



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA

"SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL
SECADO DE ARROZ EN EL MOLINO EL PIRATA S.A.C"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA

PRESENTADA POR

BACH. Balcázar Rodas Jhon Hirwin

BACH. Tesén Bravo Cinthia Carmen

LAMBAYEQUE-PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

**Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica**



**"SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL SECADO
DE ARROZ EN EL MOLINO EL PIRATA S.A.C"**

TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR:

BACH. Balcázar Rodas Jhon Hirwin

BACH. Tesén Bravo Cinthia Carmen

COMO REQUISITO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIEROS ELECTRÓNICOS.

Marzo del 2015.

Lambayeque – Perú.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

**Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica**



**"SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL SECADO
DE ARROZ EN EL MOLINO EL PIRATA S.A.C"**

TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR

BACH. Balcázar Rodas Jhon Hirwin

BACH. Tesén Bravo Cinthia Carmen

COMO REQUISITO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIEROS ELECTRÓNICOS

JURADO CALIFICADOR

ING. Manuel Ramírez Castro

PRESIDENTE

ING. Carlos Oblitas Vera

SECRETARIO

ING. Enrique A. Reaño Gonzáles

VOCAL

Marzo del 2015.

Lambayeque – Perú.

Tesis profesional sustentada por

Bach. Balcázar Rodas Hirwin

Bach. Tesén Bravo Cinthia Carmen

Como requisito para obtener el título de

Ingeniero Electrónico

Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Ing. Manuel Ramírez Castro

Presidente

Ing. Carlos Oblitas Vera

Secretario

Ing. Enrique A. Reaño Gonzáles

Vocal

Ing. Víctor O. Jara Sandoval

Asesor

Marzo del 2015

Gracias a Dios, ya que sin él nada de esto sería posible; a nuestros padres por su apoyo y preocupación constante y en especial a las personas que creyeron en nosotros.

1. Aspectos de la Investigación.....	1
1.1. Datos Informativos:	2
1.1.1. Título:	2
1.1.2. Personal Investigador:	2
1.1.3. Centro de Investigación:	2
1.1.4. Área de Investigación:	2
1.1.5. Lugar de Investigación:	2
1.1.6. Beneficiario de la Investigación:	2
1.2. Marco Lógico:	3
1.2.1. Situación Problemática:	3
1.2.2. Antecedentes:	3
1.2.3. Formulación del Problema Científico:	4
1.2.4. Hipótesis:	4
1.2.5. Objetivos:	5
1.2.6. Justificación e Importancia:	5
2. Marco Teórico	7
2.1. Sistemas de Control:.....	8
2.1.1. Términos Básicos:.....	8
2.1.2. Componentes Básicos:.....	9
2.1.3. Tipos de Sistema de Control:	11
2.1.4. Métodos de Control:	13
2.2. Tipos de Arroz en el Perú:	14
2.3. Método Artificial de Secado:.....	17
2.3.1. Aire Natural:	17
2.3.2. Aire caliente:	19
2.4. Autómatas Programables PLC's:	20
2.4.1. Historia:	21
2.4.2. Definición:	21
2.4.3. Componentes:	22
2.4.4. Lenguaje de Programación:.....	23

2.5. Sensores:	24
2.5.1. Sensores de Temperatura:	25
2.5.2. Indicadores de Humedad:	26
2.6. Elementos Finales de Control:	26
2.6.1. Válvulas de Control:	27
2.6.2. Ventilador de Velocidad Variable:	28
2.6.3. Motor Eléctrico:	29
2.6.4. Variador de Frecuencia:	30
2.6.5. Motor de Corriente Continua con Caja Reductora:	33
3. Estudio de la Realidad de la Planta EL MOLINO el PIRATA	35
3.1. INTRODUCCIÓN:	36
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SECADO DEL ARROZ.	37
3.2.1. Inyección de Pajilla:	38
3.2.2. Inyección De Aire Frio al Horno:	39
3.2.3. Barredor de Cenizas:	40
3.2.4. Secador de Arroz Kepler Weber (KW):	42
3.3. Ventajas y Desventajas.	48
3.3.1. Ventajas:	48
3.3.2. Desventajas:	49
4. Diseño del Sistema	50
4.1. Diseño del Sistema De Control:	51
4.2. Elementos del Sistema de Control:	51
4.2.1. Elementos Primarios de Control:	51
4.2.2. Elementos Finales de Control:	53
4.3. Proceso:	54
4.4. Conexión de los elementos del sistema de control del PLC:	56
4.4.1. Conexión de los elementos primarios de control:	56
4.4.2. Conexión de los elementos finales de control:	56
4.5. Modelo matemático y función de transferencia del sistema de control:	60

4.5.1. Descripción del proceso de secado o deshidratación:	60
4.5.2. Modelo de Secado de Arroz:	60
4.5.3. Programa en Matlab:	65
4.5.4. Programación en Matlab Angulo vs Variación de Temperatura: ..	71
4.5.5. Programación en Matlab para hallar la Humedad de Equilibrio del grano de arroz:	72
5. Estudio Económico	77
5.1. Presupuesto General:	78
5.1.1. Sistema de Control:.....	78
5.1.2. Mano de Obra:	79
5.1.3. Costo Total de la Inversión:.....	79
5.1.4. Análisis de Ingresos y Egresos.....	79
6. Conclusiones y Recomendaciones	84
6.1. Conclusiones:.....	85
6.2. Recomendaciones:.....	86
A. Sistema SCADA.....	87
A.I. Generalidades:.....	87
I. Enlace Remoto:.....	88
II. SCADA para monitoreo y supervisión:	89
B. Lenguaje Ladder de Programacion de PLC	92
B.I. Software de Programación TIA PORTAL V12:	92
B.II. Programación de PLC:	93
C. Hojas de Datos Técnicos	97
BIBLIOGRAFÍA:.....	104

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los principales componentes en la dieta de todos los peruanos, el consumo de arroz está al alcance económico de casi todos los peruanos, es rico nutricionalmente, y se lo consume en todas las regiones del país. En el mercado arrocerero peruano existen diversa variedad de arroz que se ofrecen de acuerdo a los gustos y necesidades de los consumidores, debido a su variedad este arroz debe ser secado bajo ciertas condiciones que al mismo tiempo reduce su humedad, el cual transforma sus cadenas moleculares y mejoran notablemente su gusto al ingerirse.

El molino "EL PIRATA S.A.C" ubicado en el departamento de Lambayeque presenta un déficit en la medición de humedad del grano de arroz, nosotros al realizar nuestro proyecto ayudaremos a solucionar este déficit realizando la automatización de las persianas de la secadora del molino con el objetivo de minimiza el error humano que en algunos casos podría afectar la calidad final del producto. Así mismo se puede procesar mayor cantidad de arroz en menor tiempo, con mayor calidad y limpieza.

La organización del presente trabajo consiste en la siguiente manera:

Primer capítulo "ASPECTOS DE LA INVESTIGACION": es la breve introducción de los procesos de secado y envejecido.

Segundo capítulo "MARCO TEÓRICO" es el resumen de los términos de control y conceptos utilizados en la agricultura donde se especifican los tipos de arroz en todas las zonas del Perú.

Tercer capítulo "ESTUDIO DE LA REALIDAD DE LA PLANTA": se realiza el estudio del proceso de secado y envejecido del grano de arroz en el molino el pirata.

Cuarto capítulo "MODELO MATEMÁTICO": se realiza una detallada descripción de la importancia de los mecanismos involucrados en el secado del grano de arroz (temperatura, calor, ángulo de apertura de persianas, tiempo) y determinación de las funciones de transferencia utilizadas en el proyecto.

Quinto capítulo se presenta el presupuesto general de la realización de nuestro proyecto de tesis.

Sexto capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo de titulación.

RESUMEN

El molino EL PIRATA S.A.C presenta un déficit en la medición del secado del grano de arroz esta tesis describe el diseño de la automatización de las persianas de una secadora de arroz partiendo desde un base de datos que consta de la identificación tanto de la variables como de los factores que intervienen en el sistema.

Este proyecto tiene un variable que se desea controlar (persianas de la secadora) atravez de un servomotor, utilizando los datos de nuestro modelo matemático (funciones de transferencia de temperatura vs tiempo, función de transferencia ángulo vs variación de temperatura) así también utilizando los datos de la lectura de los sensores de temperatura. Nuestro proyecto plantea la automatización de las persianas de la secadora de envejecido de arroz del molino EL PIRATA S.A.C cuya finalidad es mejorar la calidad del grano de arroz y minimizar el tiempo de secado del grano.

Existe además en este proyecto un apéndice en el que se detalla la implementación de un sistema de monitoreo remoto atravez de un enlace Ethernet con el software SCADA, por el cual se podrá visualizar remotamente en comportamiento de los principales elementos del sistema de control así como almacenar los historiales del secado del grano.

ABSTRACT

The mill "PIRATE S.A.C" has a deficit in the measurement of drying grain of rice this thesis describes the design automation blinds rice dryer working from a database that consists of identifying both the variables and the factors involved in the system

This project has a variable to be controlled (blinds dryer) right through a servomotor, using data from our mathematical model (transfer functions of temperature vs time transfer function angle vs temperature variation) and also using data reading the temperature sensors. Our project involves automating blinds dryer aged rice mill "PIRATE S.A.C" aimed at improving the quality of the rice grain and minimize grain drying time

There is also in this project an appendix in which the implementation of a remote monitoring system right through an Ethernet connection with SCADA software, which can be displayed remotely behavior of the main elements of the control system is detailed and store histories of grain drying

Capítulo 1

Aspectos de la Investigación

1.1. Datos Informativos:

1.1.1. Título:

Sistema de Control Automatizado para el Secado de Arroz en el Molino EL PIRATA S.A.C

1.1.2. Personal Investigador:

Bach Jhon Hirwin Balcázar Rodas.

Bach Cinthia Carmen Tesén Bravo.

1.1.3. Centro de Investigación:

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

1.1.4. Área de Investigación:

Tecnológica – Aplicada.

1.1.5. Lugar de Investigación:

Molino EL PIRATA S.A.C.

Carretera Panamericana Norte Km. 775.2 – Lambayeque.

1.1.6. Beneficiario de la Investigación:

G&B Molinos S.A.C EL PIRATA – Lambayeque.

1.2. Marco Lógico:

1.2.1. Situación Problemática:

En el Departamento de Lambayeque se encuentra la Agroindustria G&B MOLINOS SAC EL PIRATA donde actualmente existe un problema en el proceso de secado de arroz ya que realiza un proceso manual para medir la temperatura y humedad en el proceso de secado.

El proceso de acondicionamiento del grano de arroz para consumo, desde su cosecha hasta su distribución, está sometido a las condiciones ambientales en las cuales se encuentre y a la influencia que estas puedan tener sobre la humedad al interior del cereal.

Siendo el arroz una fuente de alimento tan importante, su producción está regida en su mayor parte por el azar. Los cambios drásticos en el clima durante su proceso provocan la pérdida de gran porcentaje de la producción de los agricultores y los molinos. Tanto los agricultores como los grandes molinos industriales carecen de medidas para la prevención de la pérdida de producto por causa de variaciones de temperatura y humedad, que en su mayor parte son impredecibles. Esta desventaja acarrea consigo grandes pérdidas económicas por producto defectuoso a lo largo de todo el año.

Las plantas de secado de arroz, sufren igualmente las consecuencias del azar por la distracción de los operarios. Si el control realizado por los operarios durante el proceso no es el adecuado, puede causar una pérdida exagerada de humedad en los silos o en la torre que ocasiona, igual que los drásticos cambios climáticos, la pérdida de la calidad.

1.2.2. Antecedentes:

Se han encontrado los siguientes trabajos relacionados:

Sr. Juan Fernando Aguirre Cueva (2011) en un trabajo de investigación y aplicación denominado Diseño e Implementación de un Horno Automático de Secado y Envejecido de Arroz para la Procesadora Ingenierías Proyelec Fase I. En la Escuela Politécnica del Ejercito del Departamento de Eléctrica y Electrónica Salgolqui – Ecuador.

Rafael Bustamante Gómez (2005) en su trabajo se planteó hacer un Diseño de Sistema Automático de Control y Monitoreo de Temperatura en el Proceso de Secado de Arroz. En la Universidad la Salle, de la Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización Electrónica Bogotá DC.

Ing. Arquímedes Jesús Muñoz Zambrano y Ing. Luis Alberto Llontop Cumpa (2011) en un trabajo de investigación y aplicación denominado Sistema Automatizado de secado de arroz. Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la UNPRG.

Hasta la fecha no existe ningún trabajo relacionado con la mejora del Secado de Arroz en el Molino EL PIRATA.

1.2.3. Formulación del Problema Científico:

¿Cómo podrá ayudar un Sistema de Control Automatizado que permita detectar la humedad a través de la temperatura en el secado de arroz para obtener un óptimo producto y minimizar pérdidas de este en el molino el Pirata S.A.C?

1.2.4. Hipótesis:

Si el sistema de control automatizado se realiza seguro y eficiente entonces a través de la temperatura se controlará la humedad en el secado de arroz para evitar la quebradura en el grano en el molino EL PIRATA S.A.C

1.2.5. Objetivos:

1.2.5.1. Objetivo general:

Diseñar un Sistema de Control automatizado que Controle la Humedad basándose en la Temperatura para el Proceso de Secado de Arroz en el Molino El PIRATA S.A.C

1.2.5.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño de los Sistemas de control y monitoreo.
- Diseñar un sistema de control que permita controlar las persianas del secador mediante un servomotor.
- Diseñar el sistema de control para medir y tener control de la temperatura de la secadora.
- Mejorar la producción en el secado del grano del arroz.

1.2.6. Justificación e Importancia:

El secado artificial de arroz presenta problemas especiales por tratarse del único grano que se comercializa entero y cuyo valor comercial depende, precisamente, de su potencial para cumplir esta condición. Mejorar la calidad del proceso y evitar la fragmentación de granos lo máximo posible puede brindar a los productores grandes ventajas en los mercados nacionales e internacionales al disminuir sus pérdidas por granos inservibles.

La modernización de la producción de granos, para que produzca beneficios plenos, exige cambios en los procedimientos de manejo y comercialización.

El proceso de secado puede mejorarse y hacerse más productivo si se reduce la aleatoriedad de las condiciones al interior del proceso.

El tiempo de secado en los silos depende principalmente de las condiciones ambientales, de la temperatura del aire de secado y del volumen del mismo aplicado por unidad determinada de grano. El control adecuado de estas variables puede hacer el proceso más veloz. Al mismo tiempo, pueden eliminarse ciertas partes del proceso para ahorrar dinero y espacio.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Sistemas de Control:

El objetivo de control automático de procesos es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como: temperaturas, presiones, flujos y compuestos. Los procesos son de naturaleza dinámica en ellos siempre ocurren cambios y si no se comprenden las reacciones pertinentes, las variables importantes del proceso, es decir, aquellas que se relacionan con la seguridad, la calidad del producto y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño.

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, y se ha convertido en una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de fabricación.

2.1.1. Términos Básicos:

1. **Variable Manipulada:** es la cantidad o condición que se mide y controla.
2. **Variable Controlada:** es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar al valor de la variable controlada. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado). Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado.
3. **Planta:** se designará como planta a cualquier objeto físico que pueda ser controlado. Puede ser un equipo, quizás simplemente un juego de piezas de una máquina funcionando juntas, cuyo objetivo es realizar una operación determinada. Ejemplos de plantas son: horno de calentamiento, reactor químico, etc.

4. **Proceso:** una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados; o una operación artificial o voluntaria que se hace de forma progresiva y que consta de una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinado. En este libro se llamará proceso a cualquier operación que se va a controlar. Algunos ejemplos son los procesos químicos, económicos y biológicos.
5. **Sistema:** un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no está necesariamente limitado a los sistemas físicos.
6. **Perturbaciones:** una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina *interna*, mientras que una perturbación *externa* se genera fuera del sistema y es una entrada.
7. **Control Retroalimentado:** el control realimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, y lo realiza tomando en cuenta esta diferencia.

2.1.2. Componentes Básicos:

Componentes básicos de todo sistema de control automático, estos son:

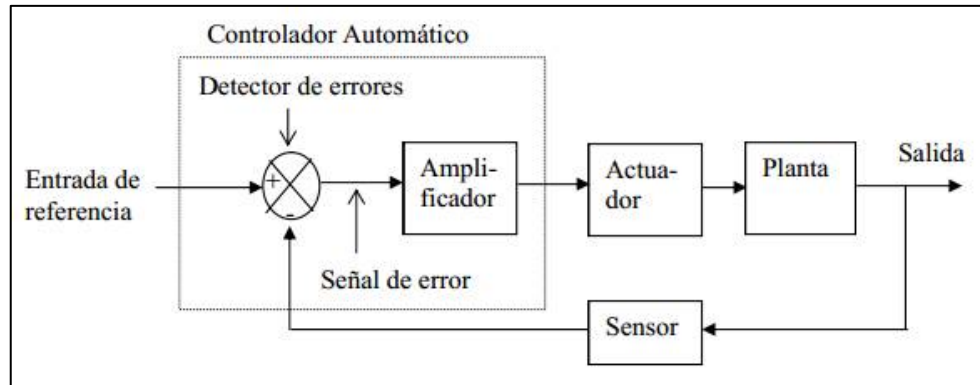


Fig. 2.1: Elementos básicos que contienen un sistema de control automático. ^[1]

1. **Sensor:** también se conoce como elemento primario. Elemento de medición, usado también como indicador.
2. **Transmisor:** el cual se le conoce como elemento secundario.
3. **Controlador:** es el “cerebro” del sistema de control. Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre el valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objeto elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia.
4. **Actuador:** es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control; los actuadores pueden ser de tres tipos: eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

El controlador compara el valor real de la salida de la planta con una entrada de referencia (valor deseado), determina la desviación y genera una señal de control para reducir dicha desviación. La salida de un control automático se alimenta a un actuador que es un dispositivo de potencia que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control con el objetivo de la señal de salida se aproxime al valor de

referencia. El sensor o elemento de medición, convierte la variable de salida en otra manejable, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia.

