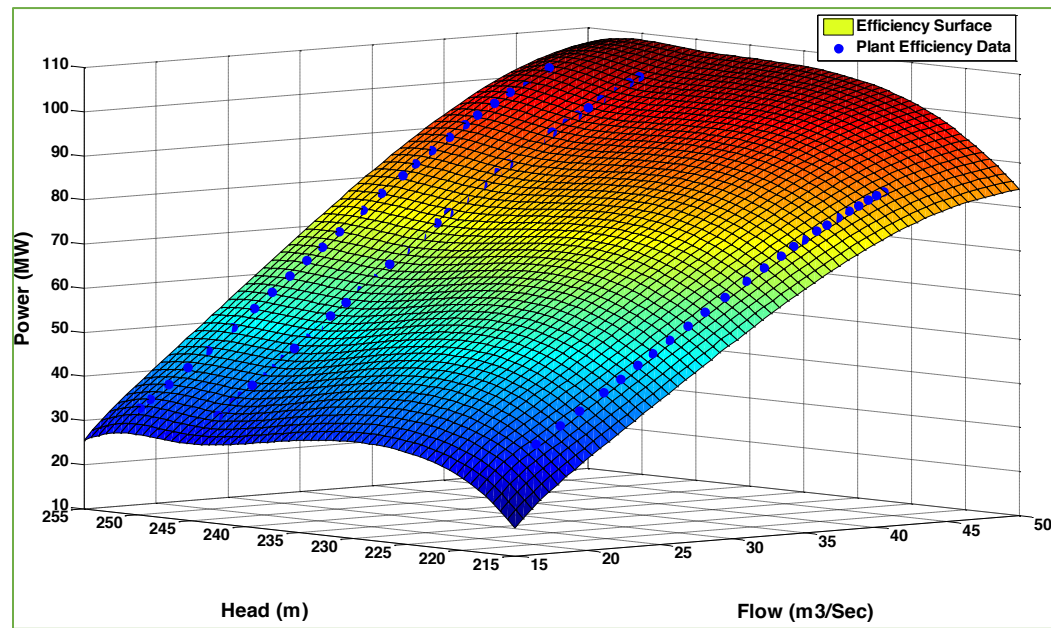


Figura 6. Superficie de eficiencia Turbina.

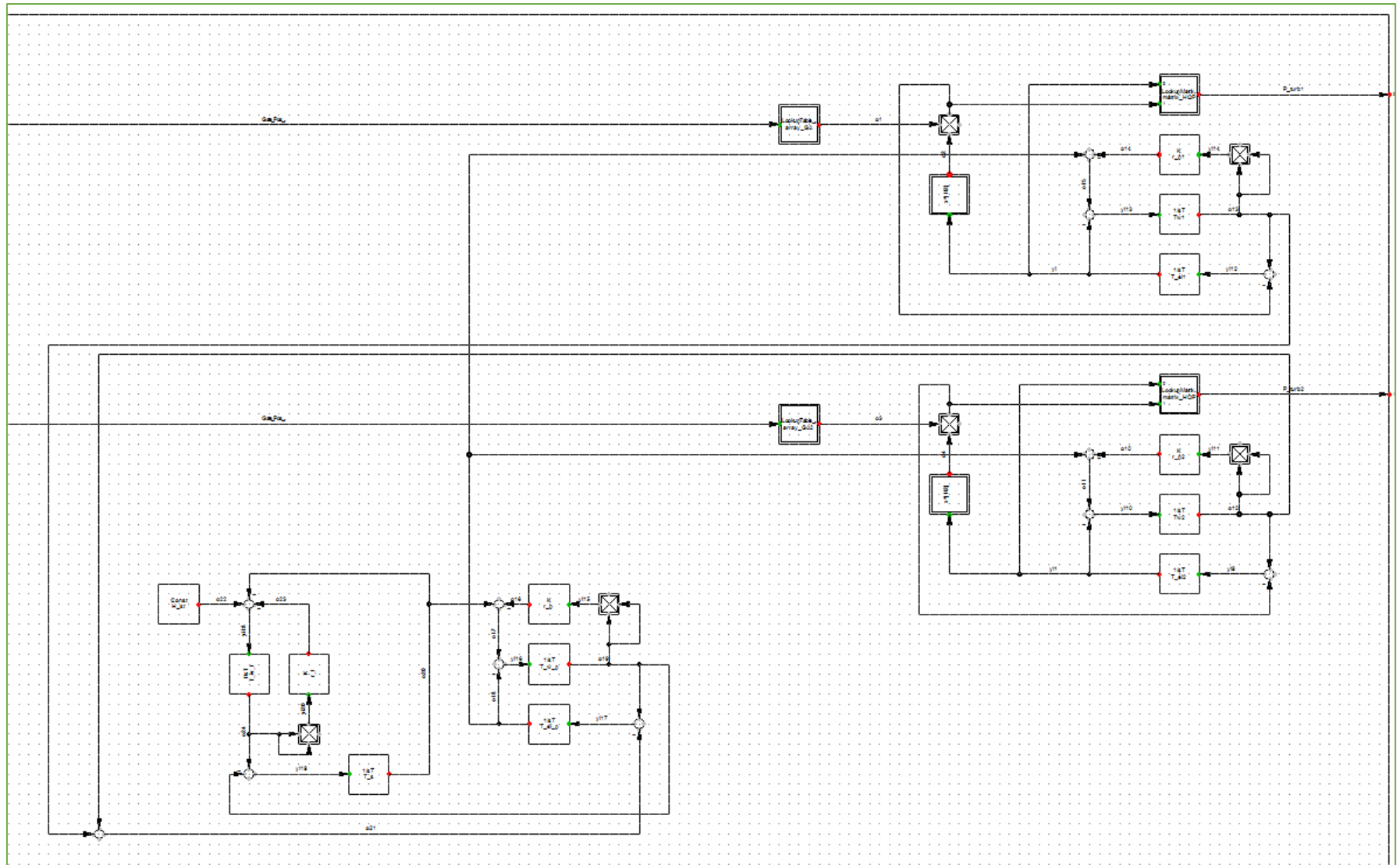
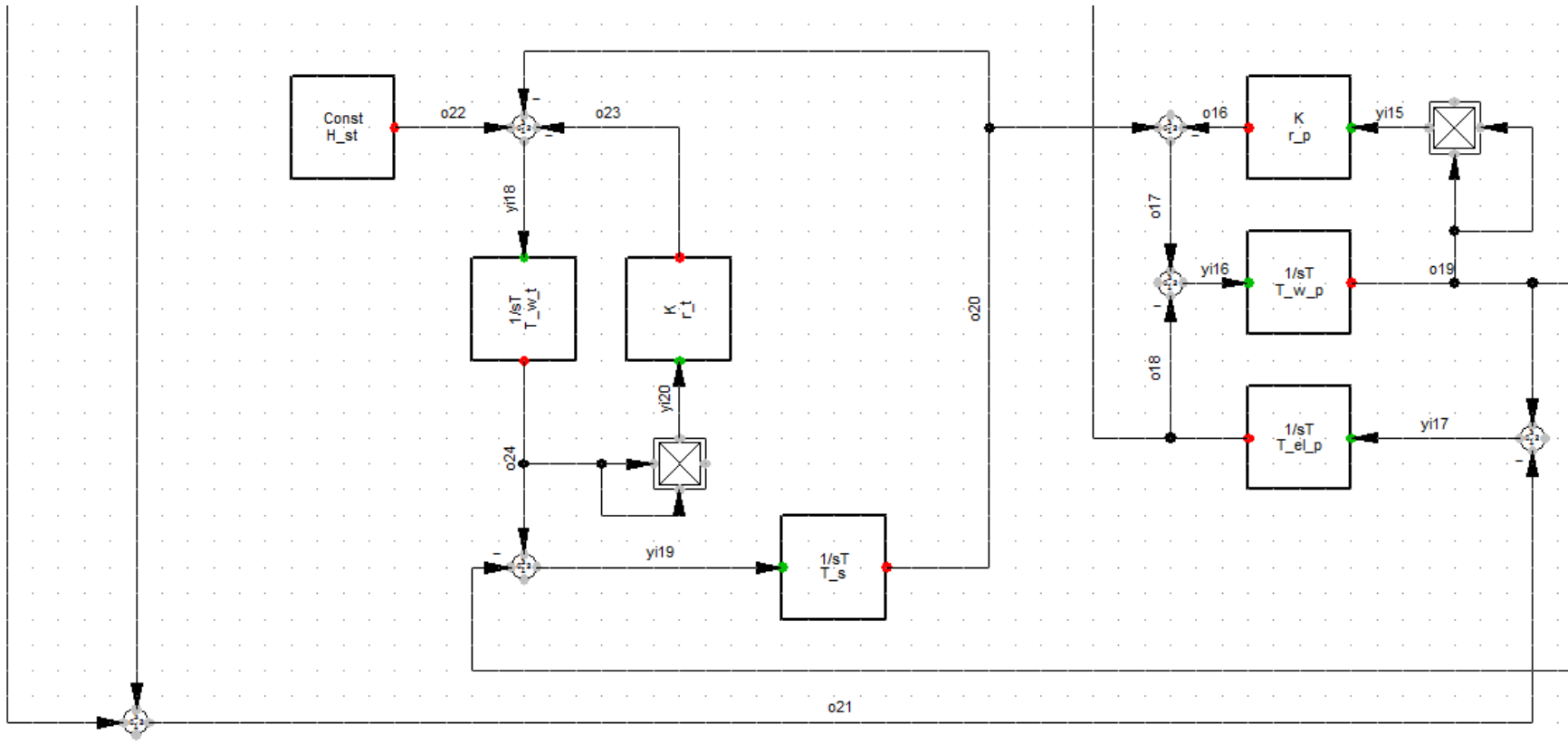
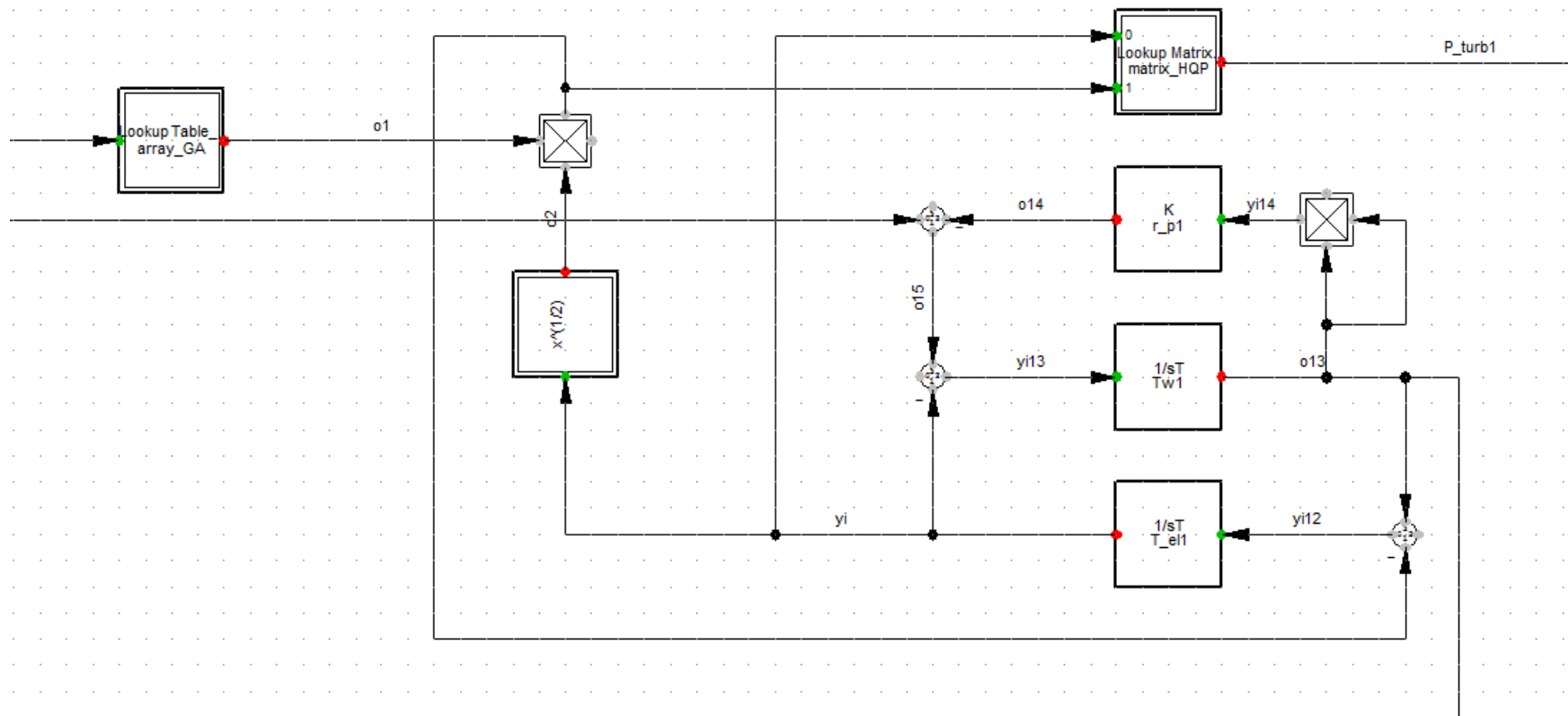


