

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES



COMPONENTES DE SISTEMAS DE  
CONTROL DE FLUJO Y TEMPERATURA  
PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA  
DE LA FUNDICION

TRABAJO QUE PRESENTA  
JUAN JOSE LEON SANDOVAL

EN OPCION AL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS DE ING. ELECTRICA

MONTERREY, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1989

TM

Z5853

.M2

FIME

1989

L4



1020074545

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES



## COMPONENTES DE SISTEMAS DE CONTROL DE FLUJO Y TEMPERATURA PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION

TRABAJO QUE PRESENTA  
JUAN JOSE LEON SANDOVAL

EN OPCION AL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS DE ING. ELECTRICA

MONTERREY, N. L.

SEPTIEMBRE DIE 1939

TM  
75853  
M2  
FINE  
1989  
L4



162176

CON PROFUNDO CARIÑO Y AGRADECIMIENTO A:

MI FAMILIA: ILIANA, GABY, ADRIAN Y EL HIJO QUE ESPERAMOS.

MIS PADRES: JOSE Y MA. DEL REFUGIO.

MIS HERMANOS: MA. EUGENIA, GERARDO, ALBERTO, JORGE Y RAUL.

MI ESCUELA Y MIS MAESTROS.

**COMPONENTES DE SISTEMAS DE  
CONTROL DE FLUJO Y TEMPERATURA  
PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA  
DE LA FUNDICION.**

**JUAN JOSE LEON SANDOVAL.**

**COMPONENTES DE SISTEMAS DE CONTROL DE FLUJO Y TEMPERATURA  
PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION.**

PREFACIO.	(1)
1. INTRODUCCION A SISTEMAS DE CONTROL.	(2)
1.1 CONTROL DE LAZO ABIERTO.	(2)
1.2 CONTROL DE LAZO CERRADO.	(4)
1.3 CARACTERISTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL.	(6)
2. CONTROLES ANALOGICOS Y DIGITALES.	(10)
2.1 DEFINICIONES.	(10)
2.2 CONTROL ANALOGICO.	(12)
2.2.1 CONTROL DE DOS POSICIONES.	(12)
2.2.2 CONTROL DE POSICIONES MULTIPLES.	(13)
2.2.3 CONTROL PROPORCIONAL.	(14)
2.2.4 CONTROL INTEGRAL.	(15)
2.2.5 CONTROL DERIVATIVO.	(17)
2.2.6 CONTROLADOR PROPORCIONAL.	(18)
2.2.7 CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL P-I.	(20)
2.2.8 CONTROLADOR PROPORCIONAL-DERIVATIVO P-D.	(21)
2.2.9 CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO PID.	(22)
2.3 CONTROL DIGITAL.	(24)
2.3.1 ADQUISICION DE DATOS Y REGISTRO.	(24)
2.3.2 CONTROL DIGITAL DIRECTO.	(26)
2.3.3 CONTROL SUPERVISORIO.	(31)
2.3.4 CONCEPTO DE JERARQUIA DE COMPUTADORAS.	(34)
3. TRANSDUCTORES.	(35)
3.1 MECANICOS PARA MEDICION DE FLUJO TIPO DE ORIFICIO.	(35)
3.1.1 PRINCIPIOS TEORICOS.	(35)
3.1.2 TUBO VENTURI.	(53)
3.1.3 PLACA DE ORIFICIO.	(55)
3.2 TERMICOS.	(59)
3.2.1 TERMOPARES.	(59)
3.2.2 TERMOMETROS DE RESISTENCIA (RTD).	(66)
3.2.3 TERMISTORES.	(70)
4. ACONDICIONADORES DE SEÑAL Y SUBSISTEMAS DE ENTRADA.	(73)
4.1 TRANSMISORES DE FLUJO POR PRESION DIFERENCIAL.	(73)
4.2 SUBSISTEMA DE ENTRADA PARA SEÑALES DE TEMPERATURA.	(78)