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control; estas operaciones son:

- **Medición (M):** la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
- **Decisión (D):** con base en la medición el controlador decide que hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
- **Acción (A):** como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente esta es realizada por el elemento final de control.

Estas tres operaciones M, D y A son obligatorios para todo sistema de control.

2.1.3. Tipos de Sistema de Control:

2.1.3.1. Sistema de Control en Lazo Abierto (Open Loop):

Los sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, se denominan sistemas de control de lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada.

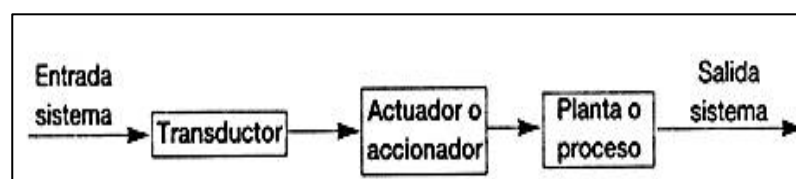


Fig. 2.2: Sistema de Control en Lazo Abierto. ^[2]

En cualquier sistema de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada.

2.1.3.2. Sistema de Control en Lazo Cerrado (Feedback):

Un sistema de control de lazo cerrado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesaria que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback).

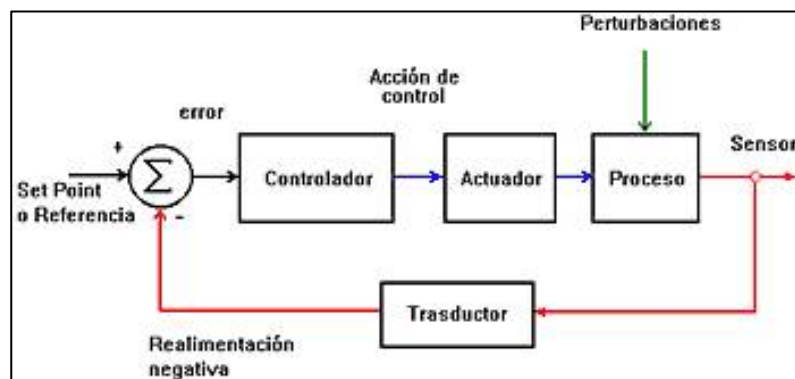


Fig. 2.3: Sistema de Control Cerrado. ^[3]

Por lo tanto podemos definir también los sistemas de control en lazo cerrado como aquellos sistemas en los que existe una realimentación de la señal de salida, de manera que ésta ejerce un efecto sobre la acción de control. El termino control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control retroalimentado para para reducir el error del sistema.

2.1.4. Métodos de Control:

2.1.4.1. Control On – Off (o de dos posiciones):

El control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

2.1.4.2. Control Proporcional (P):

Es un control que se encarga en la ganancia aplicada al sistema. Se basa en el principio de que la respuesta del controlador debe ser proporcional a la magnitud del error. No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal del error. Se representa a través del parámetro K_p y define la potencia con que el controlador reacciona frente a un error.

2.1.4.3. Control Integral (I):

Conocido como RESET. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de referencia, se necesita de un tiempo T_i para localizar dicha señal. Se representa mediante el término K_i que es el coeficiente de acción integral y es igual a $1/T_i$.

2.1.4.4. Control Derivativo (D):

Conocido como RATE. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y al integral. Sirve para darle rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencial de tiempo T_d para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término K_d que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a $1/T_d$.

2.1.4.5. Control Proporcional – Integral (PI):

Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un offset en estado estacionario. La aplicación típica es en el control de temperatura.

2.1.4.6. Control Proporcional – Derivativo (PD):

Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. Es usado típicamente para el control de flujo de minerales.

2.1.4.7. Control Proporcional Integral Derivativo (PID):

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos:

- El valor Proporcional determina la reacción del error actual.
- El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero.
- El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce.

2.2. Tipos de Arroz en el Perú:

En el país existen diferentes variedades de grano de arroz que se siembran en las distintas zonas productoras de arroz. La materia prima, el arroz en cáscara es la base para producir todas las calidades de arroz procesado. Debe tener máximo 14% de humedad y 0% de impurezas, para poder procesarlo, separar la cáscara y pulirlo.

Existe un organismo regulador de semillas y el encargado de las investigaciones sobre el arroz en el Perú es el INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) y el Ministerio de Agricultura y Riego, el cual desarrolla el trabajo de investigar la obtención de variedades de arroz que actualmente es utilizado por los agricultores, y lo clasifica de la siguiente manera:

- **Por la longitud:**

- ❖ Grano Extra Largo: Son aquellas que presentan una longitud mayor que 7,5 milímetros.
- ❖ Grano Largo: Son aquellas que presentan una longitud entre 7,5 milímetros y 6,6 milímetros.
- Su tiempo de cocción es menor que el de grano medio, y queda suelto y entero.



Fig. 2.4: Grano Largo.

- Grano Mediano: Son aquellas que presentan una longitud entre 6 milímetros y 5,2 milímetros.

Es el de mayor consumo. Tarda más en cocer que el grano redondo, pero queda entero y suelto.



Fig. 2.5: Grano Mediano.

- Grano Corto: Son aquellas que presentan una longitud menor de 5,2 milímetros.



Fig. 2.6: Grano Corto.

El grano de arroz presenta diferentes capas de protección como lo son la cascarilla o cascara la cual mantiene al grano en una condición de impermeabilidad, además de poco contacto con el que pueda provocar la degradación de los componentes internos.

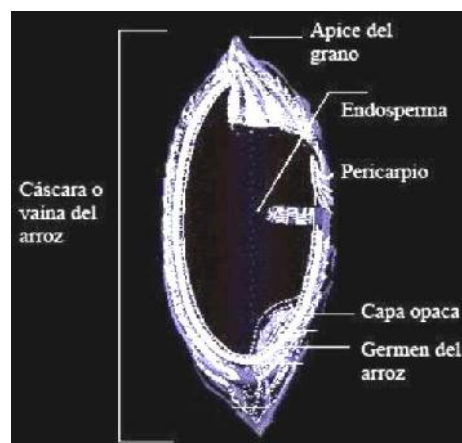


Fig. 2.7: Estructura del grano de arroz.

El 72% del grano está representado por el endosperma, el 20% es cascara y el restante 8% es el pericarpio.

En el Perú tenemos diferentes variedades de grano de arroz, que son:

Costa Norte:	Costa Sur:	Ceja de Selva:
La Viflor.	La Viflor.	Alto Mayo.
Inti.	BG-90.	El Porvenir.
Sican.	San Antonio.	Amazonas.
Costa Norte.	NIR-I.	Huarangopampa.
Taymi.		Utcubamba.
Oro.		Moro.
Santa Ana.		Saavedra.
San Antonio.		San Antonio.
NIR-I.		Capirona.

2.3. Método Artificial de Secado:

Por este método el grano es colocado en secaderos y sometidos a una corriente forzada y controlada de aire.

2.3.1. Aire Natural:

En algunos casos, la extracción de la humedad del grano es efectuada mediante la circulación forzada de aire a temperatura natural con la intervención de ventiladores.

Las construcciones y el equipo más sencillo para este tipo de secado consisten en un depósito que puede ser un galpón, silo, etc., un ventilador (eléctrico o combustible) y un sistema de conductos, para distribuir el aire.

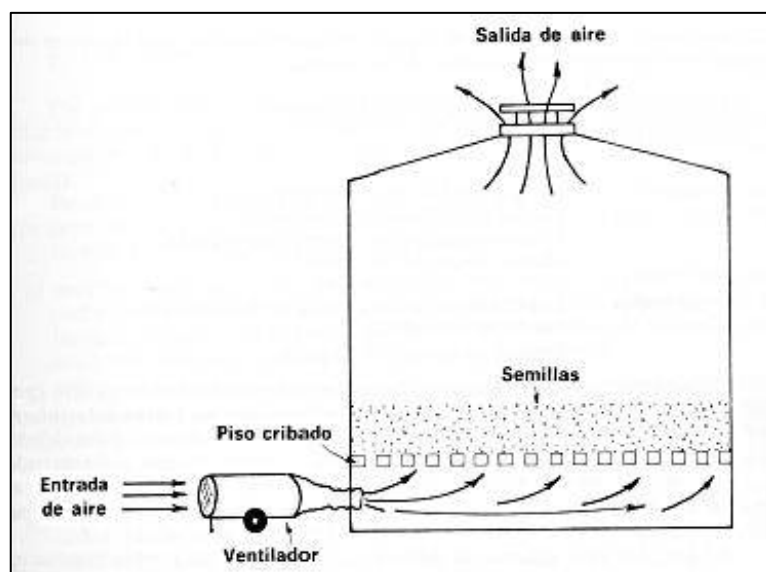


Fig. 2.8: Depósito con dispositivo para secado de granos con aire a temperatura ambiental. ^[4]

El depósito debe soportar la presión de los granos almacenados y sin aberturas que permitan la penetración de humedad. Se debe tener muy en cuenta que el tiempo de secado tiene un límite por sobre el cual existen peligro de desarrollo de microorganismos indeseables.

Desventajas:

- Dependencia de las condiciones climáticas.
- Lentitud del secado.
- Peligro de ataque de hongos.

En aquellas regiones donde la humedad relativa ambiente es alta (por encima de 70%) algunas veces es aconsejable utilizar en forma intermitente un sistema de calentamiento del aire sin mucha potencia. Esta deberá ser suficiente para elevar la temperatura unos pocos grados, no debiendo exceder los 30-32 °C. Por consiguiente cuando la humedad ambiente es menor al 70% se puede efectuar el secado con aire natural pero si se sobrepasa el 75% es aconsejable poner en marcha dicha fuente de calor.

2.3.2. Aire caliente:

Por este método el grano es expuesto a corrientes de aire caliente mediante distintos sistemas que permiten regular en forma eficiente diferentes intensidades de flujo del aire y de temperaturas (ventiladores y calefactores). Dentro de este método se puede disponer de:

2.3.2.1. Secadores por carga: los granos son colocados en un depósito o cámara y expuestos a la acción del aire caliente forzado. Cuando los granos alcanzaron el porcentaje de humedad deseado son retirados y reemplazados por una nueva tanda.

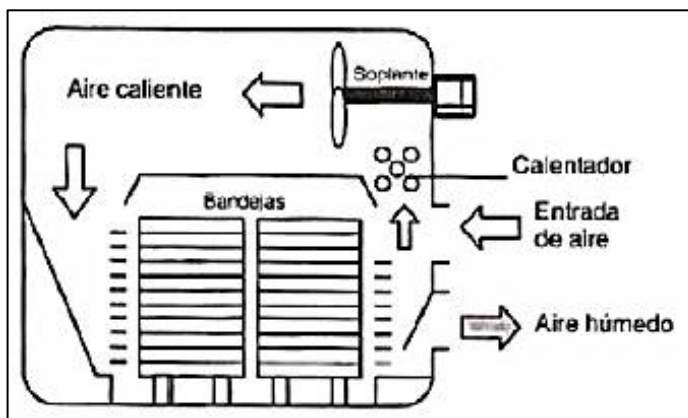


Fig. 2.9: Secado por Carga. ^[5]

2.3.2.2. Secadores de movimiento continuo: los granos se mueven continuamente en dirección vertical, horizontal o inclinada, pero en sentido contrario al del aire caliente. Es decir que las semillas más secas se enfrentan al aire más caliente y más seco, mientras que los granos más húmedos se enfrentan al aire más tibio y más cargado de humedad.

Cuando se seca el grano con aire caliente se debe tener en cuenta que su sistema de enzimas es muy sensible a las altas temperaturas cuando esta posee porcentajes altos de humedad. A medida que el grano pierde agua, las enzimas se presentan cada vez más estables y en consecuencia menos expuestas a ser dañadas por el calor.

- **Desventajas:**
 - Costo inicial elevado.
 - Supervisión controlada.
 - Mayor riesgo de incendio.
 - Mayor posibilidad de secado excesivo.

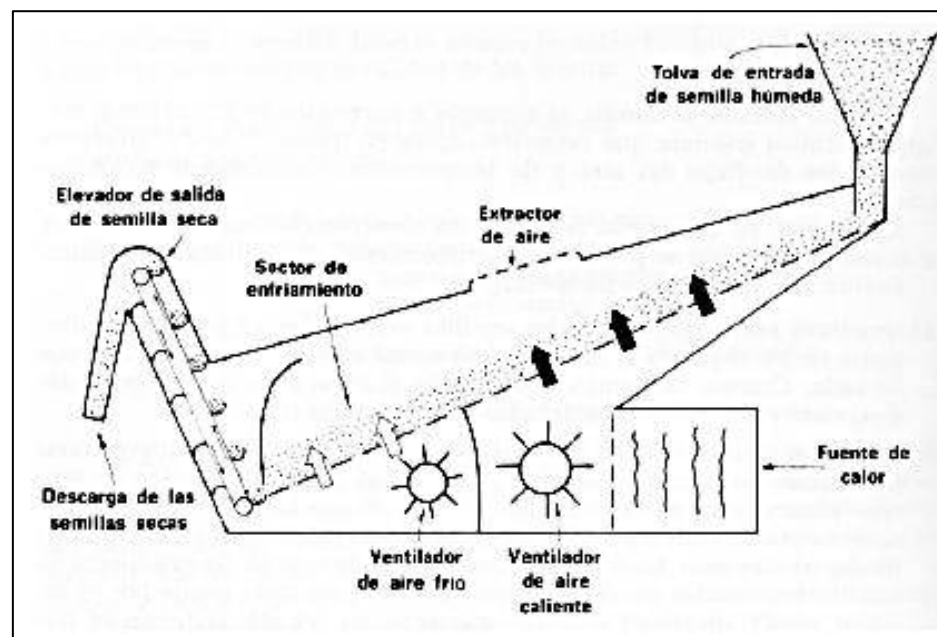


Fig. 2.10: Secador Continuo de aire tipo cascada. [6]

2.4. Autómatas Programables PLC's:

La utilización de “Autómatas Programables” o controladores lógicos programables (PLC's), en los sistemas de control de plantas se ha extendido rápidamente en los últimos años que, en la actualidad, es difícil encontrar una industria en la cual no se manejen. Estos tipos de dispositivos de control electrónico, son sistemas que han evolucionado a un grado de versatilidad considerable. Se puede afirmar que casi todo tipo de control de procesos, que se requiera, se puede realizar con un PLC. Y esta es, justamente, la razón de que sean tan populares en la actualidad.

2.4.1. Historia:

El primer PLC apareció en 1968 y cumplía con los requerimientos mínimos de General Motor, pero rápidamente aparecieron ventajas adicionales tales como: menor consumo de energía, reducción de espacio en los tableros, rápido mantenimiento, etc. Por 1972 aparecieron equipos que ya se programaban usando esquemas de contactos (Relay Ladder Logic).

En 1974 aparece el microprocesador, lo que provoca muy importantes avances en el desarrollo de los PLC. En estos últimos años el crecimiento no se detuvo y entre los avances y características más importantes de los PLC actuales, destacaremos:

- Posibilidad de entradas y salidas analógicas.
- Memorias más potentes y más pequeñas. Lo que permite programas más extensos.
- Capacidad de realizar operaciones aritméticas más complejas.
- Posibilidad de comunicación entre PLCs y entre PLC y computadoras.
- Mayor velocidad en el procesamiento de los datos.
- Entradas y salidas remotas. Sensores y actuadores a gran distancia del controlador.
- Nuevos lenguajes de programación.
- Aplicación de computadoras para su programación.

2.4.2. Definición:

Según la NEMA (Normas Eléctricas de Materiales Americanos), un controlador programable es “Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones lógicas para implementar funciones específicas tales como lógica, secuencia, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de entradas de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicas (24 VDC, 4 – 20 mA, etc), varios tipos de máquinas o procesos.

2.4.3. Componentes:

El PLC es un dispositivo electrónico basado en un microprocesador y que contiene algunos otros circuitos adicionales que interactúan con este. Entre sus componentes principales se encuentran los siguientes:

1. **Fuente de Poder:** la función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía al CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.
 - + 5 V para alimentar a todas las tarjetas
 - + 5.2 V para alimentar al programador
 - + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.
2. **Unidad de Procesamiento Central (CPU):** es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.
3. **Módulos de Entrada:** reciben las señales eléctricas directamente de los dispositivos primarios de control.
4. **Módulos de Salida:** envían señales a los elementos finales de control, controlando así el estado que estos mantengan.
5. **Memoria o Módulo de memoria:** almacena el programa de la aplicación. Esta puede ser del tipo volátil o no volátil (RAM o ROM).

- 6. Puerto de Comunicaciones:** permite el PLC establecer comunicación e intercambiar información con dispositivos externos, ya sea otros PLC's, interfaz HMI, unidades de comunicación, periféricos o alguna otra unidad conectada en red.