Figura 7. Modelo conjunto conducción y turbinas Jaguas





Modelo del Regulador de Velocidad

Tabla 11. Parámetros de gobernador

Parámetros de Governor	
Network Model >> Network Data >> Grid >>Jaguas Frame>>U1_Governor	
Parámetro	Valor
KP_WG_SM	3
KP_WG_DV	0.5
BL_deadband	0.003
Cl_Stroke	-0.1
Op_Stroke	0.1
GateLim_max	0.7834

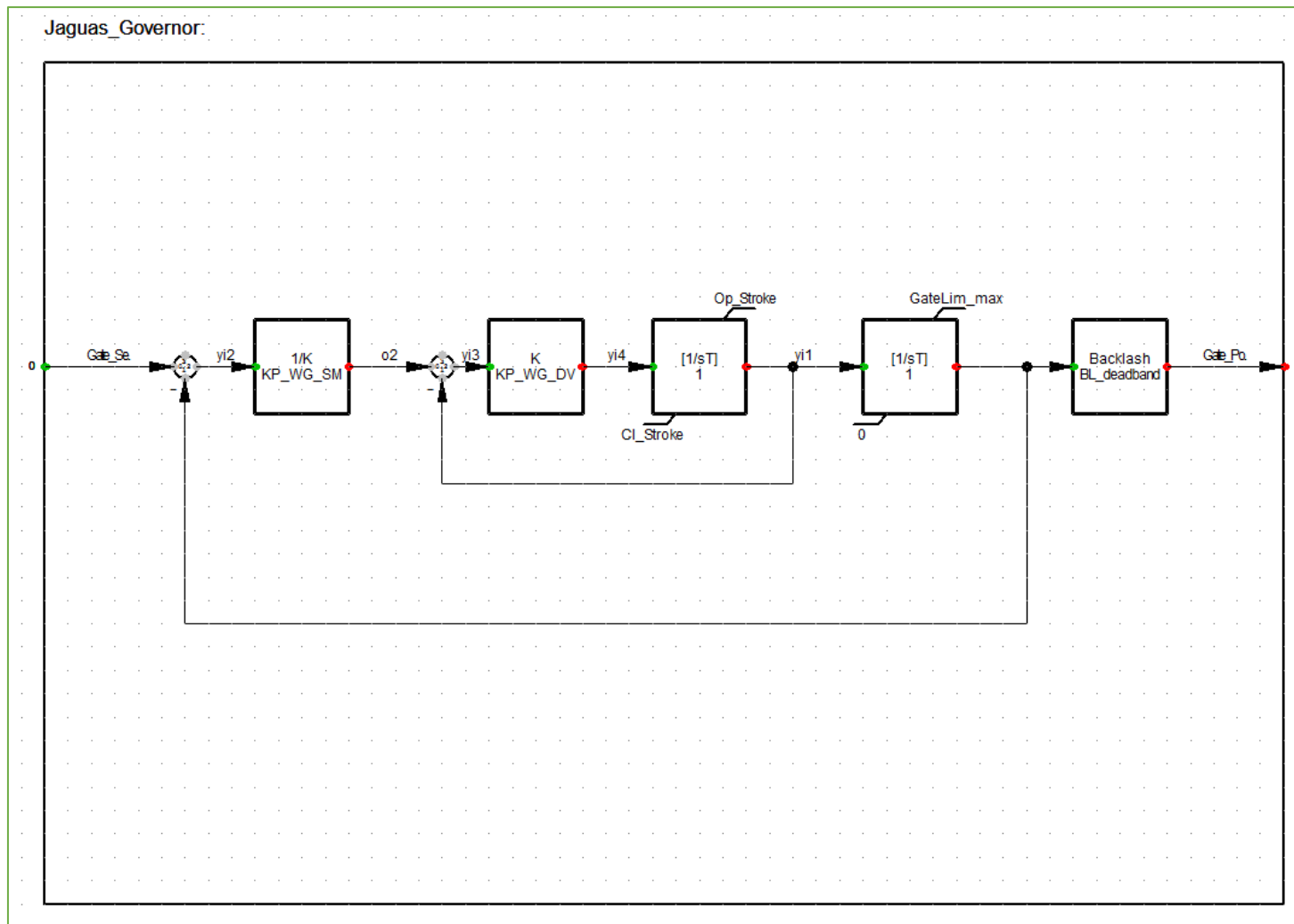


Figura 8. Modelo del Governor

Tabla 12. Parámetros de Control de velocidad

Parámetros de Control de velocidad	
Network Model >> Network Data >> Grid >>Jaguas Frame>> U1_Spees_Control	
Parámetro	Valor
Freq_db	0.0005
T_inj >> Filtro de inyección de prueba	0 y 15
FPD	0.05
KP_POC	0.75
TN_POC	18
TN_Pa	0.5
Ramp_cal_time	0.1
Ramp_rate	0.005
Prated	85