5.	ACTUADORES.	(91)
5.1	VALVULAS DE CONTROL.	(91)
5.2	CALCULO DEL TAMAÑO DE VALVULAS.	(97)
5.3	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LAS VALVULAS.	(100)
6.	APLICACION. CONTROL DE TEMPERATURA EN UNA ZONA DE FUNDICION MEDIANTE EL CONTROL DE FLUJO DE COMBUSTIBLE Y COMBURENTE.	(102)
6.1	ESPECIFICACIONES BASICAS DE DISEÑO.	(102)
6.2	ESPECIFICACIONES DETALLADAS DEL SISTEMA DE CONTROL Y SU SELECCION.	(103)
6.2.1	CALCULO DE CONSUMO DE ENERGETICOS.	(104)
6.2.2	ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL SISTEMA.	(105)
6.2.3	SELECCION DEL SISTEMA DE CONTROL JERARQUICO.	(106)
6.2.4	SELECCION DE QUEMADORES.	(111)
6.3	CALCULO DE TRANSDUCTORES PRIMARIOS PARA MEDICION DE FLUJO TIPO DE ORIFICIO Y SELECCION DE TERMOPARES.	(112)
6.3.1	CALCULO DE PLACA DE ORIFICIO PARA MEDICION DE COMBUSTOLEO #6 DE 0 A 400 L/HR.	(112)
6.3.2	CALCULO DE PLACA DE ORIFICIO PARA MEDICION DE AIRE DE ATOMIZACION RELACION 280 AIRE:1 COMB.	(114)
6.3.3	CALCULO DEL TUBO VENTURI PARA MEDICION DE AIRE DE COMBUSTION EN RELACION 12000 A 1, ó 12 M <sup>3</sup> DE AIRE A 1 L DE COMBUSTOLEO.	(117)
6.3.4	SELECCION DE TERMOPARES.	(119)
6.4	SELECCION DE TRANSMISORES DE FLUJO Y TEMPERATURA.	(120)
6.4.1	SELECCION DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA MEDICION DE COMBUSTOLEO.	(120)
6.4.2	SELECCION DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA MEDICION DE AIRE DE ATOMIZACION.	(121)
6.4.3	SELECCION DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA MEDICION DE AIRE DE COMBUSTION.	(122)
6.4.4	SELECCION DE TRANSMISORES DE TEMPERATURA.	(123)
6.5	SELECCION DE VALVULAS DE CONTROL.	(124)
6.5.1	SELECCION DE VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE COMBUSTOLEO #6 RANGO DE 0 A 400 L/HR.	(124)
6.5.2	SELECCION DE VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE AIRE DE ATOMIZACION RANGO DE 0 A 112 M <sup>3</sup> /HR.	(126)
6.5.3	SELECCION DE VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE AIRE DE COMBUSTION RANGO DE 0 A 4800 M <sup>3</sup> /HR.	(128)

## PREFACIO

El objetivo de este trabajo es presentar los componentes - clásicos de lazos de control tanto analógicos como digitales y la panorámica general de un Sistema de Control, el ejemplo que se presentará, se encamina a la industria de la fundición, ya que ese ramo es uno de los más importantes.

Ante la imposibilidad de mencionar todas las opciones, nos - concentraremos en dispositivos específicos, si bien se pueden - presentar problemas de aplicación diferentes, este trabajo puede servir como una base de partida para hacer las modificaciones y elecciones convenientes.

El estudio de los Componentes de un Sistema de Control permite enfocar el problema de Control de Procesos desde un punto - de vista mas sencillo y efectivo.

Con el alto costo de la Materia Prima y de los Energéticos, resulta cada vez mas crítico y viene a ser mas económico para nuestra Planta Productiva tener un Sistema de Control mas preciso que nos permita alcanzar una alta eficiencia, además de una operación segura para el personal y la planta.

El sistema de unidades utilizado es el Sistema Métrico Decimal, aunque se hace referencia al Sistema Ingles cuando se considera ilustrativo, ya que desafortunadamente algunas definiciones como el Cv de las válvulas existe como concepto en unidades inglesas y las tablas disponibles para cálculo estan en esas unidades, en selección de quemadores ocurre algo similar y las tablas de diseño estan en BTU's, en algunos conceptos utilizados en computadoras, existen términos en que aún no se tiene una traducción adecuada, que evite confusión y comunique lo que la palabra original quiere decir. Por lo que en este trabajo, se presentarán algunas unidades y cálculos indispensables en el Sistema Ingles, pero se llegará a resultados en el Sistema Métrico Decimal y se hará referencia a algunos términos en ingles como ilustración. Finalmente en el Apendice que ya no forma parte de esta tesis, se presenta como referencia hojas de catalogo y manuales de fabricantes tal y como las encontrará el Ingeniero que trabaje en esta área y que son indispensables para cálculo y selección de los componentes del sistema de control aquí presentado.