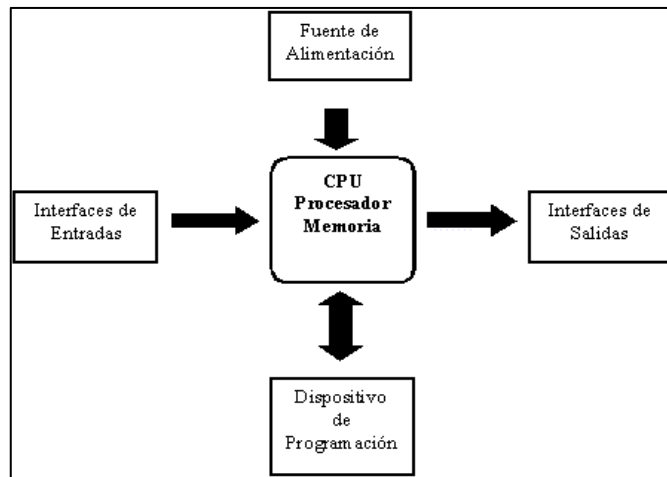


Fig. 2.11: Componentes básicos de un PLC. [7]

2.4.4. Lenguaje de Programación:

El PLC puede ser programado, usando diferentes tipos de lenguajes. Estos difieren de las características particulares de cada modelo de PLC con que se trabaja.

2.4.4.1. Programación en diagrama de escalera o lenguaje Ladder: este es el método más usual, diseñado para permitir una programación de manera sencilla basada en símbolos y esquemas con los que el personal técnico está familiarizado, pues se basa en símbolos de los diagramas de control electromecánicos.

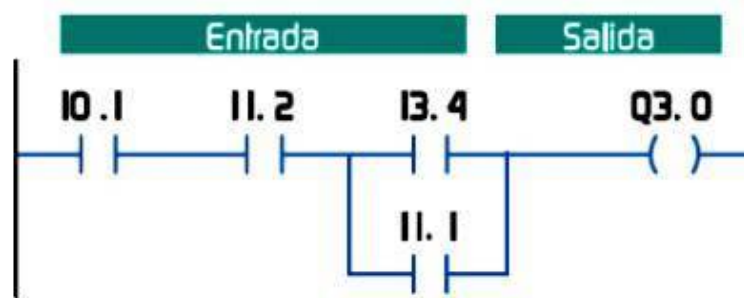


Fig. 2.12: Muestra de programa representado en diagrama escalera. ^[8]

2.5. Sensores:

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Pueden ser de varios tipos:

Sensores de Contacto: son los dispositivos más simples de todos los sensores que podemos encontrarnos, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar.

Sensores de No Contacto: se basan en las propiedades físicas de los materiales, son más exactos, pero propensos a interferencias del medio ambiente. Ejem. Sensores ultrasónicos, sensores ópticos, sensor radar, etc.

Sensores Digitales: trabajan con señales digitales, en código binario, pueden representar la codificación de una señal analógica, o también la representación de dos estados On/Off. Ejem. Sensores tipo switch.

Sensores Analógicos: cuando la señal puede tomar un número infinito de valores bien diferenciados dentro de un margen o lo que es mismo, que la señal varía en forma continua dentro de dicho intervalo.

Los rangos típicos son de 0 a 20 mA, 4 a 20 mA, 0 a 5V, 1 a 5V, entre otros. Ejem. Sensores capacitivos, sensores piezoresistivos.

Sensores Mecánicos: Son dispositivos que cambian su comportamiento bajo la acción de una magnitud física que pueden directa o indirectamente transmitir una señal que indica cambio. Ejem. Barómetro termómetro de mercurio, etc.

Sensores Electro - Mecánicos: este tipo de sensor emplea un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico. Ejem. Sensores resistivos, sensores magnéticos, etc.

2.5.1. Sensores de Temperatura:

Muchos procesos industriales requieren el control preciso de la temperatura para producir resultados de calidad o prevenir sobrecalentamientos, rupturas, explosiones y otros tipos de problemas. Las temperaturas elevadas, por ejemplo, son necesarias para ablandar metales y fundir plásticos antes de ser moldeados en formas específicas. Asimismo, las bajas temperaturas son necesarias para conservar los productos perecederos en una industria procesadora de alimentos. De otro lado, una condición de sobre temperatura en un sistema cerrado digamos una caldera, puede provocar una excesiva presión. También se requieren condiciones de temperatura precisas para combinar los ingredientes de productos químicos. Actualmente se dispone de una gran variedad de dispositivos e instrumentos para la medición precisa de la temperatura, los cuales proporcionan una indicación visual o una señal de realimentación mecánica o eléctrica que puede ser utilizada en un sistema de lazo cerrado para permitir el control automático de procesos térmicos.

Termocuplas: son transductores de temperatura constituidos por dos alambres conductores hechos de metales diferentes y soldados por uno de sus extremos formando una unión. Al calentar esta última

(unión de medida), se produce entre los extremos de la termocupla (uniones frías) un voltaje proporcional a la diferencia de temperaturas entre la unión caliente y cualquiera de las uniones frías, las cuales deben estar a una misma temperatura de referencia, generalmente 0°C.

Los elementos de los termopares se fabrican a base de metales y aleaciones metálicas especiales, como platino (Pt), hierro (Fe), cobre (Cu), rodio (Rh), renio (Re), tungsteno (W), cromel, constantán, etc. Los mismos están protegidos mediante una funda o cubierta metálica, generalmente de acero inoxidable, cuyo espesor determina la velocidad de respuesta y la robustez de la sonda.

2.5.2. Indicadores de Humedad:

Hay aplicaciones que requieren obtener información del grado de concentración de agua que hay en el ambiente o en cierto material. Por ejemplo, en algunos procesos industriales las moléculas de agua pueden cambiar las características de los materiales, como el peso, la conductividad o las dimensiones.

El sensor de humedad mide o detecta variables químicas o físicas que determinan el grado de humedad. Existen diferentes métodos para medir el contenido de agua, uno de ellos consiste en tomar una muestra y remover el agua que posea y ver el cambio de peso en dicha muestra. Otra forma de encontrar el grado de humedad es con evaporación de una superficie de agua con una corriente de gas.

2.6. Elementos Finales de Control:

Los elementos finales de control son los dispositivos encargados de transformar una señal de control en un flujo de masa o energía (variable manipulada). Es esta variable manipulada la que incide en el proceso

causando cambios de la variable controlada. Para ajustar el flujo de fluidos en una línea existen básicamente dos mecanismos:

Modificar la energía entregada al fluido (bombas y ventiladores de velocidad variable).

Modificar la resistencia al paso del fluido (válvulas, registros en ductos de gases).

2.6.1. Válvulas de Control:

2.6.1.1. Características: la válvula de control es básicamente un orificio variable por efecto de un actuador. Constituye el elemento final de control en más del 90%. De las aplicaciones industriales. Estos elementos utilizan una señal externa que puede ser neumática o eléctrica y posteriormente transformada en una tipo mecánica que incide en el dispositivo de control de la válvula.

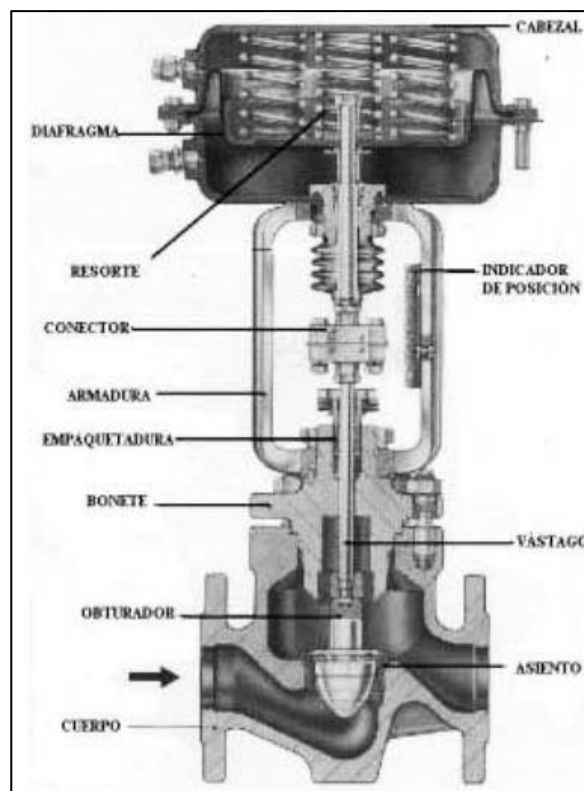


Fig. 2.13: Partes de una válvula de control. [9]

Actuador: recibe la señal del controlador y la transforma en un desplazamiento (lineal o rotacional) merced a un cambio en la presión ejercida sobre el diafragma.

Cuerpo: el diafragma está ligado a un vástago o eje que hace que la sección de pasaje del fluido cambie y con este caudal. Con un diafragma de bloques, se puede representar a la válvula como un sistema en serie.

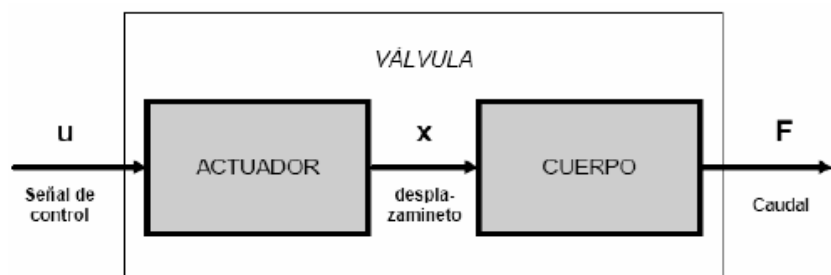


Fig. 2.14: Representación en diafragma de bloques de una válvula de control. [10]

2.6.2. Ventilador de Velocidad Variable:

2.6.2.1. Características: un ventilador es una maquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Se puede definir también como una turbomáquina que trasmite energía para generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire.

Dentro de una clasificación general de máquinas, los ventiladores son turbomáquinas hidráulicas, tipo generador, para gases. Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico y un propulsor giratorio, en este caso centrífugo, en contacto con el aire, al que le trasmite energía. Este propulsor adopta la forma de rodete con alabes, en el caso del tipo centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y un número diverso, en el caso de los axiales. El conjunto, o por lo menos el rodete o la hélice, van envueltos por una caja con paredes de cierre en forma de espiral para los centrífugos.

2.6.2.2. Funcionamiento:

El ventilador recibe la energía mecánica del motor al que se encuentra acoplado y produce una corriente de aire mediante un rodete con alabes que giran produciendo una diferencia de presiones.

Ventiladores Centrífugos: en los ventiladores centrífugos la trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y esta perpendicular al mismo a la salida. Si el aire a la salida recoge perimetralmente en su voluta, entonces se dice que el ventilador es de voluta. Estos ventiladores tiene tres tipos básicos de rodetes.

- Alabes curvados hacia adelante.
- Alabes rectos.
- Alabes inclinados hacia atrás/curvados hacia atrás.

2.6.3. Motor Eléctrico:

Estos motores son máquinas eléctricas que convierten la energía eléctrica de alimentación del motor en energía mecánica que es entregada en su eje. Los motores de los ventiladores son generalmente de tipo asíncrono, y más concretamente de jaula de ardilla. El principio de funcionamiento de los motores asíncronos está basado en la producción de un campo magnético giratorio. Estos motores eléctricos están formados por un rotor, que corresponde a la parte móvil y un estator, que es la parte fija del motor y el campo del estator.

En estos motores el par de arranque es proporcional al cuadrado de la tensión, aumenta cuando la tensión es más elevada. La intensidad en el arranque es proporcional a la tensión de alimentación.

La velocidad en los motores asíncronos no está influenciada por las variaciones de tensión siempre que el motor este en vacío, pero si es

proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional al número de polos que constituye el estator.

$$N = (60 * f) / P \quad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

N = Representa la velocidad de sincronismo [r.p.m]

f = Representa la frecuencia [Hz]

P = Representa el número de pares o polos.

Para las frecuencias industriales de 50Hz y 60Hz, las velocidades de rotación del campo giratorio o de sincronismo, en función del número de pares de polos del estator.

P	50Hz	60Hz
1	3000 r.p.m	3600 r.p.m
2	1500 r.p.m	1800 r.p.m
3	1000 r.p.m	1200 r.p.m
4	750 r.p.m	900 r.p.m
5	600 r.p.m	720 r.p.m
6	500 r.p.m	600 r.p.m

Tabla 2.1: velocidades de rotación del campo giratorio. ^[11]

2.6.4. Variador de Frecuencia:

2.6.4.1. Características: es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de variador de velocidad.

Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVF (variador de voltaje o variador de frecuencia).



Fig. 2.15: Variador de Frecuencia. ^[12]

2.6.4.2. Funcionamiento: los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad asíncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator. De acuerdo con la relación:

$$\text{RPM} = (60 * f) / P \quad \text{Ec. 2.2}$$

Dónde:

RPM = Revoluciones por minuto.

f = Frecuencia de suministro.

P = Número de polos.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del motor (velocidad

real o de salida) comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación 2.2 tanto en motores síncronos como asíncronos) debido a que solo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad.

2.6.4.3. Descripción del VFD:

Un sistema de variador de frecuencia (VFD= consiste generalmente en un motor CA, un controlador y una interfaz operadora.

- **Motor del VFD:** el motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos.
- **Controlador del VDF:** el controlador del dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador. La energía intermedia CC es convertida en una señal quasi-senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad). Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT's) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

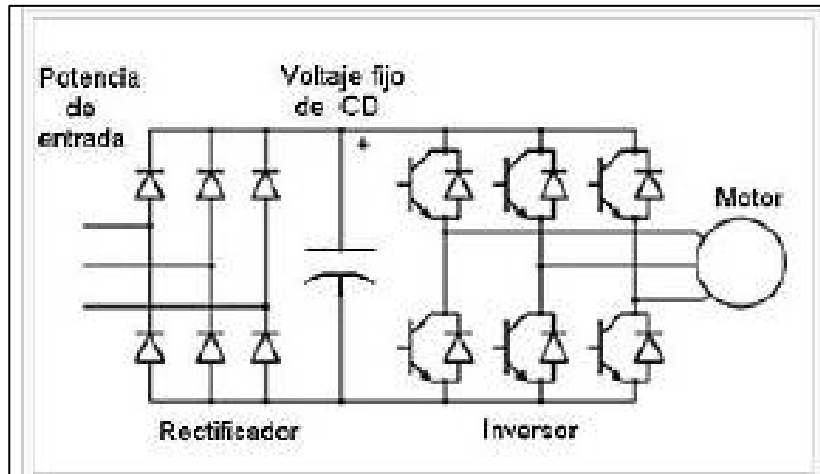


Fig. 2.16: Diagrama de VDF con modulación de ancho de pulso (PWM).^[13]

2.6.5. Motor de Corriente Continua con Caja Reductora:

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Los motores de corriente continua son utilizados en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (maquinas, micros motores, etc).



Fig. 2.17: Motores de CC.^[14]

2.6.5.1. Componentes: una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

2.6.5.2. Funcionamiento: según la Ley de Lorentz, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, siguiendo la regla de la mano derecha, con modulo:

$$F = B * I * l \quad \text{Ec. 2.3}$$

Dónde:

F = Es la fuerza en Newton.

I = Es la intensidad que recorre el conductor en amperios.

l = Es la longitud del conductor en metros lineales.

B = Es la densidad de campo magnético o densidad de flujo teslas.

El rotor no solo tiene un conductor, sino varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado. Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento. El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulares por los devanados inductor e inducido.

2.6.5.3. Caja Reductora:

Es un mecanismo que consiste, generalmente, en un grupo de engranajes, con el que se consigue mantener velocidad de salida en un régimen cercano al ideal para el funcionamiento del generador.

Usualmente una caja reductora cuenta con un tornillo sin fin el cual reduce en gran cantidad la velocidad.

Capítulo 3

Estudio de la Realidad de la Planta EL MOLINO el PIRATA

3.1. INTRODUCCIÓN:

El molino el pirata S.A, se encuentra ubicado en kilómetro 775, carretera hacia Lambayeque, en sus condiciones actuales de funcionamiento produce un total de 1300 Ton mensual, de arroz para su venta.

El molino de arroz, dedicada hace años a la venta de arroz cuenta con maquinaria capaz de realizar eficientemente el proceso de secado de arroz.

El proceso de secado que realiza este molino, es garantizar la temperatura en el interior del horno, dependiendo de lo que requiera el arroz, un promedio está entre 40°C a 45°, además esta empresa garantiza que el proceso disminuya de un rango de humedad de (30 – 36) % y se detenga cuando el grano alcance la humedad óptima de 14%RH.

En la arquitectura del horno, la masa de aire caliente nace en la base del horno, sube por las paredes laterales del horno hasta llegar a la parte superior. Una vez aquí el aire caliente pasa por el ducto de 10" que conduce el aire caliente hacia el secador.

Para el inicio del proceso de secado de arroz en el molino EL PIRATA, se inicia con el proceso de carga del secador durante 1 hora, transcurridos 40 minutos del proceso de carga, se enciende el horno en forma manual el cual inicia con una temperatura de ambiente aproximadamente de 24 °C, y puede llegar hasta una temperatura de 60°C.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SECADO DEL ARROZ.