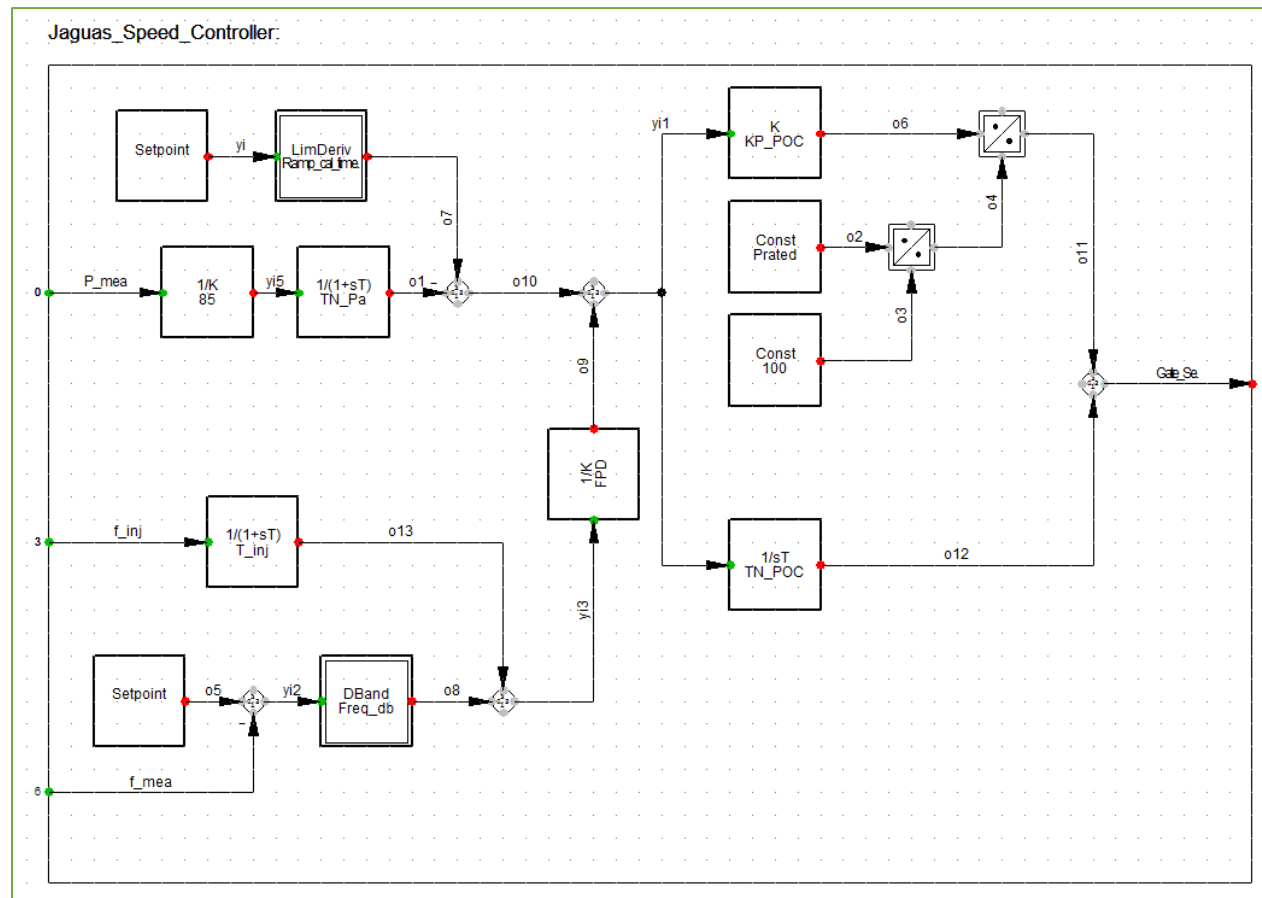


Figura 9. Modelo del controlador de velocidad.

ANEXO 3

DIAGRAMAS DE BLOQUE Y TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE LA UNIDAD 2

Sistema de Excitación

Regulador de tensión (AVR) y Regulador de Corriente de Campo (FCR)

Tabla 13. Parámetros del AVR-FCR

Parámetros AVR-FCR			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_AVR			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TUGIW	[s]	0.01
Measurement Delay	TIFIW	[s]	0.01
AVR Proportional Gain	VPU	[pu]	22
FVR Proportional Gain	VPI	[pu]	3.2
AVR Integral Gain	TNU	[pu]	20
Integrator Lower Limit	TNU_low	[pu]	0
AVR Lower Limit	SWNU	[pu]	-3.9
Controller Minimum Output	SWNI	[pu]	-4.15
Integrator Upper Limit	TNU_high	[pu]	2.8
AVR Upper Limit	SWPU	[pu]	4.1
Controller Maximum Output	SWPI	[pu]	5



Modelo del AVR y FCR.

Limitador de corriente de campo, sin retraso

Tabla 14. Parámetros Limitador de corriente de campo, sin retraso

Parámetros Limitador de corriente de campo, sin retraso			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_FCL			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	uel_TR	[s]	0.041
Measurement Delay	oel_TR	[s]	0.01
Min. Lim. Side Proportional Gain	KPMin	[pu]	30
Max. Lim. Side Proportional Gain	KPMaxU	[pu]	20
	FCL_onoff		1
Min. Lim. Side Integral Gain	TIMin	[pu]	120
Max. Lim. Side Integral Gain	TIMaxU	[pu]	80
Minimum Exc. Current limit	IFmin	[pu]	0.266
Maximum Exc. Current limit	IFmax	[pu]	1.73
Min. Side Integrator Lower Limit	TIMin_low	[pu]	0
Max. Side Integrator Lower Limit	TIMaxU_low	[pu]	-10.56
Min. Lim. Side Minimum Output	uel_low	[pu]	0
Max. Lim. Side Minimum Output	oel_low	[pu]	-6.56
Min. Side Integrator Upper Limit	TIMin_high	[pu]	3.56
Max. Side Integrator Upper Limit	TIMaxU_high	[pu]	0
Min. Lim. Side Maximum Output	uel_high	[pu]	3.56
Max. Lim. Side Maximum Output	oel_high	[pu]	0

Jaguas_FCL:

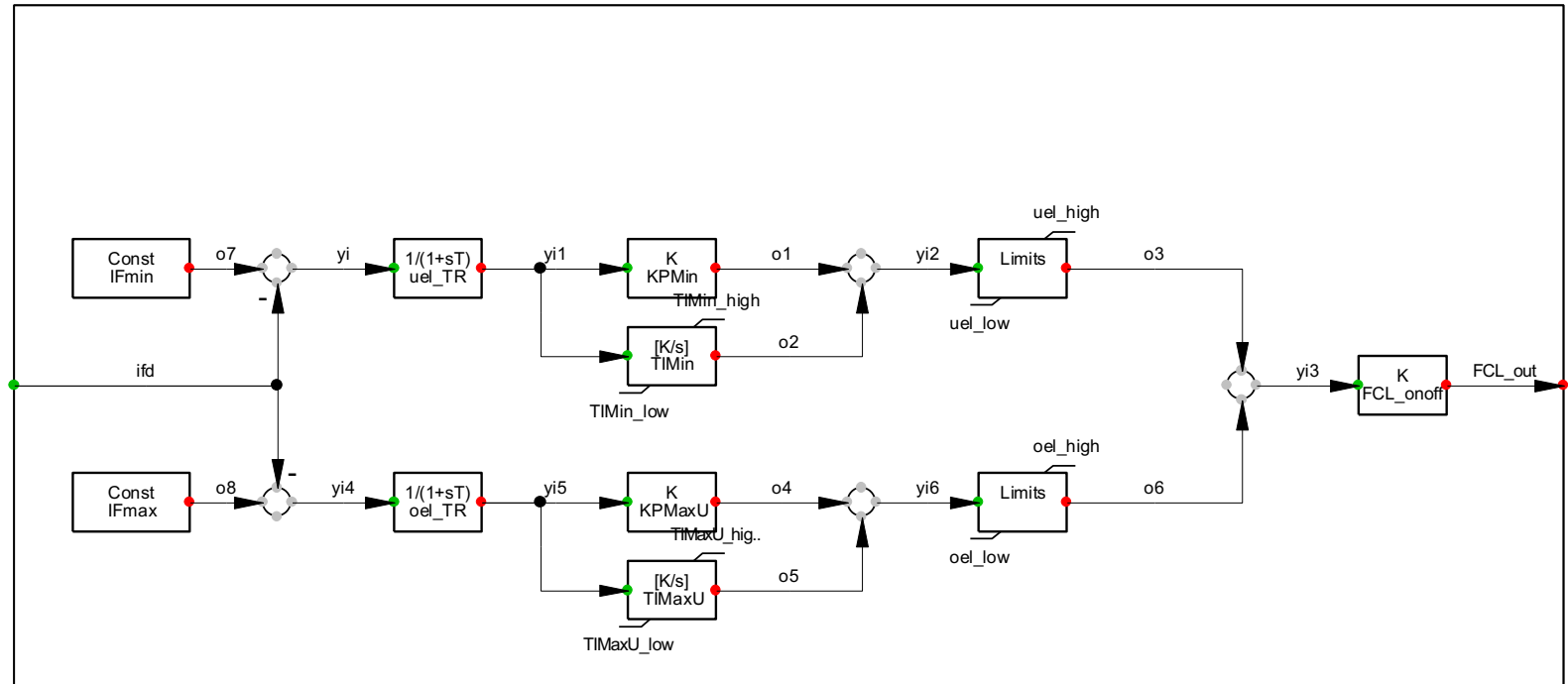


Figura 10. Modelo FCL

Limitador de corriente de campo, con retraso

Tabla 15. Parámetros Limitador de corriente de campo, con retraso

Parámetros Limitador de corriente de campo, con retraso			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_FCL_delay			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TVIPB_oeld	[s]	4.8
Max. Side Proportional Gain	KP_oeld	[pu]	0.4
Max. Side Integral Gain	KI_oeld	[pu]	0.01
Maximum Exc. Current limit	IFMAXd	[pu]	1.68
Max. Limiter Upper Current Zone	IFzone_max	[pu]	1.56
2 * Maximum Exc. Current limit	IFMAXd_high	[pu]	4.4
Max. Side Input Lower Limit	oeld_input_low	[pu]	-4.56
Max. Side Minimum Output	oeld_low	[pu]	-4.56
Nonlinear Delay Time ($\sim 0.2 * (IF_{max} - IF_{MAXd})$)	nn_delay	[pu]	2
Max. Side Input Upper Limit	oeld_input_high	[pu]	0
Max. Side Maximum Output	oeld_high	[pu]	0

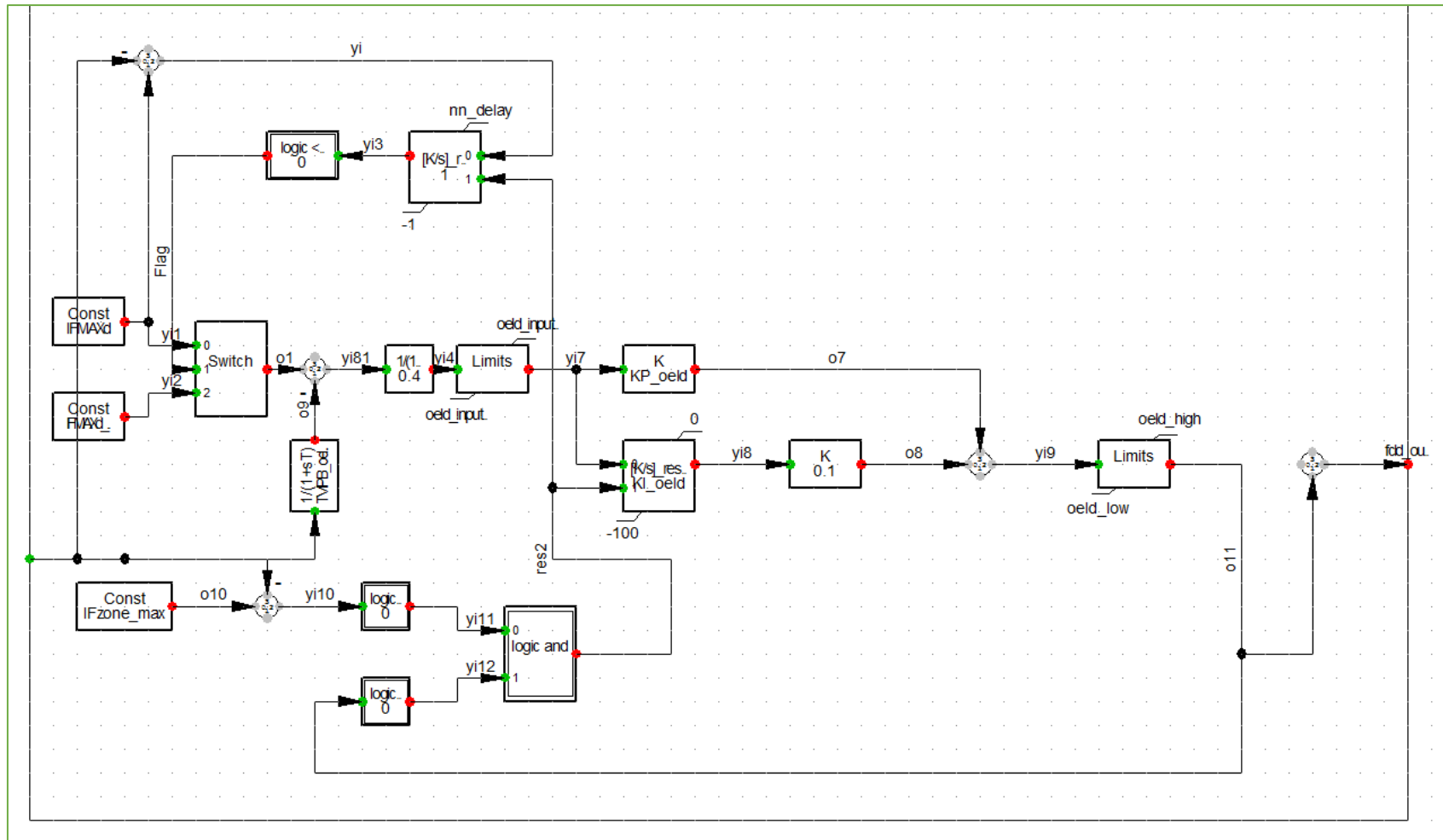


Figura 11. Modelo FCL con retraso

Limitador de ángulo de carga

Tabla 16. Parámetros Estimator de ángulo de carga

Parámetros Estimator de ángulo de carga			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_LoadAngle			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Reactancia de cuadratura de cálculo	Xq_control	[pu]	1
Reactancia de la red de cálculo	Xn_control	[pu]	0.1201

Tabla 17. Parámetros Limitador de ángulo de carga

Parámetros Limitador de ángulo de carga			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_LAL			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Proportional Gain	KPU EB	[pu]	0.08
Integration Time Constant	TIUEB	[s]	2.5
Differential Gain	KDU EB	[pu]	0.15
Differential Damping Time Constant	TDUEB	[s]	0.1
Differential load angel limit	LA_lim_zone	[pu]	0.65
Stationary load angel limit	LA_lim	[pu]	0.608
limiter Minimum Output	lal_low	[pu]	0
Limiter Maximum Output	lal_high	[pu]	3.56

Jaguas_Load_Angle_LIM:

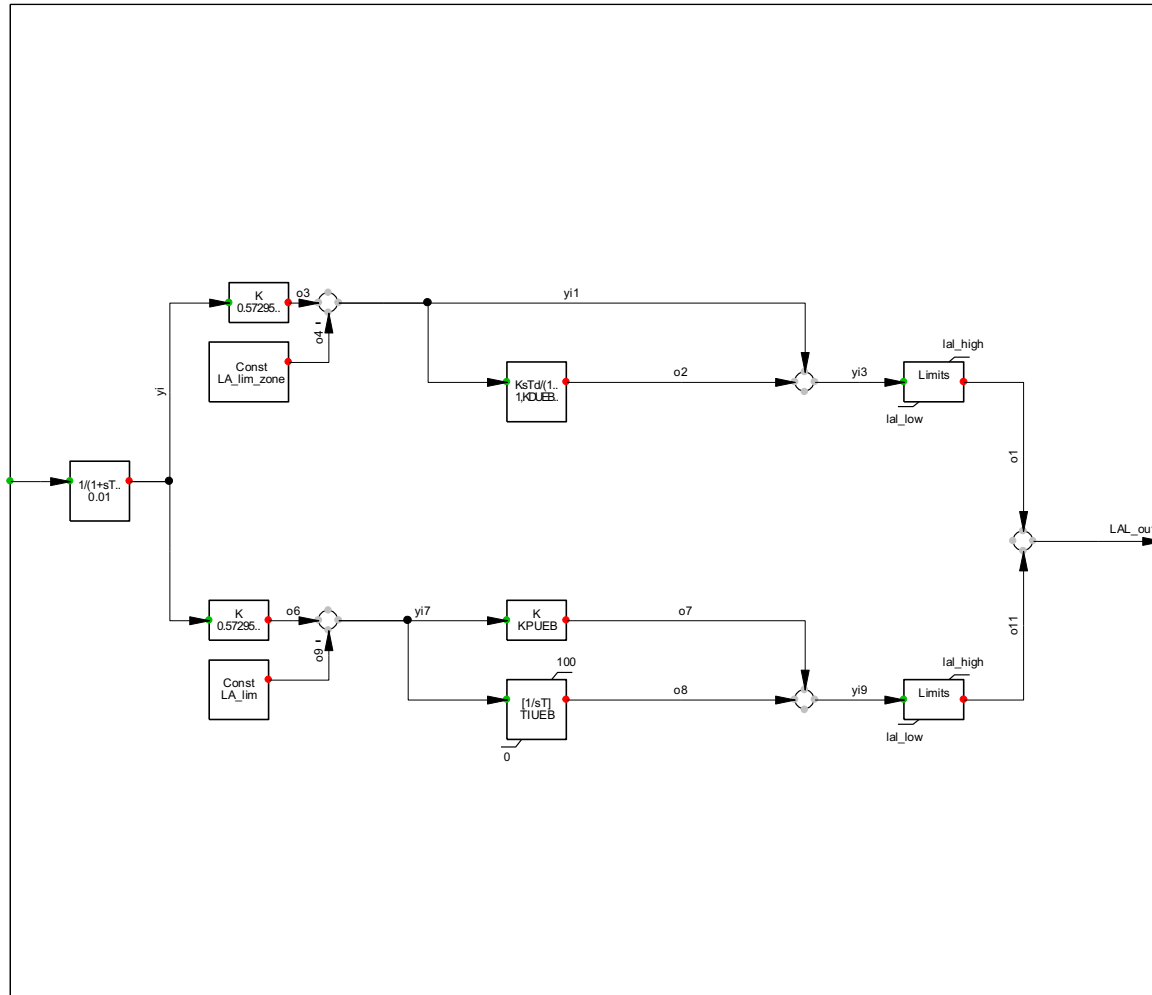


Figura 12. Diagrama del limitador de ángulo de carga – Modelo

Limitador V/Hz

Tabla 18. Parámetros Limitador V/Hz

Parámetros Limitador V/Hz			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_VHz			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
V/Hz activation limit	VHz_ref	[pu]	1.1
V/Hz output minimum limit	vhz_out_minlim	[pu]	-0.5
V/Hz internal minimum limit	vhz_minlim	[pu]	-0.5
V/Hz output maximum limit	vhz_out_maxlim	[pu]	0
V/Hz internal maximum limit	vhz_maxlim	[pu]	0.5

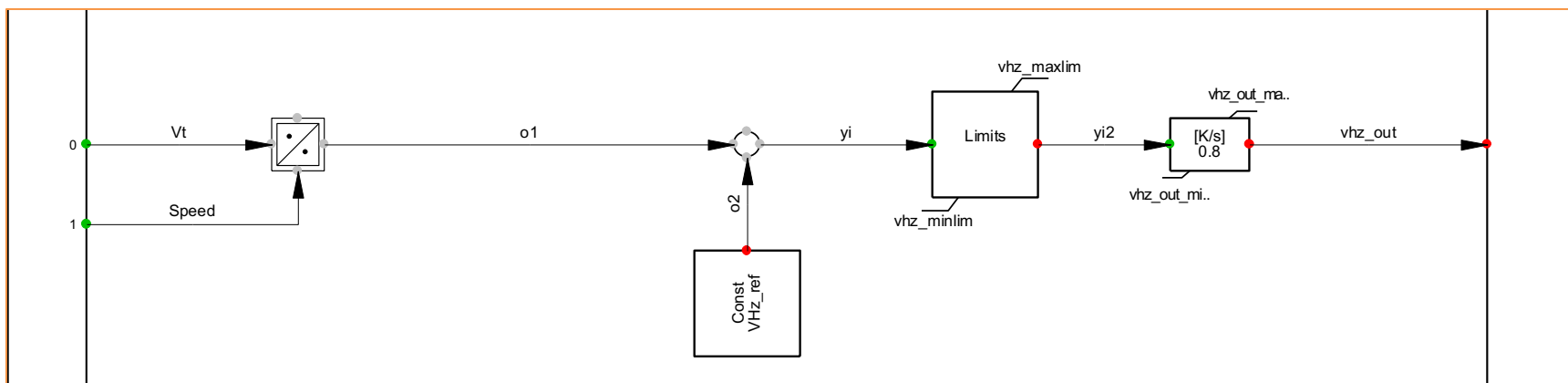


Figura 13. Modelo del limitador V/Hz.

Estabilizador del Sistema de Potencia

Tabla 19. Parámetros del PSS.

Parámetros del PSS			
Network Model >> Network Data >> Grid >> U2_PSS			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Filter Time Constant	T1	[s]	0.02
Washout Time Constant	TW1	[s]	4.22
PSS Gain	Ks1	[pu]	0.2
1st Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts1	[s]	0.01
1st Lead-Lag Delay Time Constant	Ts2	[s]	0.36
2nd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts3	[s]	0.02
2nd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts4	[s]	0.36
PSS output min limit	pss_low	[pu]	-0.03
PSS output max limit	pss_high	[pu]	0.03