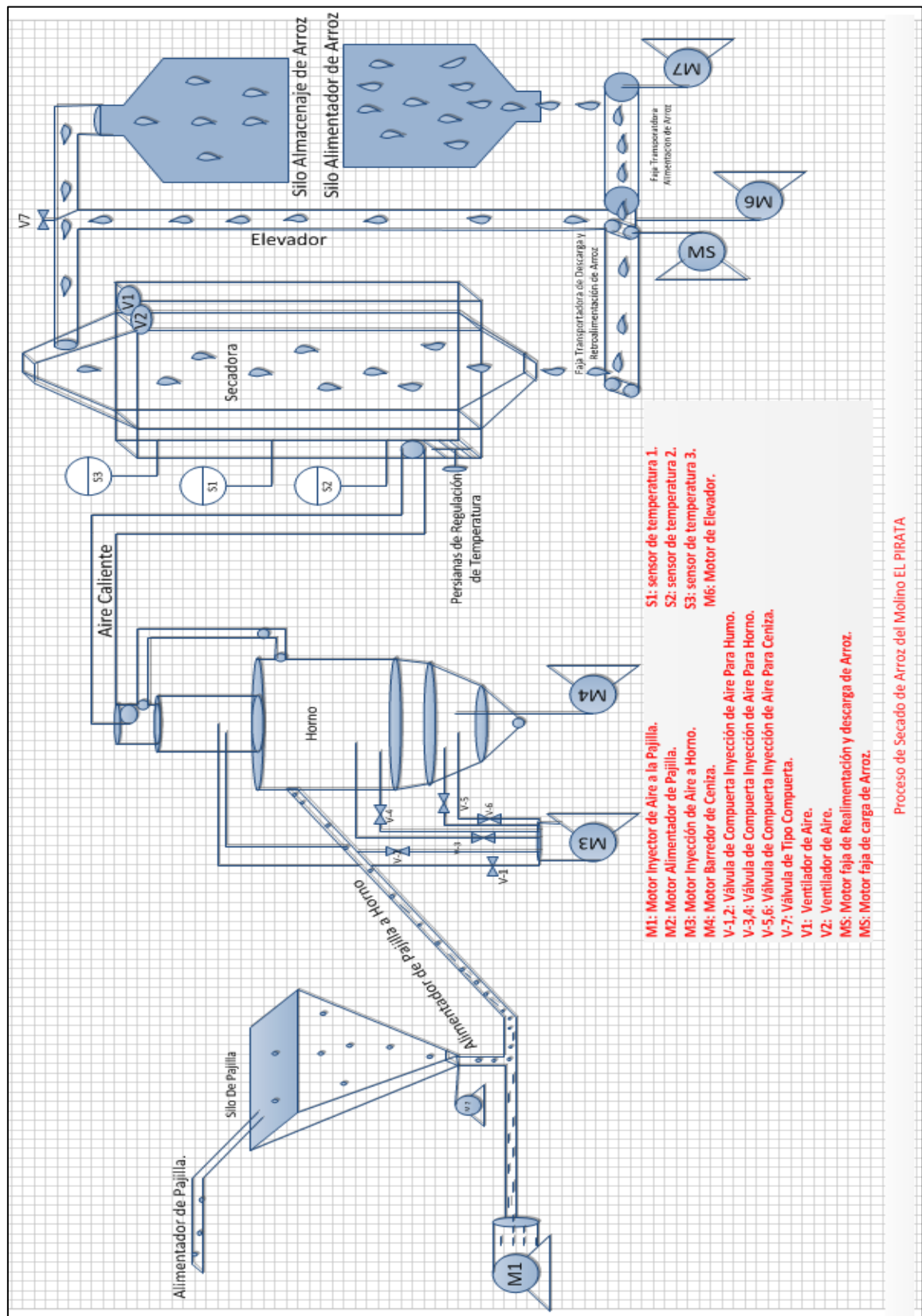


Fig. 3.1: Realidad del molino el Pirata S.A.C [15]

3.2.1. Inyección de Pajilla:

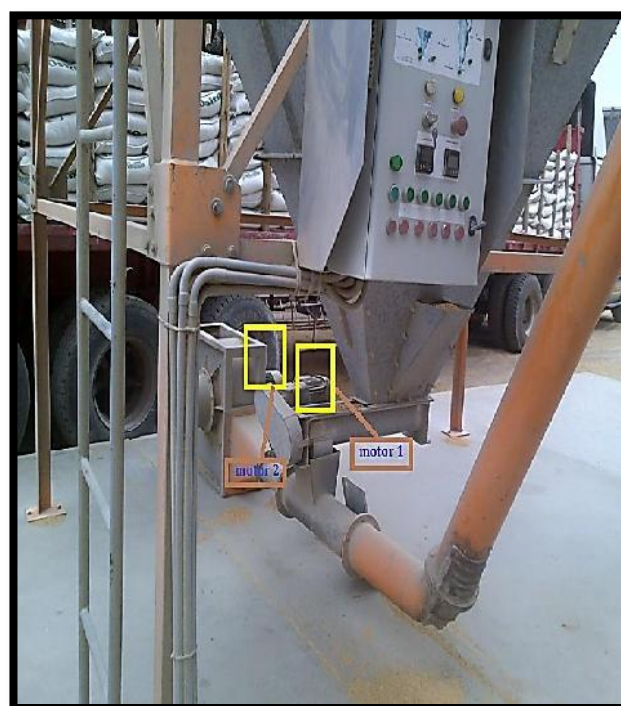
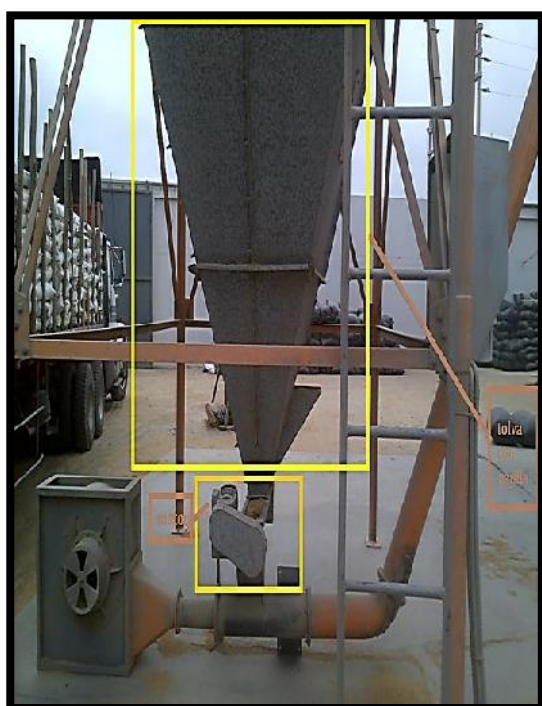
Consiste en 2 partes

a. Tornillo Transportador:

El Motor 1 controla el tornillo transportador de pajilla, que a su vez es controlado por un variador de velocidad de marca MOVITRAC LT.

b. Ventilador Inyector de Pajilla:

El Motor 2 controla el encendido y apagado (ON/OFF) del inyector de aire frío para impulsar la pajilla, la cual será transportada por un ducto de 4" hacia el horno.



Características de los Motores		
	Motor 1	Motor 2
Potencia	5 Hp.	1.5 Hp.
Frecuencia	60 Hz.	60 Hz.
Revolución	3477 rpm.	

Fig. 3.2: Características Motores.

3.2.2. Inyección De Aire Frio al Horno:

1. Inyección de aire frio:

El inyector de aire que va hacia el horno consta de 6 ductos de 3" cada uno, los cuales tiene unas válvulas tipo compuertas que regulan de modo manual la cantidad de aire para el horno, a continuación mencionaremos:



Fig. 3.2: Distribución del aire frio en el horno.

2. Tablero de control de Inyector de pajilla e Inyección de aire:

Componentes del tablero de control de horno en forma general.

- Variador de frecuencia.
- Llaves termo magnéticas monofásicas 220 Vac y trifásicas 380 Vac.
- Borneras.
- Pulsadores.
- Displays.



3.2.3. Barredor de Cenizas:

Consiste en 2 partes:

1. **Transportador:** es un sinfín, controlado por un motor 4, que transporta las cenizas del horno hacia la tolva de recepción de ceniza.



2. Elevador:

Transporta las cenizas de la pajilla a una tolva para luego ser ensacadas y ser utilizado como abono.



3.2.4. Secador de Arroz Kepler Weber (KW):

Desarrollada con el objetivo de atender a producciones entre 10 y 30 t/h con bajo costo del equipo, permite el secado de soja, maíz y trigo, con extremada simplicidad.

Modelo: KW750.



Secadora Kepler Weber instalada en el Molino el Pirata.

1. Detalles técnicos:

» **Torre de Secado:** está constituida por un conjunto de paneles modulares, con planchas de acero galvanizado NBR 7008.

» **Torre de Caballete:** los caballetes son ductos paralelos de aire en forma de “V” invertida, proporcionando elevada eficiencia energética y alta capacidad estática. Están indicados para productos con un máximo del 1% de impurezas.

» **Torre de Columnas:** las columnas son canaletas que direccionan auto limpiantes que posibilitan la formación de una sola columna de producto. La configuración de las canaletas del secador de columna evita la caída de granos durante la carga, la acumulación de impurezas y, consecuentemente, reduce los riesgos de incendios.

» **Difusores:** están localizados antes y después de la torre de secado. Están contruidos de forma modular, con planchas de acero galvanizado NBR 7008. Como son lisos en la parte interna, evitan la acumulación de polvo e impurezas en las planchas, facilitando, así, el mantenimiento. Tiene como finalidad dirigir el aire a través de las cámaras de secado y enfriamiento.

» **Ventiladores:** los secadores KW vienen equipados con ventiladores axiales con hélice de aluminio fundido, que ofrece un alto desempeño al equipo. Están dimensionados de acuerdo con las normas internacionales: AMCA 210/74 (determinación de rendimiento) y AMCA 300/67 (determinación de ruido).

- **Potencia de los ventiladores (cv):** 2x20.

» **Flujo de aire:** los difusores tienen opción de elegir el flujo de aire para secado: con o sin enfriamiento. La modificación es simple y se hace a través del reposicionamiento de las tapas de cierre instaladas en el difusor del secador.

» **Descarga:** la descarga se realiza a través de bandejas basculantes, accionadas por un motor reductor.

» **Sensores de temperatura:** los sensores de temperatura utilizados en los secadores KW son del tipo “K”, termopar cromel/alumel, con aislamiento mecánico y de temperatura.

» **Cuadro de mando:** el avanzado sistema electrónico de monitoreo de KW posibilita un control preciso de la temperatura del aire de secado y de la descarga del producto. Proporciona además gran economía de energía, mejor aprovechamiento de la capacidad de secado, reducción de riesgos de incendio y evita errores de operación.

2. Operación del secador:

1. Proceso de carga de Arroz: proceso en el cual se carga el arroz al secador, pero siempre siguiendo las siguientes recomendaciones. Antes de iniciar la operación, se verifica:

- Sistema de descarga.
- Ventiladores
- El control de nivel.

Se carga el secador hasta la salida del producto por el caño de rebalse, después de completar la carga del secador se realiza la limpieza de los difusores, restando todo el grano depositado.

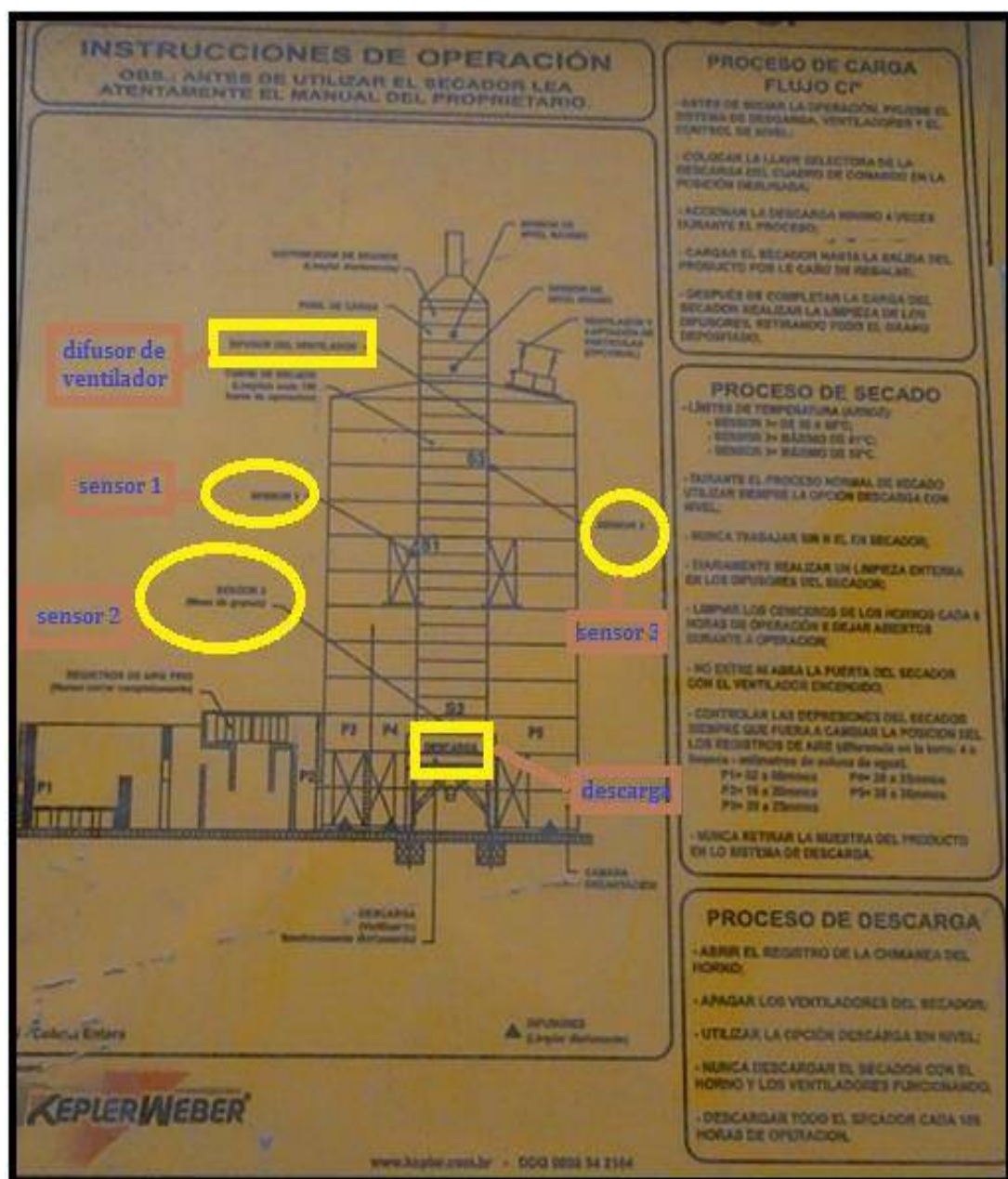
2. Proceso de secado: se tiene en cuenta los límites de temperatura de cada uno de los sensores que se encuentra en el secador.

- **Sensor 1** = de 55 a 65°C
- **Sensor 2** = máximo de 41°C
- **Sensor 3** = máximo de 55°C

Tenemos que tener en cuenta que la temperatura que pueda alcanzar el secador también va a depender del porcentaje de apertura de las persianas.

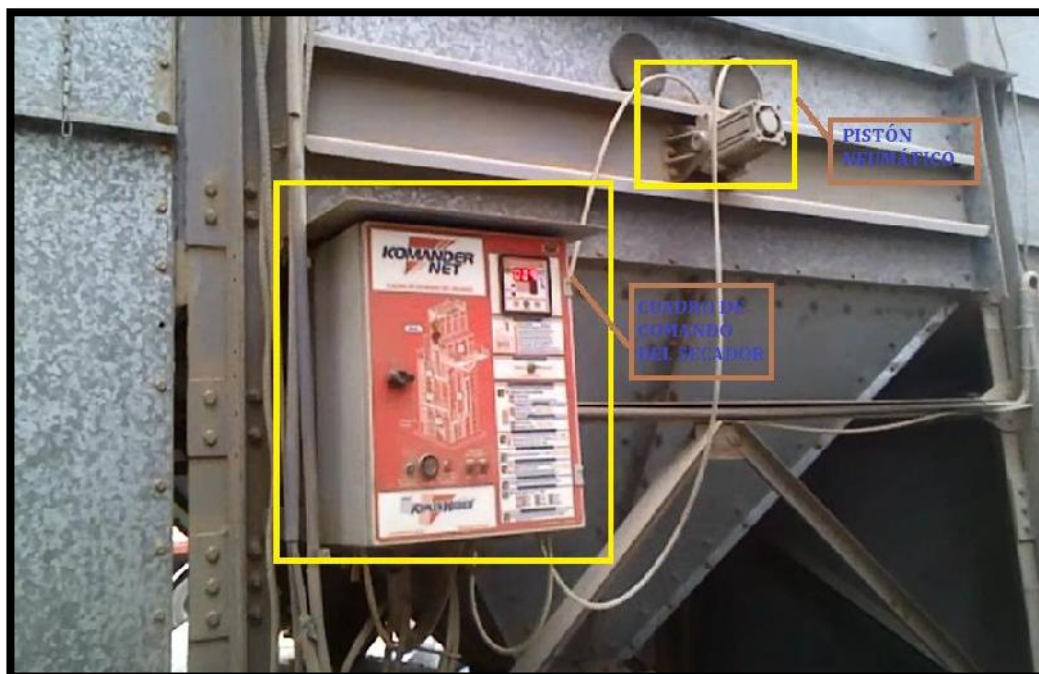
3. Proceso de descarga:

Finalización del secado de grano de arroz, con porcentaje de humedad óptima, para luego ser transportado por el elevador hacia los silos de almacenaje.