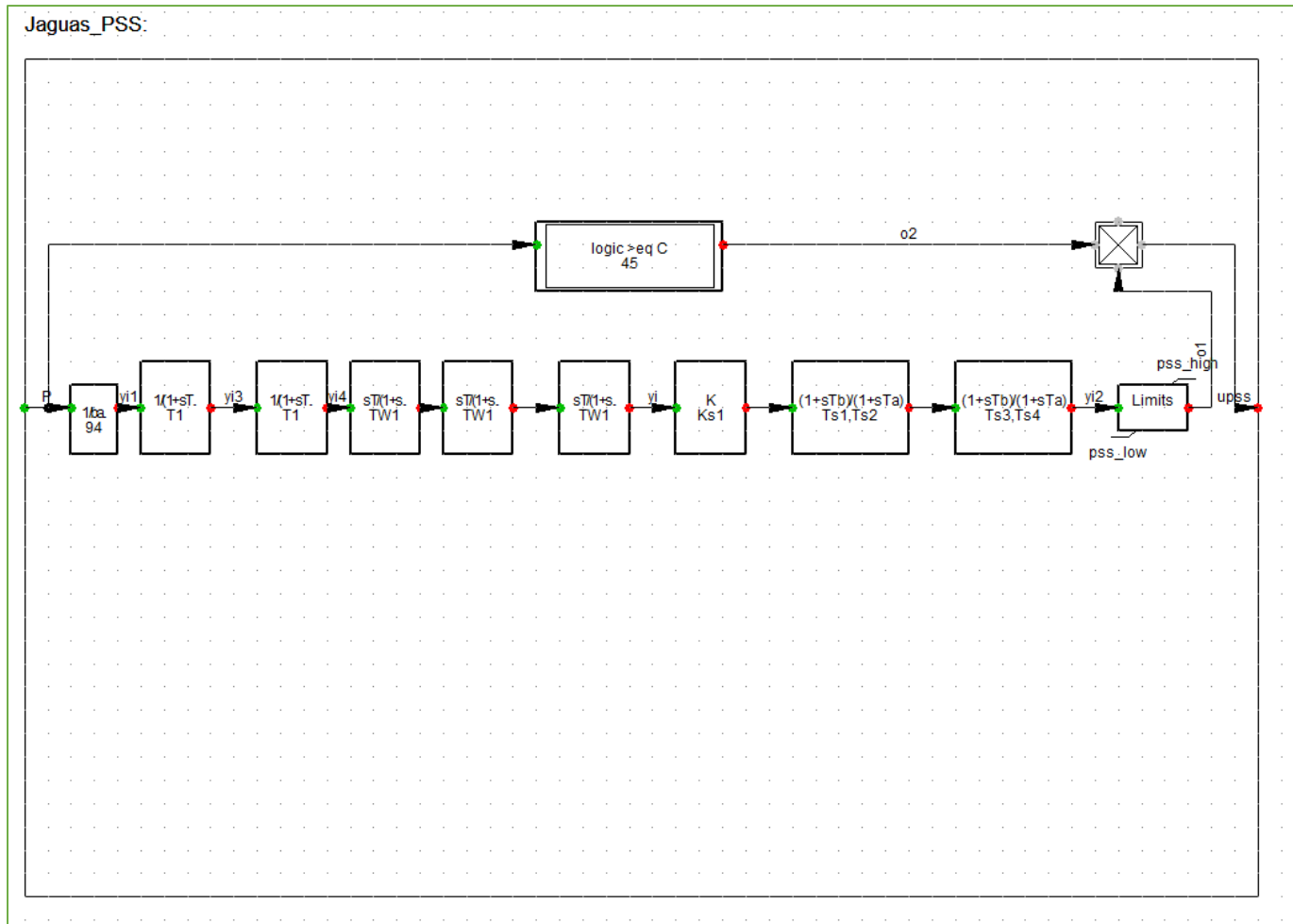


Figura 14. Modelo PSS

La activación del PSS está limitada a funcionar solo cuando la unidad este generando potencia superior al 50% o 0.5 [p.u.].

Regulador de Velocidad/Potencia y Turbina

Conducción y turbina hidráulica

Tabla 20. Parámetros de conducción y turbina

Parámetros de conducción y turbina	
Network Model >> Network Data >> Grid >> Jaguas Frame>>Turbine_V2	
Parámetro	Valor
H_st	1
T_w_t	1.904
T_w_p	0.377
Tw1	0.06
Tw2	0.085
T_el2	200
T_el1	200
r_p1	0.01
r_t	0.005
r_p	0.005
T_el_p	0.0745
r_p2	0.01
T_s	849.66
Pbase	85

Tabla 21. Características de posición – área de flujo del actuador

Características de posición – área de flujo del actuador	
Network Model >> Network Data >> Grid >> Jaguas Frame>>Turbine_V2>> GA2	
% Apertura	Área de flujo
0	0
0.291	0.3465
0.334	0.383
0.376	0.4434
0.583	0.7383
0.624	0.781
0.666	0.8486
1.2	1.7

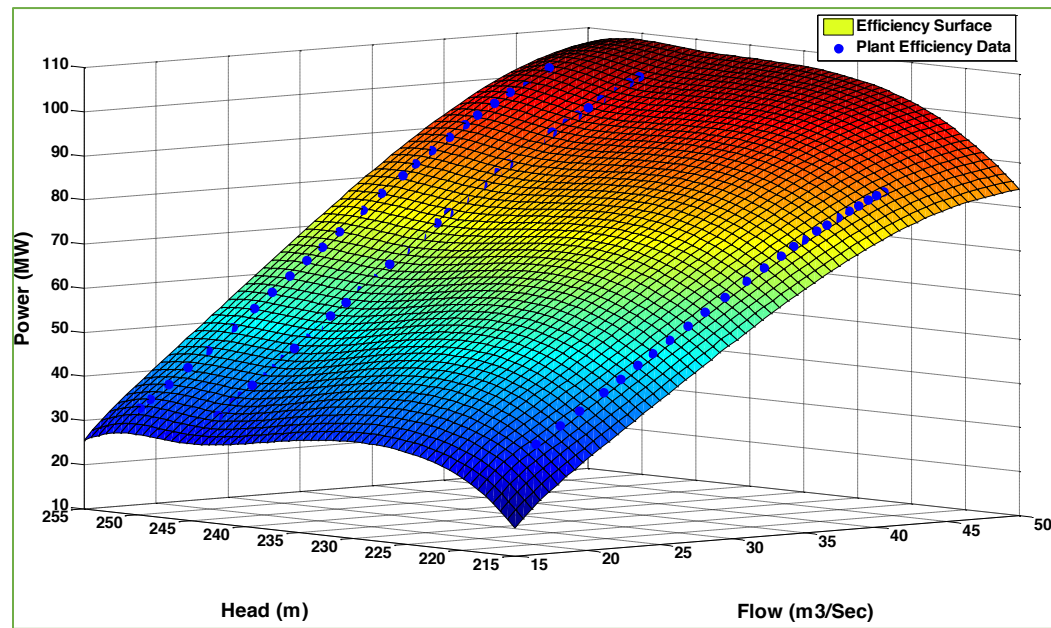


Figura 15. Superficie de eficiencia Turbina.