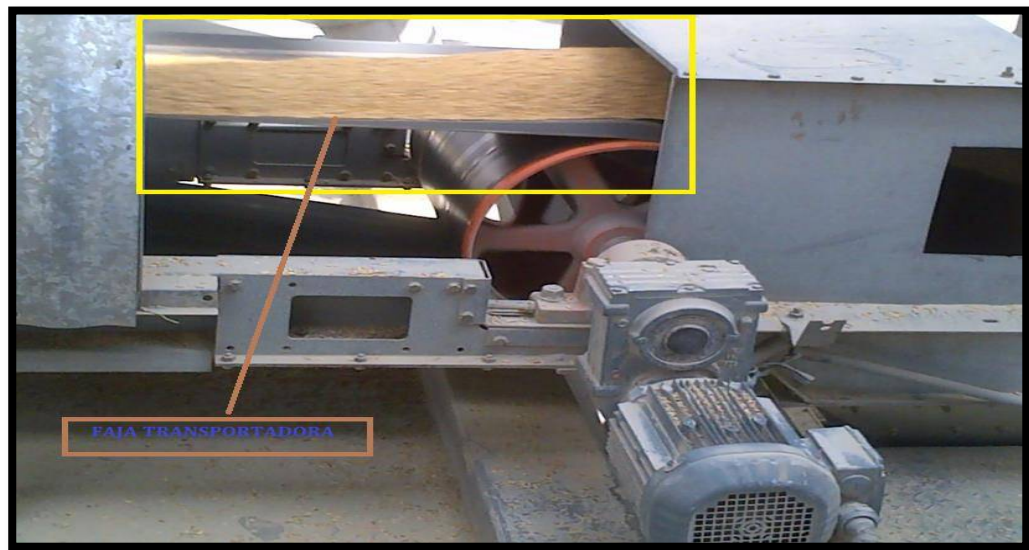
4. **Cuadro de Comando del Secador:** es un cuadro con indicador y controlador de temperatura, también cuenta con un control de la descarga del secador, en el Displays se puede ver la lectura de los sensores 1,2 y 3.

El pistón permite Aperturar la válvula para la descarga del grano del arroz cuando está en el proceso de secado, para que el arroz sea transportado por la faja y mediante unos elevadores, ingresen de nuevo al secador para que estén en constante recirculación para optimizar un buen secado del grano de arroz.



5. **Faja transportadora del Grano de Arroz:** si el arroz no tiene la humedad requerida se transportará por una faja la cual la lleva a un elevador para de nuevo seguir el proceso de secado.

Es acá en este punto donde, con un dispositivo externo, extraen una pequeña muestra del grano del arroz y es medida con el sensor de humedad para ver en cuanto esta.



6. **Sensor de humedad:** este dispositivo mide la humedad del grano durante el proceso de secado, cada hora se va extrayendo muestras de grano de la faja transportadora. El operador se encarga de tomar los datos y guardarlos en su hoja de apuntes diario.



- 7. Elevador de Grano de Arroz:** realimenta el grano de arroz al secador con la finalidad de conseguir el porcentaje de humedad requerido del arroz.

Este elevador también sirve para transportar la carga y descarga del grano del arroz.



3.3. Ventajas y Desventajas.

3.3.1. Ventajas:

- Esta empresa cuenta con el cuadro de comando que cuenta con un indicador de temperatura en el proceso de secado del arroz.

3.3.2. Desventajas:

- Dentro del cuadro de comando no se encuentra ningún controlador el cual permita controlar la temperatura y a la vez regular las persianas para tener la temperatura ideal para el proceso de secado la cual va de un rango de (40 a 45) °C.
- El control de las persianas la realiza de modo manual.
- El control de humedad la realiza en forma manual.
- Todo el proceso de secado se realiza en forma manual, el cual no permite realizar un óptimo secado del grano de arroz.

Capítulo 4

Diseño del Sistema

4.1. Diseño del Sistema De Control:

La variable más importante a controlar en este sistema es la regulación de las persianas a través de la temperatura, ya que el regula el flujo de calor dentro de la secadora para el secado del arroz.

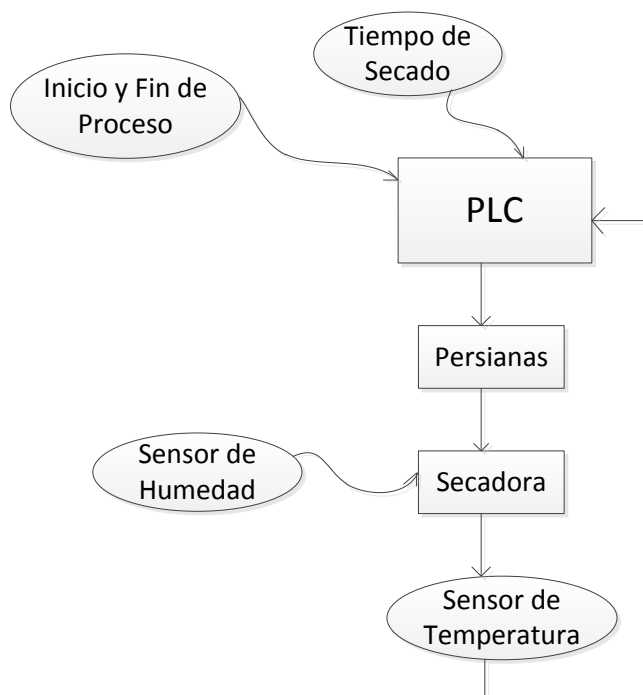


Fig. 4.1 Diagrama de Flujo del Diseño del Sistema de Control

4.2. Elementos del Sistema de Control:

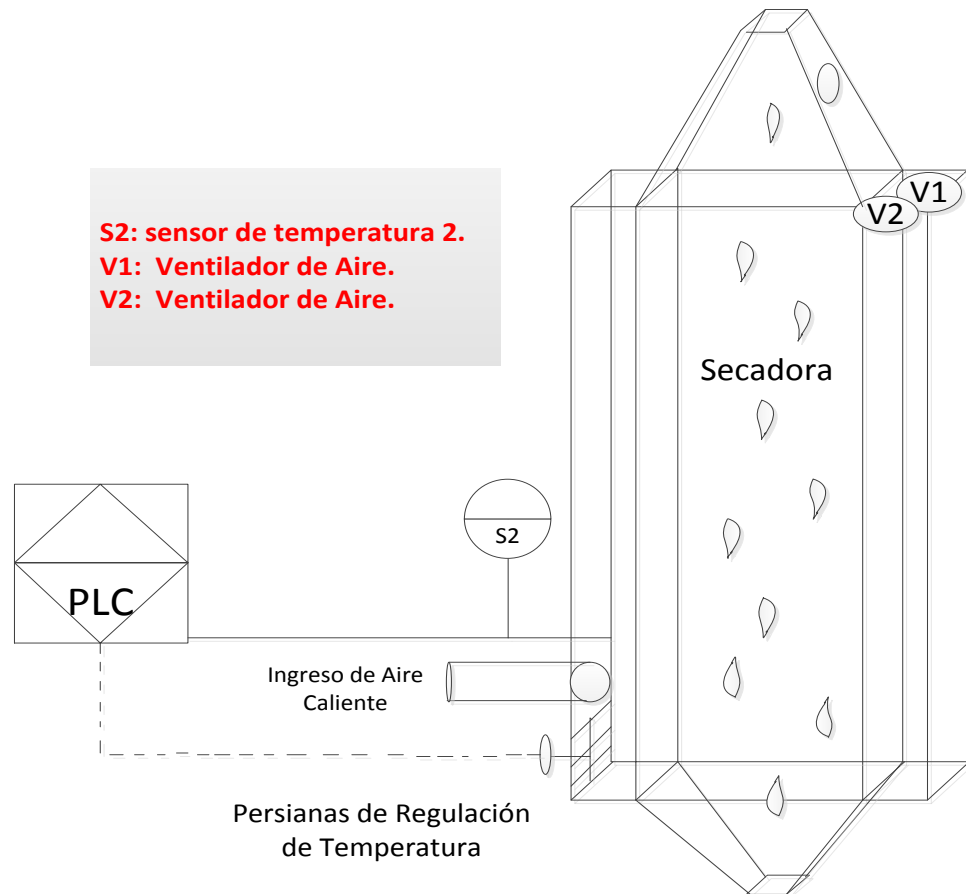
4.2.1. Elementos Primarios de Control:

a. Sensor de Temperatura:

1. Descripción, ubicación y funcionamiento en el proceso:

Sensor de temperatura termopar tipo K, ubicado en el interior de la secadora, este sensor medirá una temperatura entre (35 – 45) °C la cual controlara la temperatura en el interior del secador y a la vez enviara la señal hacia el controlador para comprararla con la

temperatura ingresada, si la temperatura sobre pasa el rango indicado enviara una señal para regular las persianas para poder mantener la temperatura ingresada. El sensor a utilizar es el mismo que en la secadora está instalado.



**Fig. 4.1: Elementos Primarios de Control
del molino El Pirata S.A.C [16]**

b. Indicador de Humedad:

1. Descripción, ubicación y funcionamiento en el proceso:

El indicador de humedad se instalara en la salida del secador, tendrá la función de indicar la medida de humedad del grano, este debe tener una pantalla led para indicar gráficamente cuanto marca la humedad relativa.

2. Características generales y selección en el mercado:

A continuación las principales características que debe cumplir el indicador.

- Rango de Humedad de 10 % a 50 %.
- Sensor Capacitivo.
- Precisión humedad relativa / temperatura ± 2 % Hr/ ± 1 °C.
- Rango de Temperatura de 25 °C a 55 °C.
- Alimentación de 220 Vac / 60 Hz.

El indicador está pensado para la medición estacionaria de la humedad relativa y la temperatura y su lectura directa en el indicador de alta visibilidad. El indicador seleccionado es de la marca PCE-G1 con una alimentación de 230 Vac/50 – 60 Hz, rango de humedad de 10 % a 90%, protección IP 54 y longitud de cable (entre el sensor y la pantalla) 1 m.

4.2.2. Elementos Finales de Control:

1.- Servomotor:

a. Descripción, ubicación y funcionamiento en el proceso: en esta parte el servomotor se encarga de la regulación de las persianas para así, mantener la temperatura deseada dentro de la secadora.

b. Características generales y selección en el mercado: las características mínimas que debe presentar el Servomotor seleccionado son:

- Regulación de ángulo de 90°.
- Alimentación de 220 Vac, 50 a 60 Hz.
- Frecuencia de alta respuesta.

- Variador de Frecuencia.
- Entradas y salidas analógicas.

Se toma la decisión de utilizar el Servomotor Accurax G5 de Omron. V El sistema Accurax G5 Servo proporciona constructores de máquinas con capacidades fáciles de usar para crear más rápido, más preciso, más pequeña, y máquinas más seguras. Alimentación de 230 Vac, protección de IP 67, Frecuencia de alta respuesta de 2 kHz, incorporado variador de frecuencia, Entradas y salidas analógicas.

4.3. Proceso:

El nuevo proceso que va ser controlado y automatizado es el cual se encuentra en la fig. 4.2, en ella se puede apreciar sus principales etapas. Regulación de las persianas mediante el servomotor para así poder controlar la temperatura dentro de la secadora.

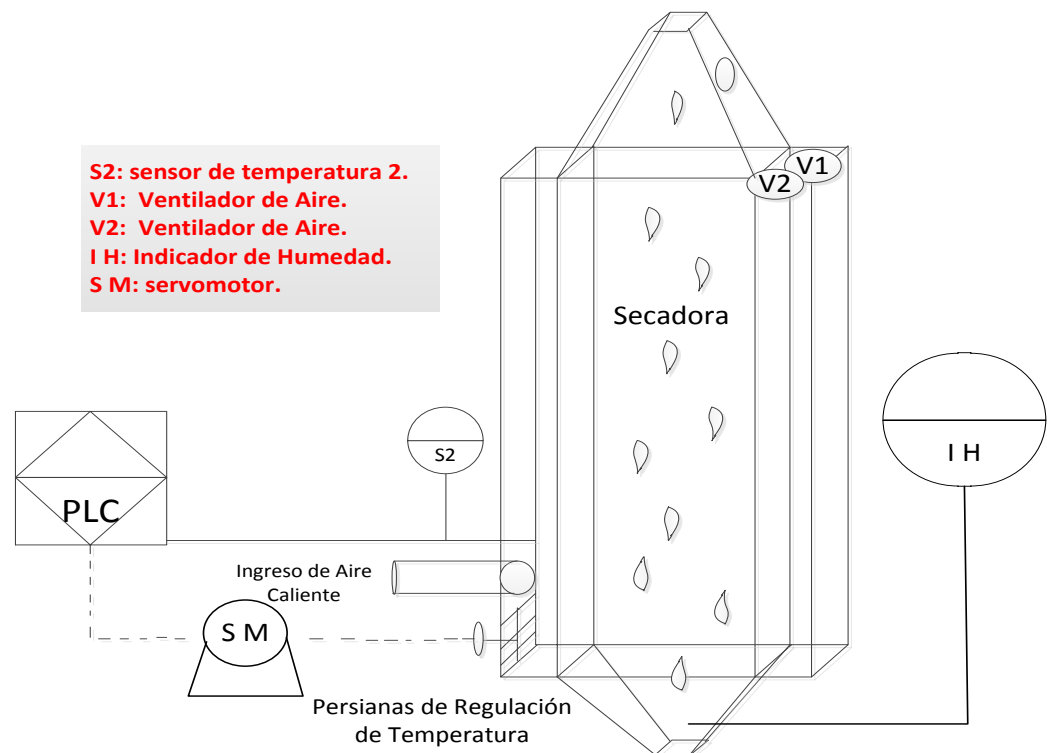


Fig. 4.2: Diseño del Proceso deseado para el secado de arroz en El Pirata S.A.C [17]

1. PLC:

a) Descripción, ubicación y funcionamiento en el proceso: el PLC, es un controlador que cuenta con memorias programables y regrabables que le permita almacenar instrucciones y desarrollar una ordenada lógica de control, así como de interfaces que les permitan manejar un gran número de entradas y salidas analógicas y digitales, gracias a ello el PLC recibirá información de los diferentes elementos de control colocados en el proceso de secado.

b) Características y selección en el mercado: las características mínimas que debe presentar el PLC seleccionado son:

- Alimentación de 220 Vac/ 12 ó 24 Vdc.
- 03 entradas analógicas de 4 a 20 mA / 0 a 10V.
- 05 entradas digitales.
- 03 salidas digitales.
- Permitirá conexión a módulos de expansión analógicos y digitales.
- Bus comunicación Ethernet.
- Soporte de temperatura ambiente de 35 °C.

Se toma la decisión de utilizar el PLC Siemens S7 1200, cuenta con 04 entradas analógicas, 04 salidas digitales, soporta temperaturas de hasta 50 °C. Satisface ampliamente las especificaciones antes mencionadas.

4.4. Conexión de los elementos del sistema de control del PLC:

4.4.1. Conexión de los elementos primarios de control:

1. Conexión del sensor de temperatura:

El sensor de temperatura está conectado a un convertidor de señal de 220 V a una señal de 4 a 20 mA y esta señal está conectada directamente a la entrada analógica del PLC y envía información de la temperatura dentro de la secadora, esta información contribuye para el control del servomotor.

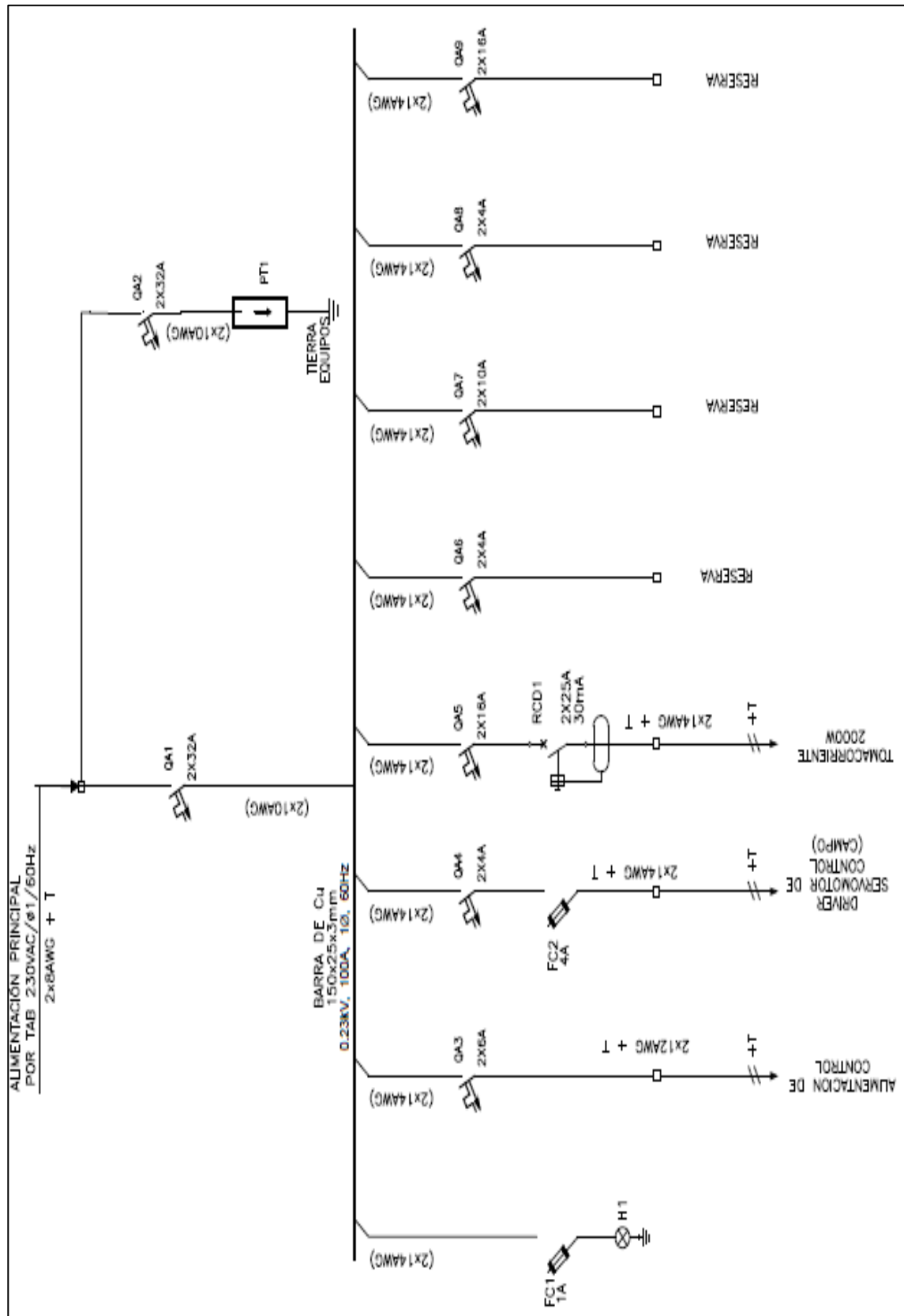
4.4.2. Conexión de los elementos finales de control:

1. Conexión del Servomotor:

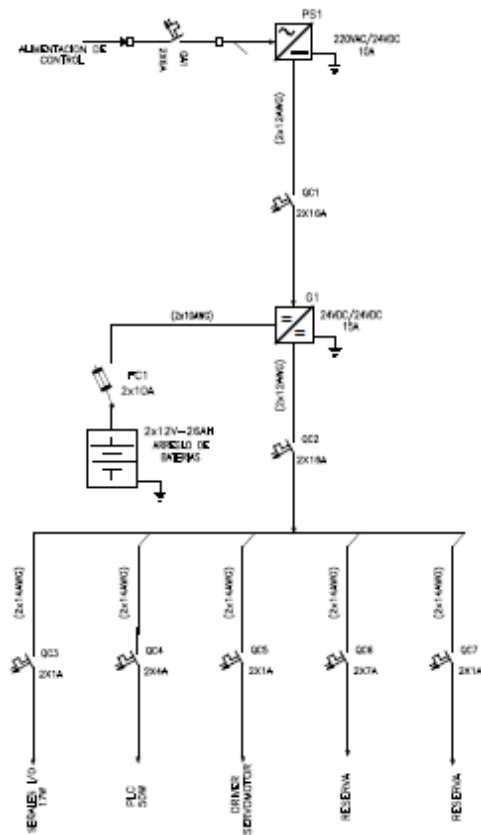
El servomotor cuenta con un driver el cual se alimentara con 220 Vac. El driver también está alimentado por un fuente de poder de 24 Vdc y está conectado directamente a una entrada digital del PLC, por medio de la cual controlara el encendido y apagado del servomotor la cual regulara el ángulo de las persianas.

El servomotor está conectado hacia el driver que este a su vez está conectado por un puerto serial con el PLC S7 1200. Este PLC es alimentado con 24 Vdc.

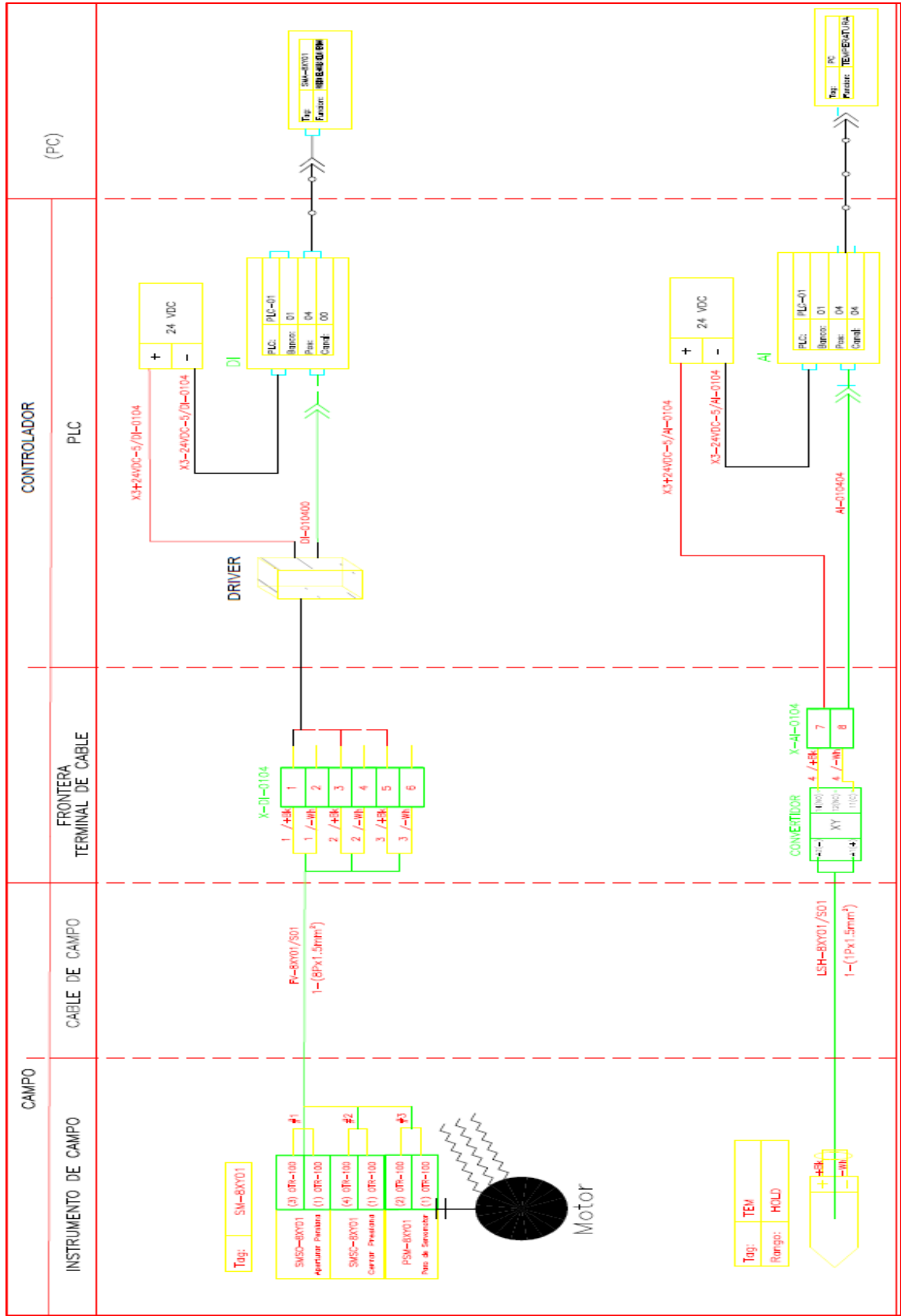
❖ **DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN ELECTRICA.**



❖ **DIAGRAMA UNIFILAR DE ALIMENTACION DE CONEXIÓN DE FUENTE DE 24 Vdc.**



❖ **DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTOS DE CAMPO A PLC.**



4.5. Modelo matemático y función de transferencia del sistema de control:

4.5.1. Descripción del proceso de secado o deshidratación:

En el proceso de secado es importante conocer los mecanismos involucrados en el movimiento del agua en el interior y exterior del alimento. Este movimiento puede ser debido a fuerzas capilares, difusión del agua por gradientes de concentración, difusión en la superficie, difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire, flujo debido a gradientes de presión y a la vaporización y condensación del agua.

La modelación y control del proceso de secado de arroz en silo usando técnicas de control predictivo. un secador totalmente instrumentado donde se puede medir en línea la temperatura y humedad del grano de arroz y del medio . Además, permite medir y manipular el flujo y temperatura del aire de secado. Con el fin de diseñar el controlador, primero se obtiene un modelo dinámico basado en el principio de capa delgada, luego se diseña e implementa la estrategia de control predictivo, conocida como DMC (Dynamic Matriz Control) la cual utiliza la respuesta paso y repuesta libre del sistema para calcular la acción de control óptima. Como consecuencia de este proceso se obtienen resultados prometedores del uso de este tipo de tecnología en el secado de arroz:

- a) Reducción del tiempo de secado.
- b) Evitar la pérdida de masa por sobre secado.
- c) Garantizar un secado más homogéneo y por lo tanto una mejora en la calidad del arroz y la productividad de la industria molinera.

4.5.2. Modelo de Secado de Arroz:

Para el análisis de la evolución de las condiciones del aire y del grano (temperatura y humedad) durante el proceso de secado en capa profunda, se han desarrollado diferentes modelos matemáticos. Cada

uno de los modelos se basa en un balance de agua elemental: El agua perdida por el grano es igual al agua ganada por el aire. Thompson (Thompson and Foster, desarrollaron un modelo matemático semiempírico que puede utilizarse para simular el secado de cualquier grano. El modelo realiza un balance de masa y energía, y considera la masa de granos de una capa gruesa como construida por capas delgadas de un grano de espesor, colocadas una sobre otras. Determinando el secado de una capa delgada, a través de balances de energía y masa, se puede estudiar el secado de la capa gruesa por medio de un proceso iterativo. De esta forma, se considera el lecho profundo de grano como una serie de capas delgadas de grano superpuestas, donde la temperatura de secado (T_s) y la humedad relativa (HR) del aire a la salida de una capa es la de entrada de la siguiente

El esquema básico de deshidratación en capa delgada se muestra en la Figura A.

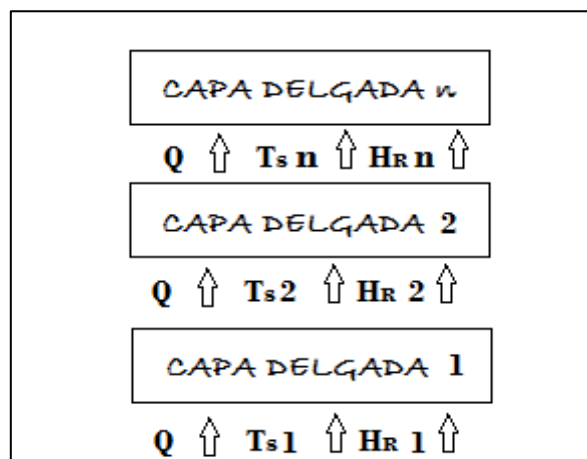


Fig. A Simulación del secado de una capa gruesa de grano formado por varias capas delgadas. ^[18]

El secado de una capa delgada se establece por medio de ecuaciones que considera los cambios de energía, humedad del grano y del aire de acuerdo a la figura B.

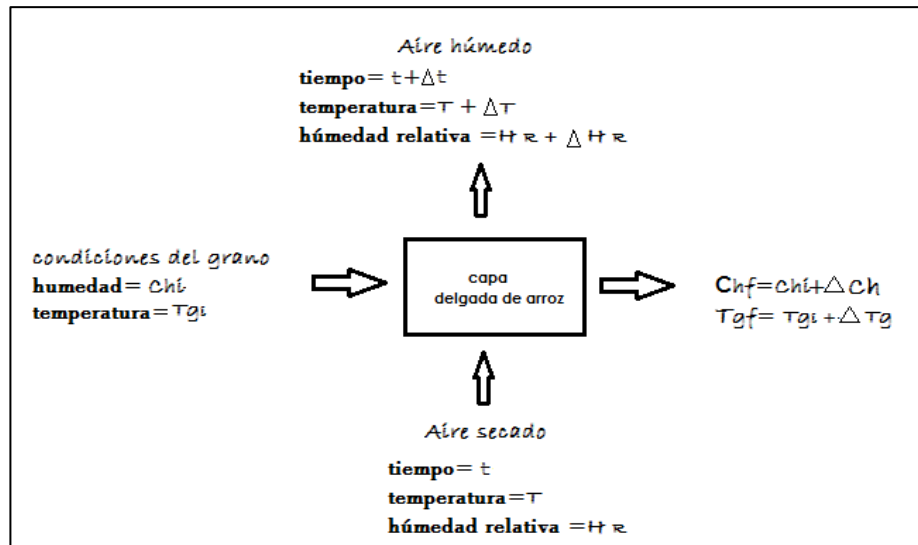


Fig. B: Diagrama esquemático del proceso de simulación (Thompson, 1970).^[19]

Durante cada intervalo de tiempo, el aire pasa a través de la capa delgada, el producto disminuye su contenido de humedad en ΔCH y el aire aumenta su razón de humedad en ΔH debido a la remoción de la humedad. Simultáneamente, la temperatura del producto aumenta en ΔTP y la temperatura del aire disminuye en ΔT como consecuencia del enfriamiento evaporativo y el calentamiento del producto.

Los sistemas más usuales emplean la convección como mecanismo de transferencia de calor y el aire como vehículo de esta energía, por lo tanto la transferencia de calor dependerá, en este caso, de la temperatura del aire, de su humedad, de su caudal, de la superficie expuesta del alimento y de la presión en la figura representa el paso de aire a una temperatura (T) y humedad relativa (HR) por una capa delgada de granos de espesor (dx), contenido de humedad (Ch) y temperatura (Tg), durante un intervalo de tiempo, t . En este intervalo de tiempo, cierta cantidad de humedad (ΔCh) se evapora de los granos y es llevada por el aire, que pasa a tener mayor humedad absoluta ($HR + \Delta HR$). Al mismo tiempo, el aire disminuye su temperatura ($T - \Delta T$) en forma proporcional al aumento de temperatura del grano, que va a incrementarse ($Tg + \Delta Tg$). Hay 4

variables dentro del sistema (T, HR, Tg y Ch) y por lo tanto se necesitan al menos 4 ecuaciones para su solución, estas son:

Ecuación de Humedad de equilibrio: La humedad de equilibrio, es la humedad que alcanza un producto cuando se deja un tiempo relativamente largo, expuesto a temperatura y humedad relativa constantes. Este se genera principalmente por el equilibrio de las presiones de vapor del grano y del aire ambiente. El contenido de humedad de equilibrio (MEQ), depende principalmente de la temperatura del aire de secado (T), y la humedad relativa del aire (HR). Las constantes A, B, C, a1, a2,..., y a9, y se obtienen por experimentación y dependen del tipo de grano.

El proceso de secado está normalmente dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente. En la figura se muestra la curva de secado obtenida cuando se representa el contenido de humedad contra el tiempo de secado.

1. La ecuación de Henderson y Thompson es de la forma:

$$M_{eq} = \frac{\left(\frac{\ln(1 - H_R)}{-A(T + C)} \right)^{\frac{1}{B}}}{100}$$

El parámetro M_R se conoce como relación de humedad y se utiliza para obtener la humedad final del grano (Ch_f) conociendo la humedad inicial del grano (Ch_i), la humedad de equilibrio (M_{eq}) y el tiempo de secado (t) por medio de la ecuación de Wang-Singh.

$$M_R = \frac{Ch_f - M_{eq}}{Ch_i - M_{eq}}$$

2. Calor latente de vaporización:

Para el arroz se define como la energía requerida para vaporizar la humedad contenida en el producto. Esta energía no es la misma al inicio y al final del

secado, ya que si los contenidos de humedad del grano son bajos costara más extraer el agua del producto. El calor latente de vaporización (L), o entalpía de vaporización del producto, es función de la temperatura del grano (Tg) y del contenido de humedad del grano en base seca (Ch_{bs}). La ecuación de calor latente para de vaporización para el arroz determinada a partir de la expresión de Wang (1978) para el arroz es:

- **Ecuación de Calor Específico:** Se define como la cantidad de calor expresada por las kilocalorías para aumentar la temperatura de un kilogramo de producto en un grado centígrado. El calor específico de los alimentos puede ser expresado como la suma del calor específico de la materia seca y el agua asociada a esta materia seca. El calor específico (Cp) para el caso del arroz, se rige por el contenido de humedad del producto (Ch) en base seca.

$$C_p = 0,287 + 0,0091 Ch$$

4.5.3. Programa en Matlab:

- Calculo de la función de transferencia de Temperatura vs Tiempo en el secador.

```
syms x y;
%%matriz de entrada y salida
%%temperatura (°C) vs tiempo (s)
T= [28.5 32.5 34 36 37.5 39 39.5 39];
P1=[ 1 2 3 4 5 6 7 8 ];
plot(P1,T,'o', 'LineWidth',2,...
      'MarkerEdgeColor','k',...
      'MarkerFaceColor','g',...
      'MarkerSize',10);

%%humedad vs tiempo teniendo en cuenta la data que nos brindó el
molino
H= [28.8 26.5 24.5 22.5 20.5 18.5 16.5 14.5];
P2= [1 2 3 4 5 6 7 8];
Plot (P2, H,'o','LineWidth', 2,...
      'MarkerEdgeColor','k',...
      'MarkerFaceColor','g',...
      'MarkerSize',10);

%%ajuste de le entrada y salida para obtener el polinomio característico
%%para la temperatura tenemos

p1 = -0.019886;
p2 = 0.35543;
p3 = -2.3778;
p4 = 8.5683;
p5 = 22.054;

x = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5 ;
```

%% para la humedad se tiene

$a_1 = 0.0019886$

$a_2 = -0.041098$

$a_3 = 0.30028$

$a_4 = -2.9066$

$a_5 = 31.438$

$$y = a_1 x^4 + a_2 x^3 + a_3 x^2 + a_4 x + a_5$$

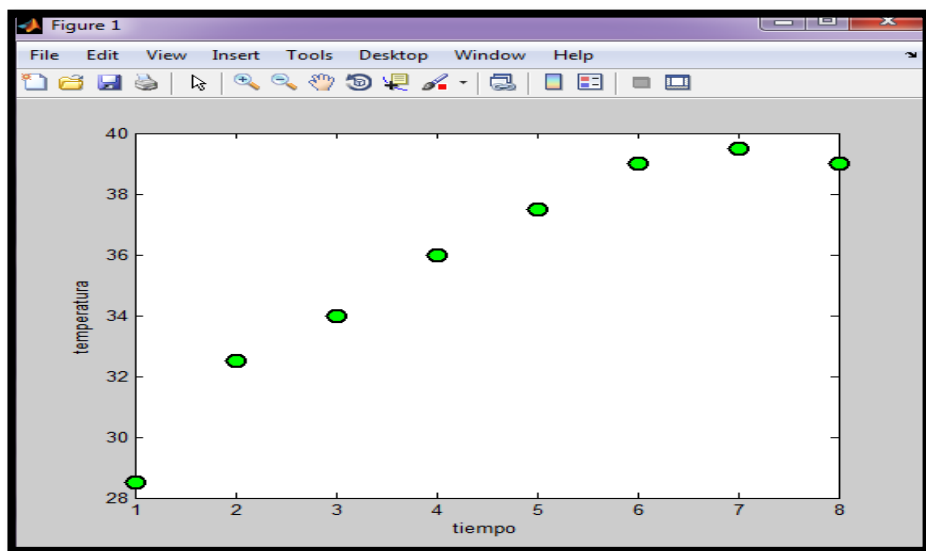


Fig. a: Grafico temperatura vs tiempo.