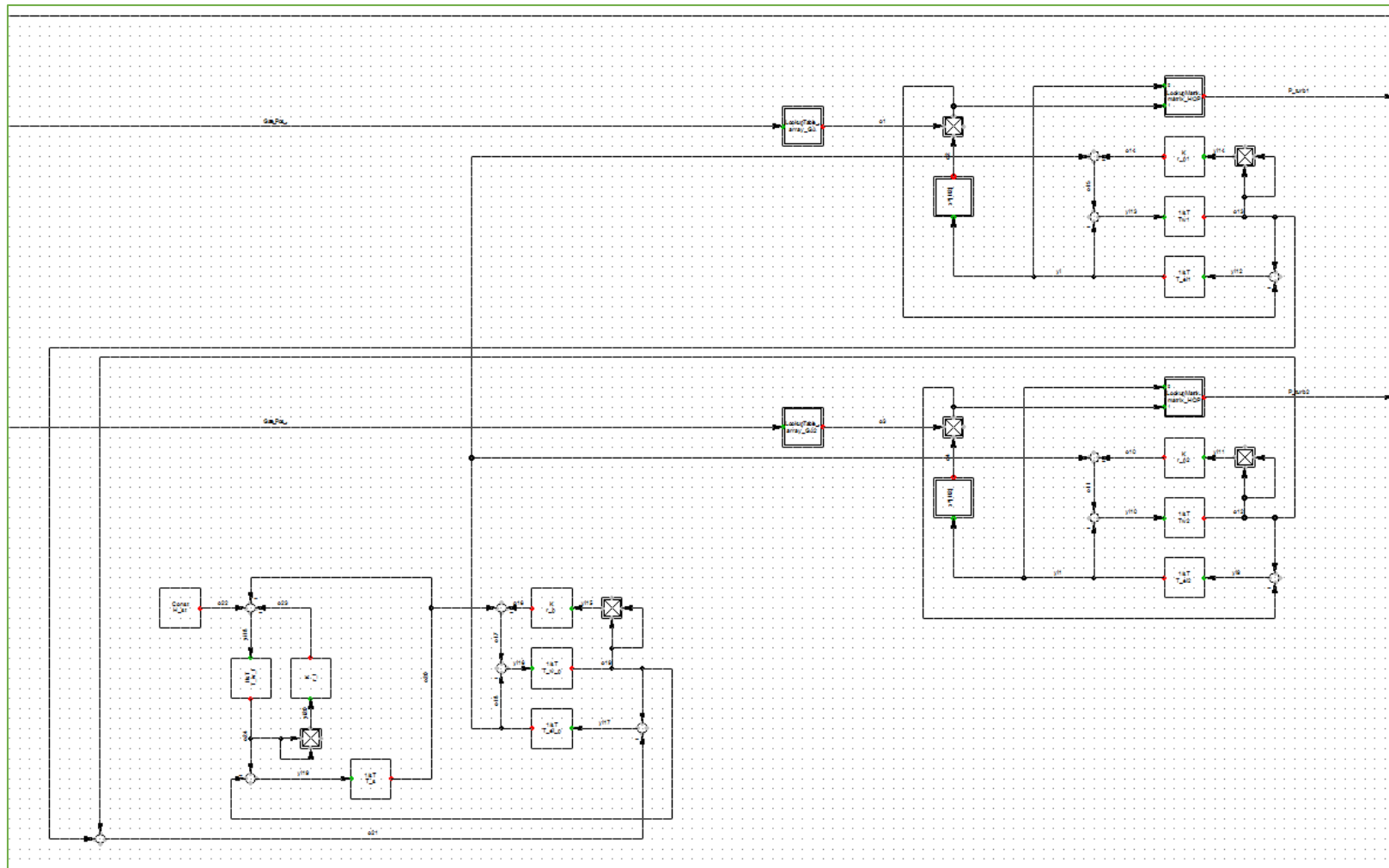
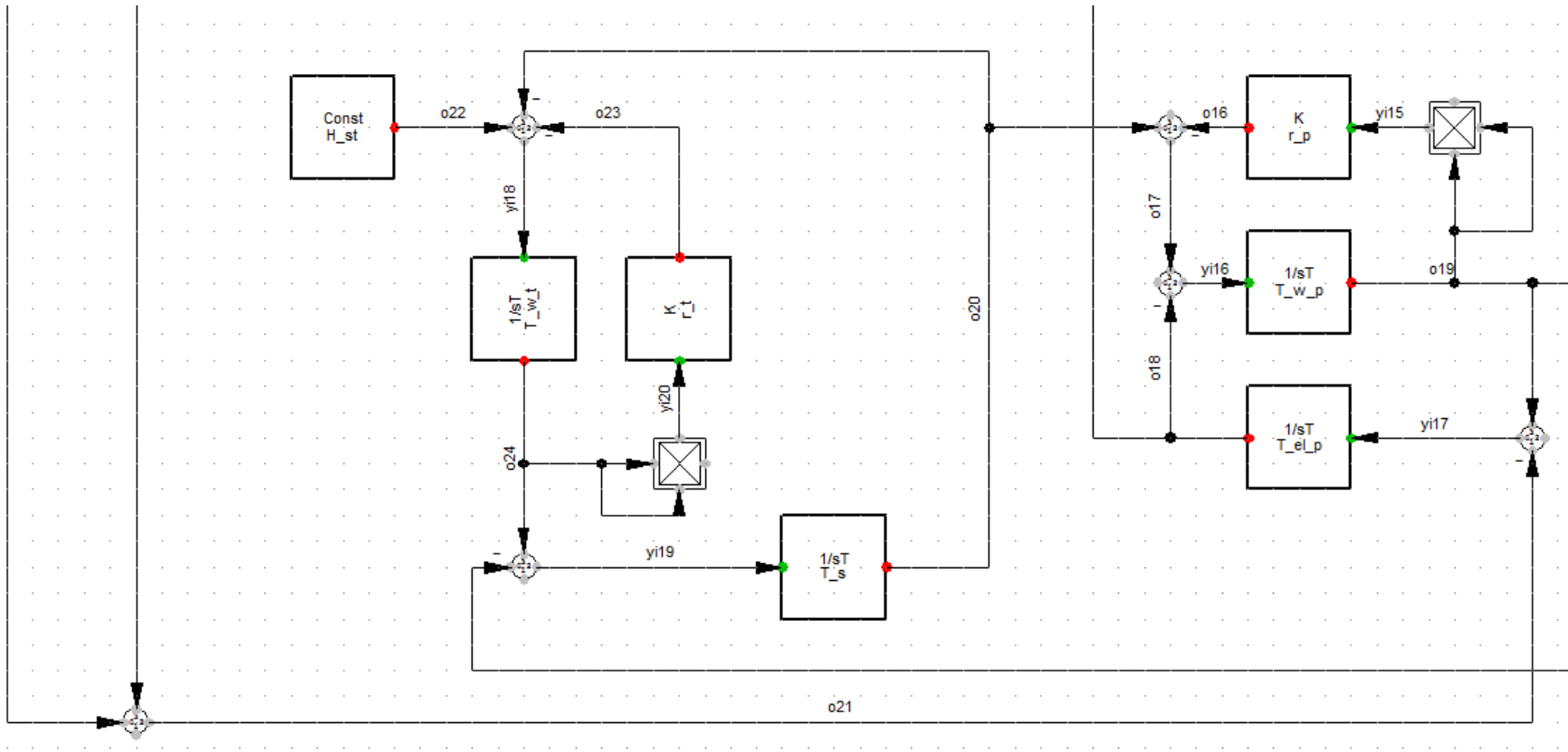
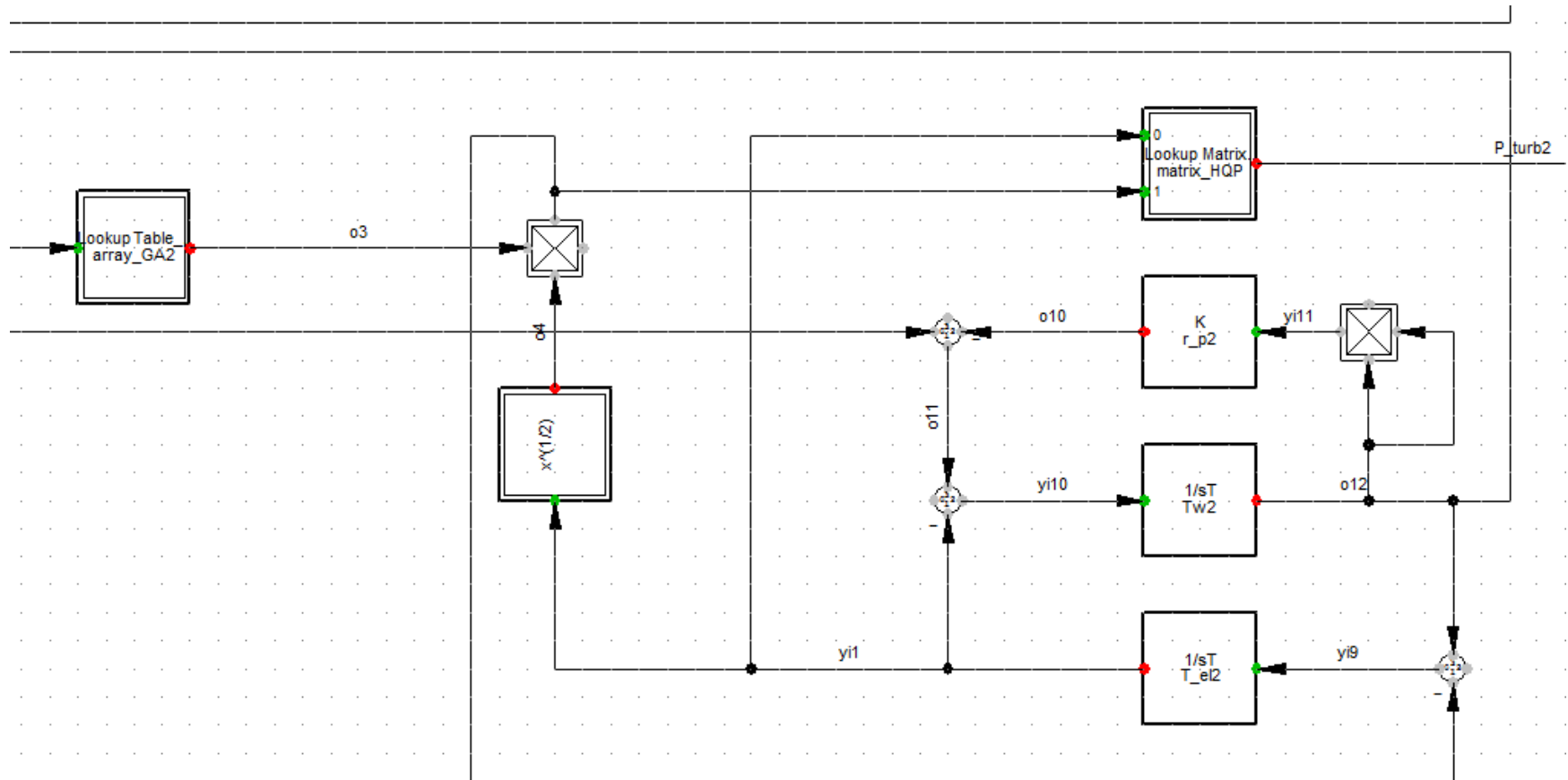