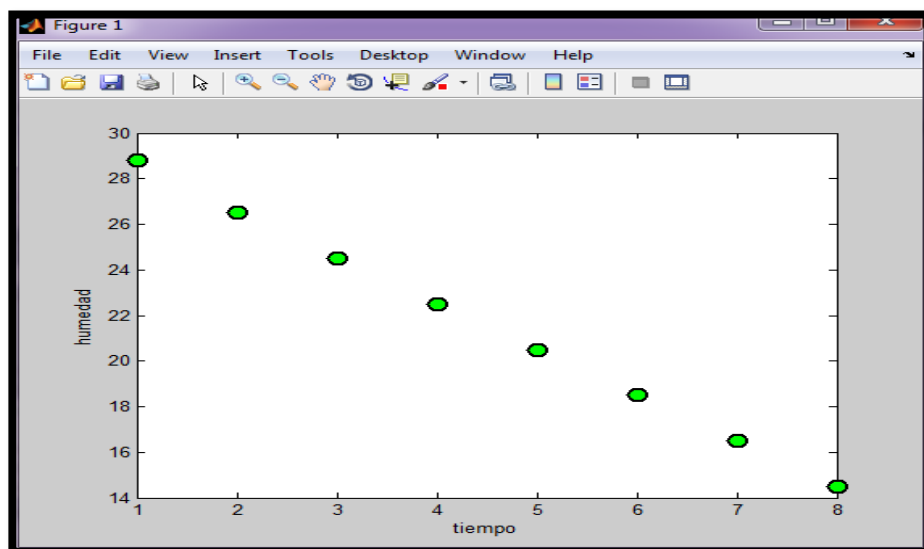


Fig. b: Grafico de humedad vs tiempo.

- Se coloca el comando ident en la ventana de command window para utilizar el cuadro de system identification tools cuya finalidad es la importación de la data para TEMPERATURA (T) VS TIEMPO (P1).

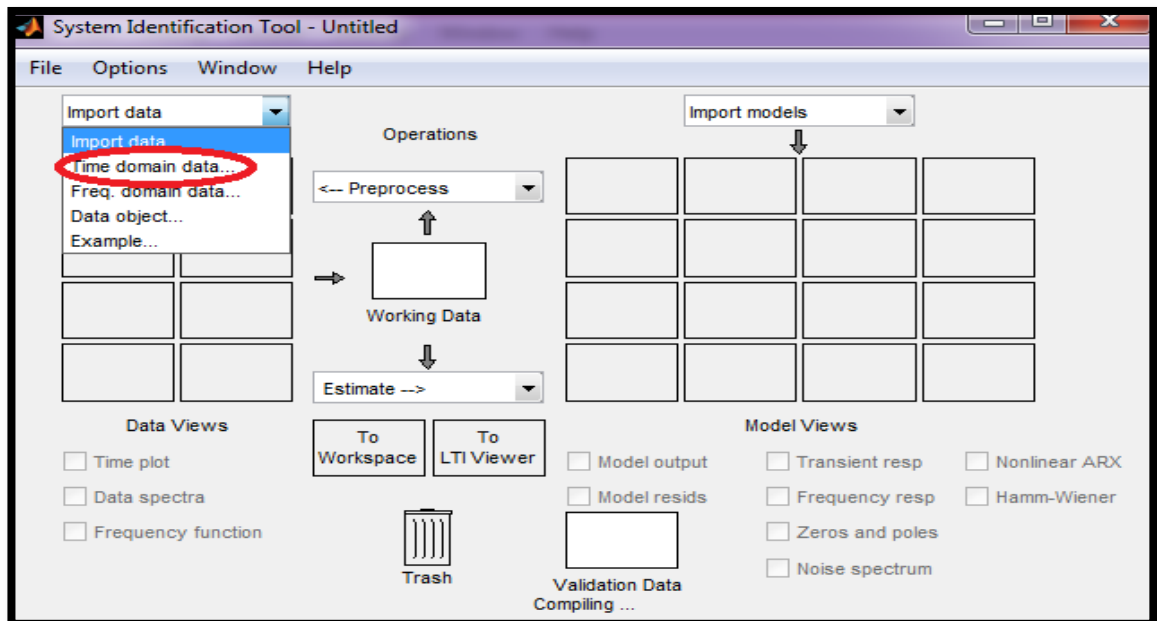


Fig. c: Selección de Time Domain Data.

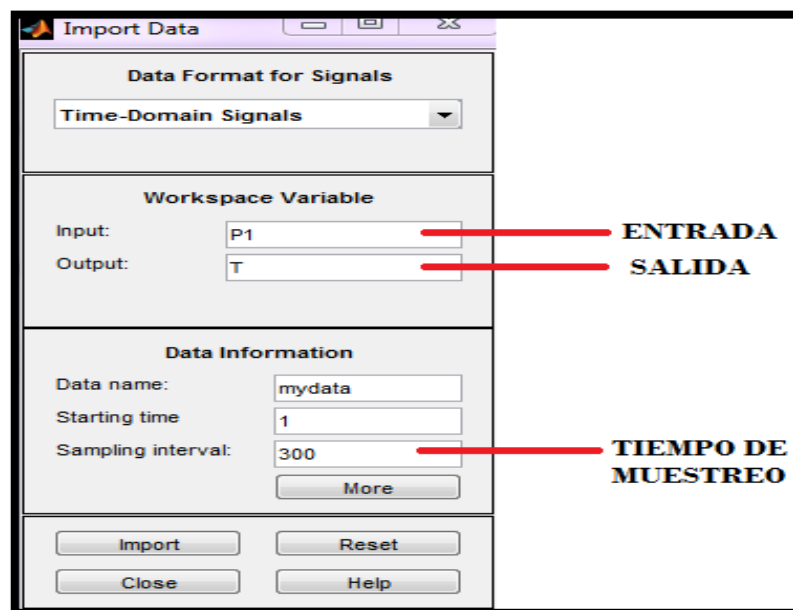


Fig. d: Importación de los datos entrada y salida.

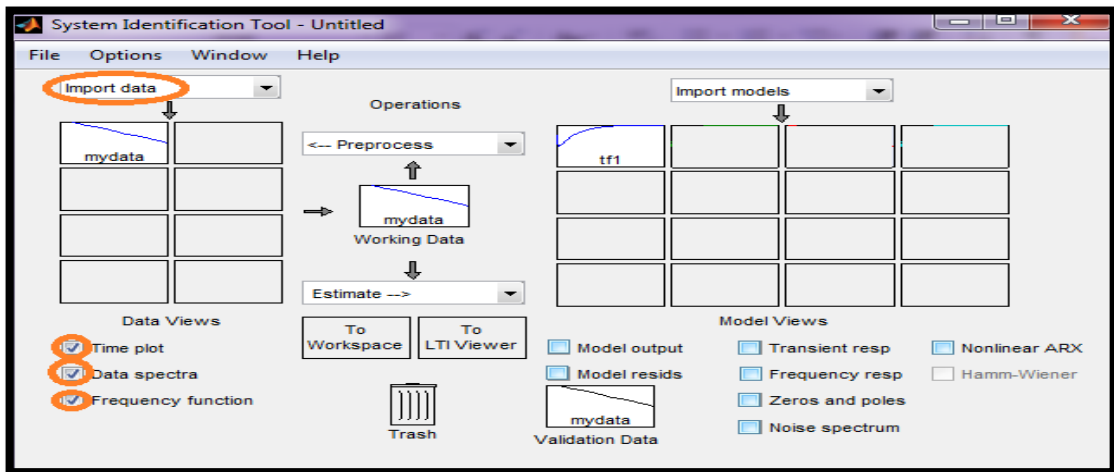


Fig. e: Importacion de la Data.

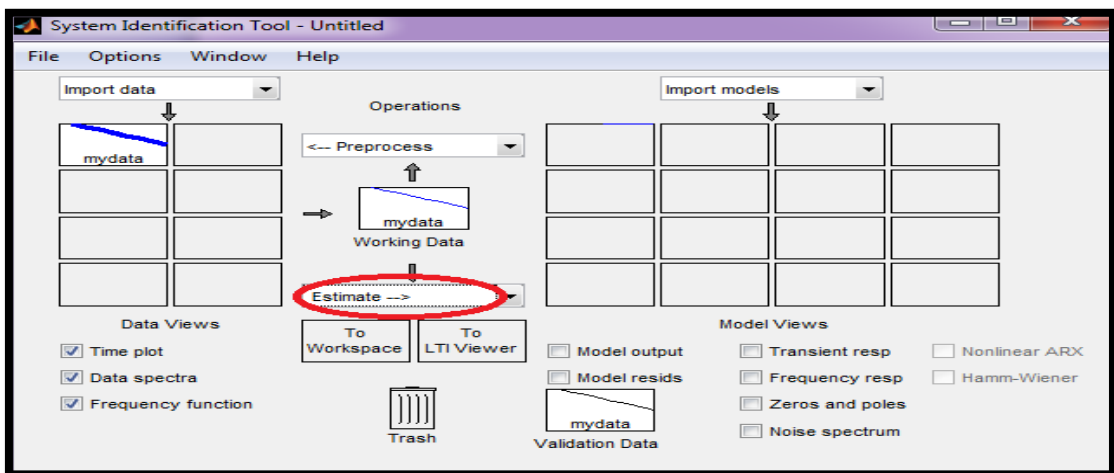


Fig. f: Estimulación de la Data.

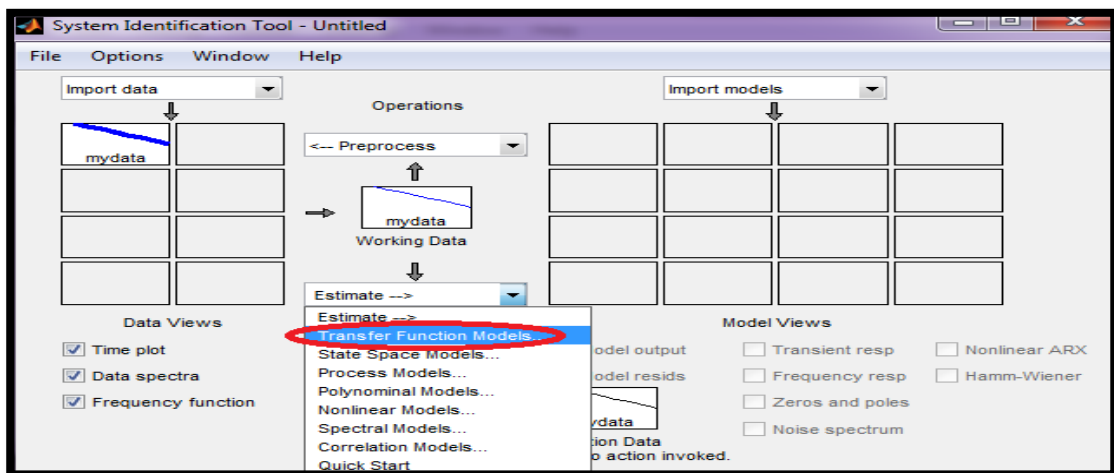


Fig. g: Función de Transferencia.

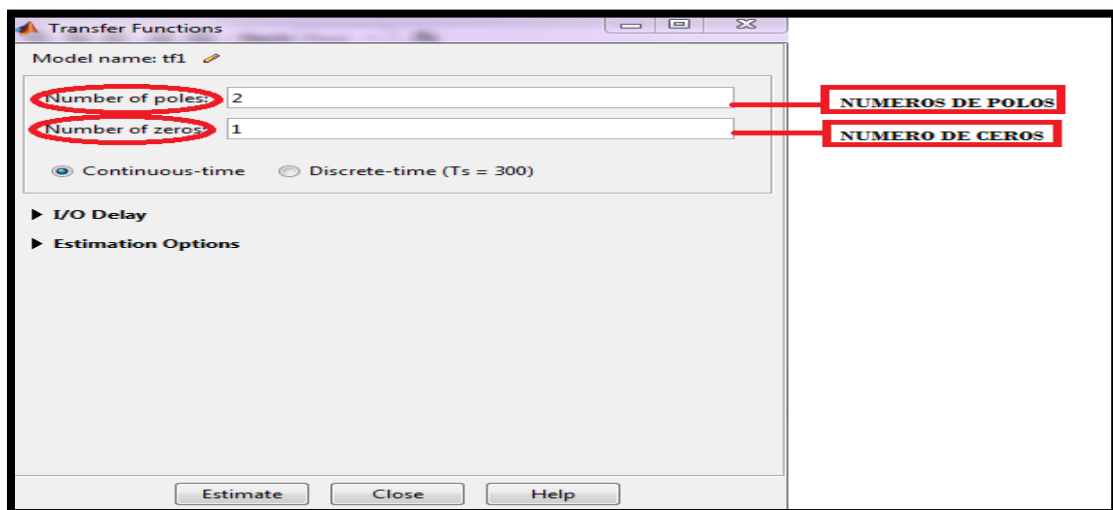


Fig. h: Selección de números de polos y ceros en la función de transferencia.

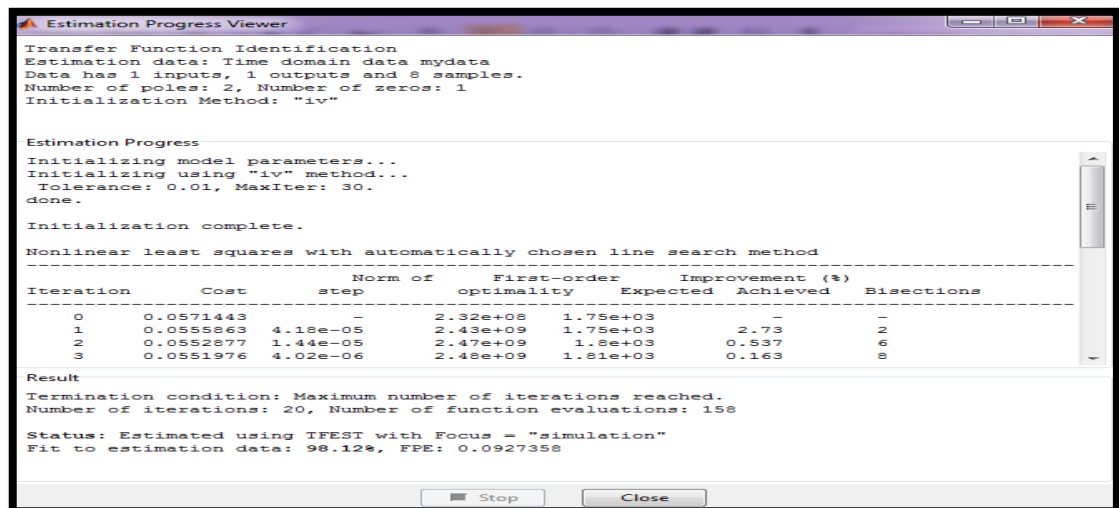


Fig. i: Estimación de mi función de transferencia.