Figura 16. Modelo conjunto conducción y turbinas Jaguas





Modelo del Regulador de Velocidad

Tabla 22. Parámetros de gobernador

Parámetros de Governor	
Network Model >> Network Data >> Grid >>Jaguas Frame>>U2_Governor	
Parámetro	Valor
KP_WG_SM	3
KP_WG_DV	0.5
BL_deadband	0.003
Cl_Stroke	-0.1
Op_Stroke	0.1
GateLim_max	0.7774

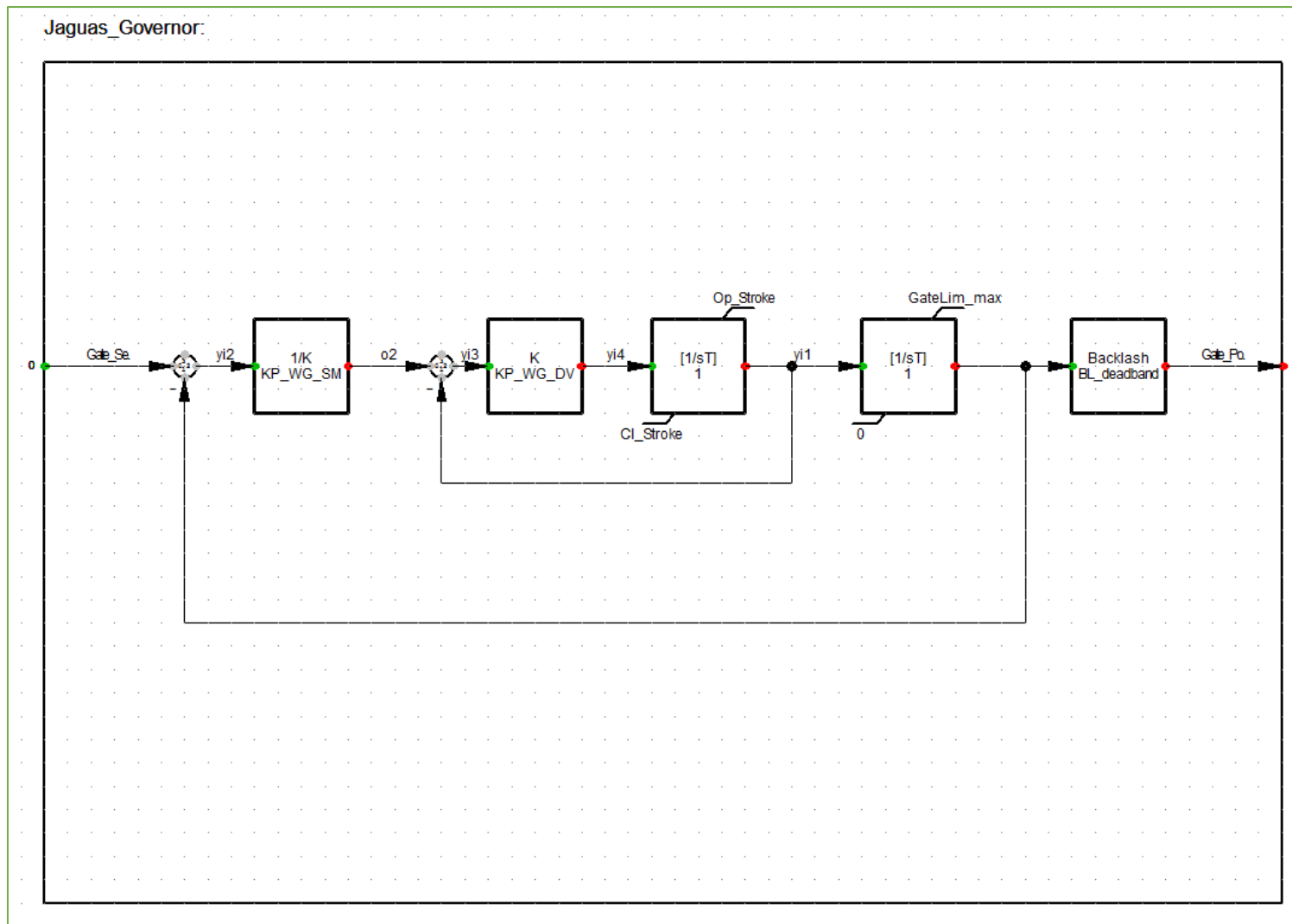


Figura 17. Modelo del Governor

Tabla 23. Parámetros de Control de velocidad

Parámetros de Control de velocidad	
Network Model >> Network Data >> Grid >>Jaguas Frame>> U2_Spees_Control	
Parámetro	Valor
Freq_db	0.0005
T_inj >> Filtro de inyección de prueba	0 y 8
FPD	0.05
KP_POC	0.55
TN_POC	40
TN_Pa	0.5
Ramp_cal_time	0.1
Ramp_rate	0.005
Prated	85

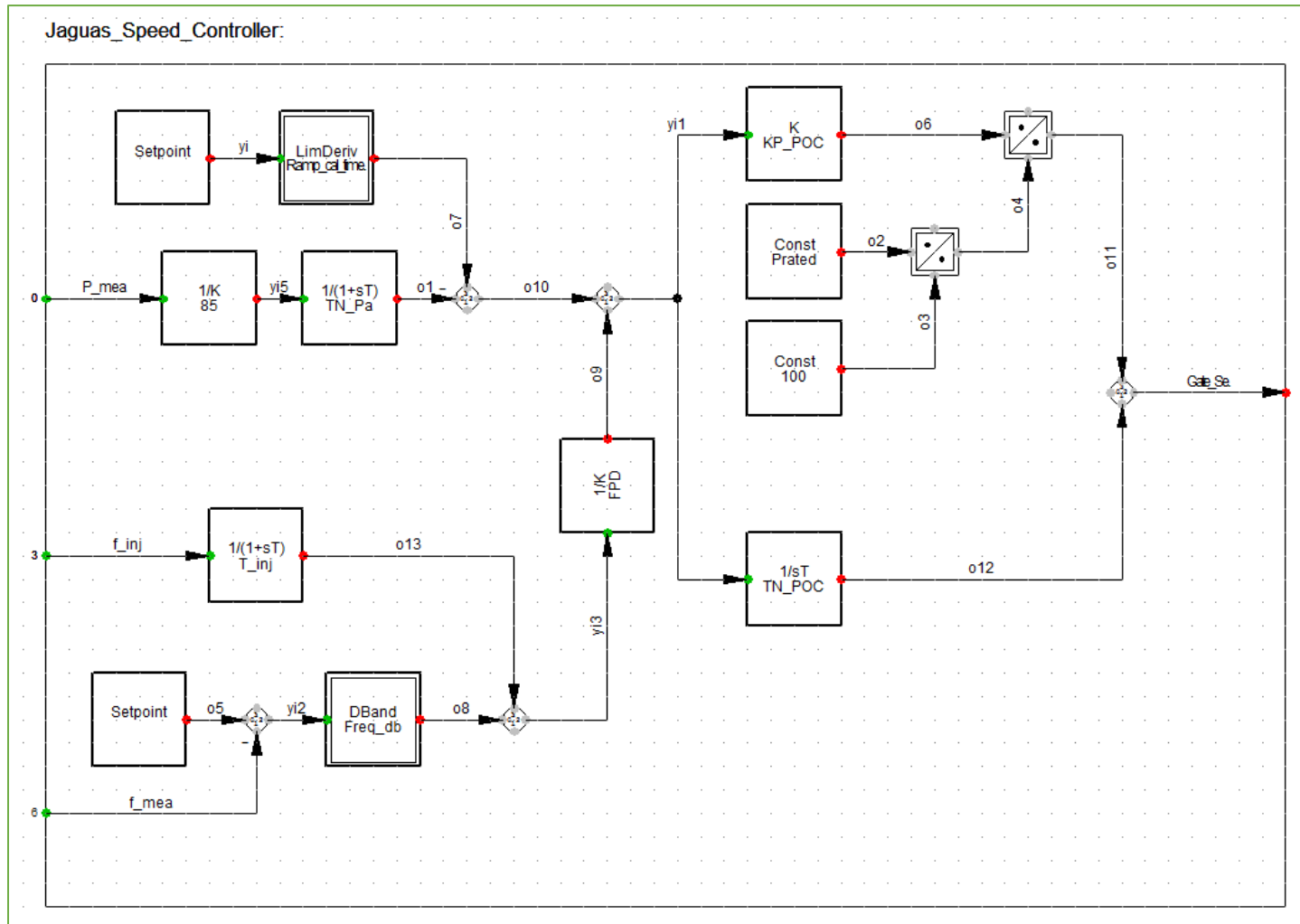


Figura 18. Modelo del controlador de velocidad.