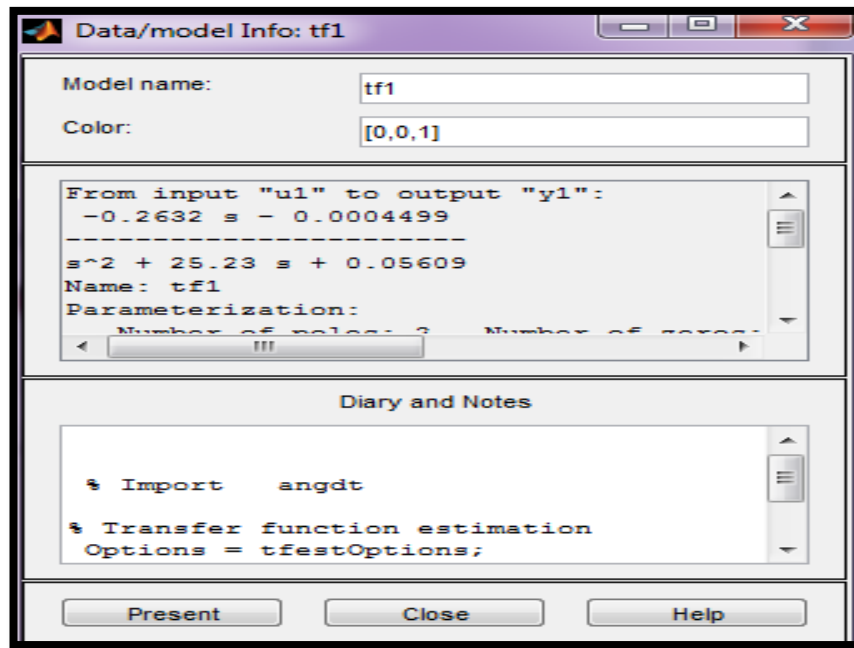


Fig. J:

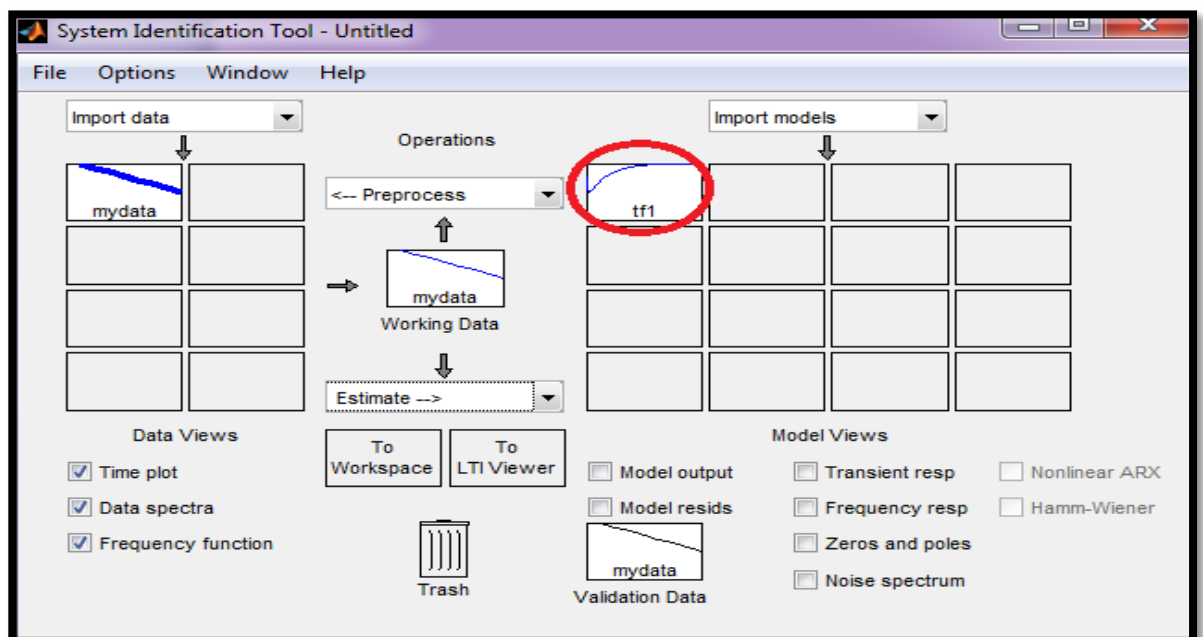


Fig. K:

Fig. J y Fig. K: Función de Transferencia de Temperatura vs Tiempo.

4.5.4. Programación en Matlab Angulo vs Variación de Temperatura:

- **Calculo de ángulo de las persianas en el secador.**

%%DATOS OBTENIDOS EN EL MOLINO EL PIRATA

```
Ang=[0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90];
```

```
DT=[ 13 12.25 11.75 11.25 10.75 10.25 9.75 9.25 8.75 8.25 7.75 7.25  
6.75 6.25 5.75 5.25 4.75 4.25 3.75];
```

```
Plot(Ang,DT,'o','LineWidth',2,...
```

```
'MarkerEdgeColor','k',...
```

```
'MarkerFaceColor','g',...
```

```
'MarkerSize',10);
```

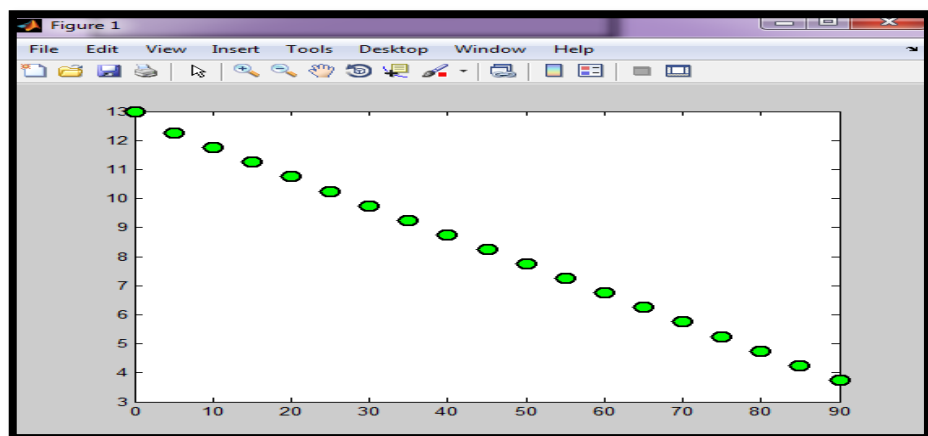
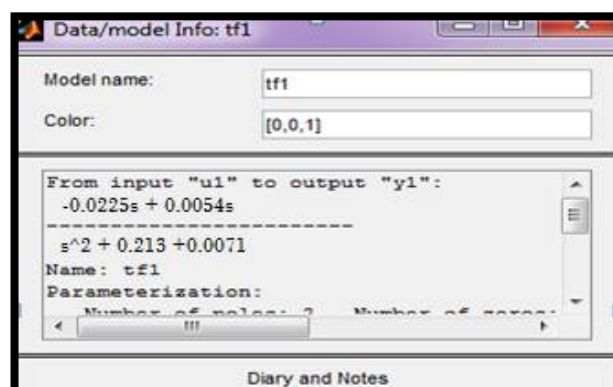


Fig. 1: Angulo vs Temperatura.

- **Obteniendo la Función de Transferencia Angulo vs Temperatura:**

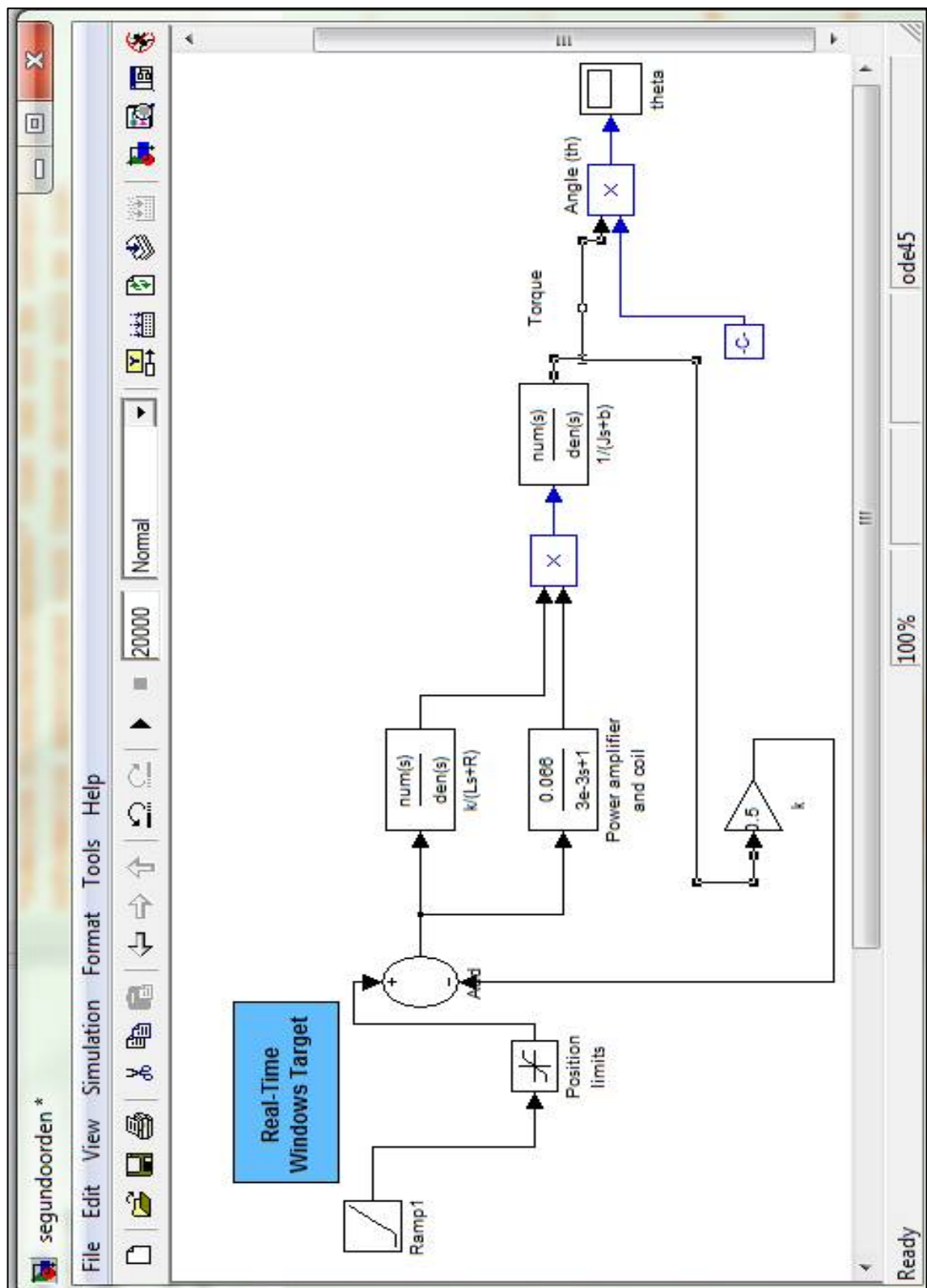


4.5.5. Programación en Matlab para hallar la Humedad de Equilibrio del grano de arroz:

```
%%cálculo de la humedad de equilibrio
Hr=0.142;
T=35;
a1=0.0000192;
a2=51.161;
a3=2.4451;
Meq=((log(1-Hr))^(1/a3))/(-a1*(T+a2)*T)^(1/a3))*10;
%%valor absoluto para eliminar el imaginario
Heq=abs (Meq);
Obteniendo como resultado
```

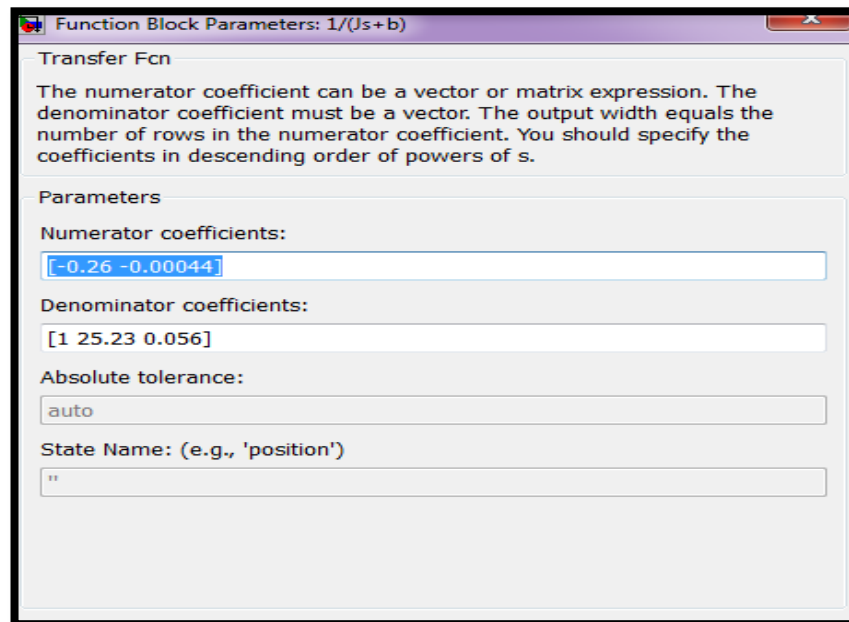
Heq = 14.8857

❖ Diagrama de Blocos utilizando SIMULINK.

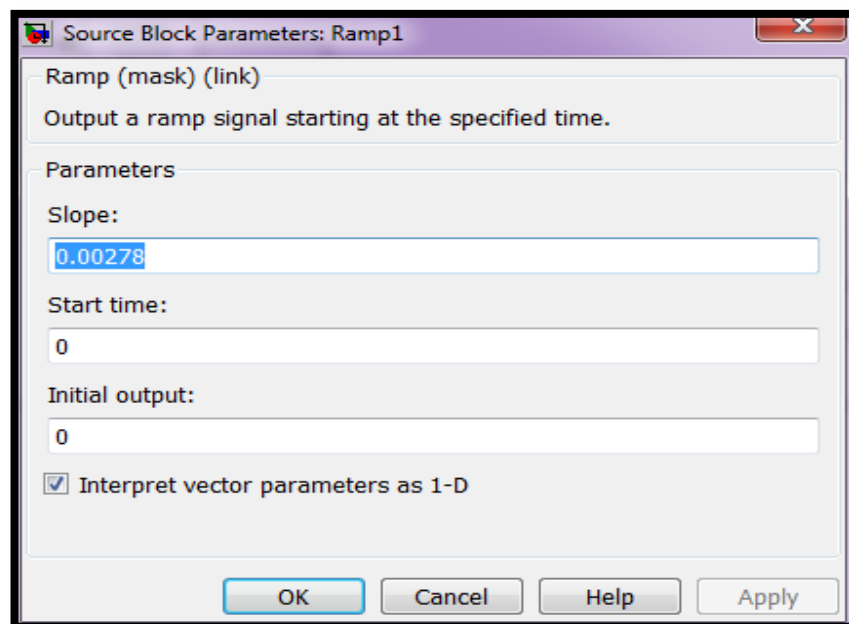


❖ Colocaremos las constantes en el diagrama de bloques.

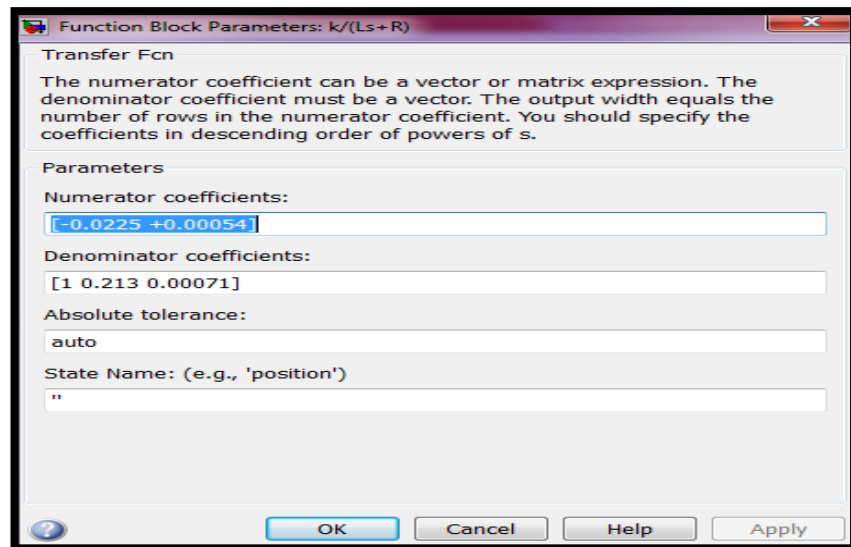
- La función de transferencia Temperatura vs Tiempo:



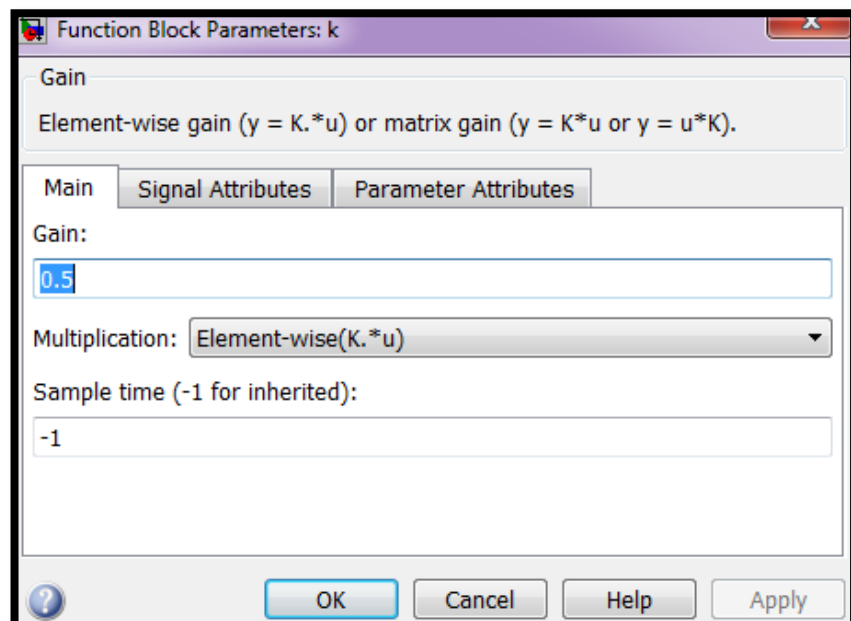
- Valor del Slope de la rampa teniendo en cuenta como referencia 1 Hora del proceso:



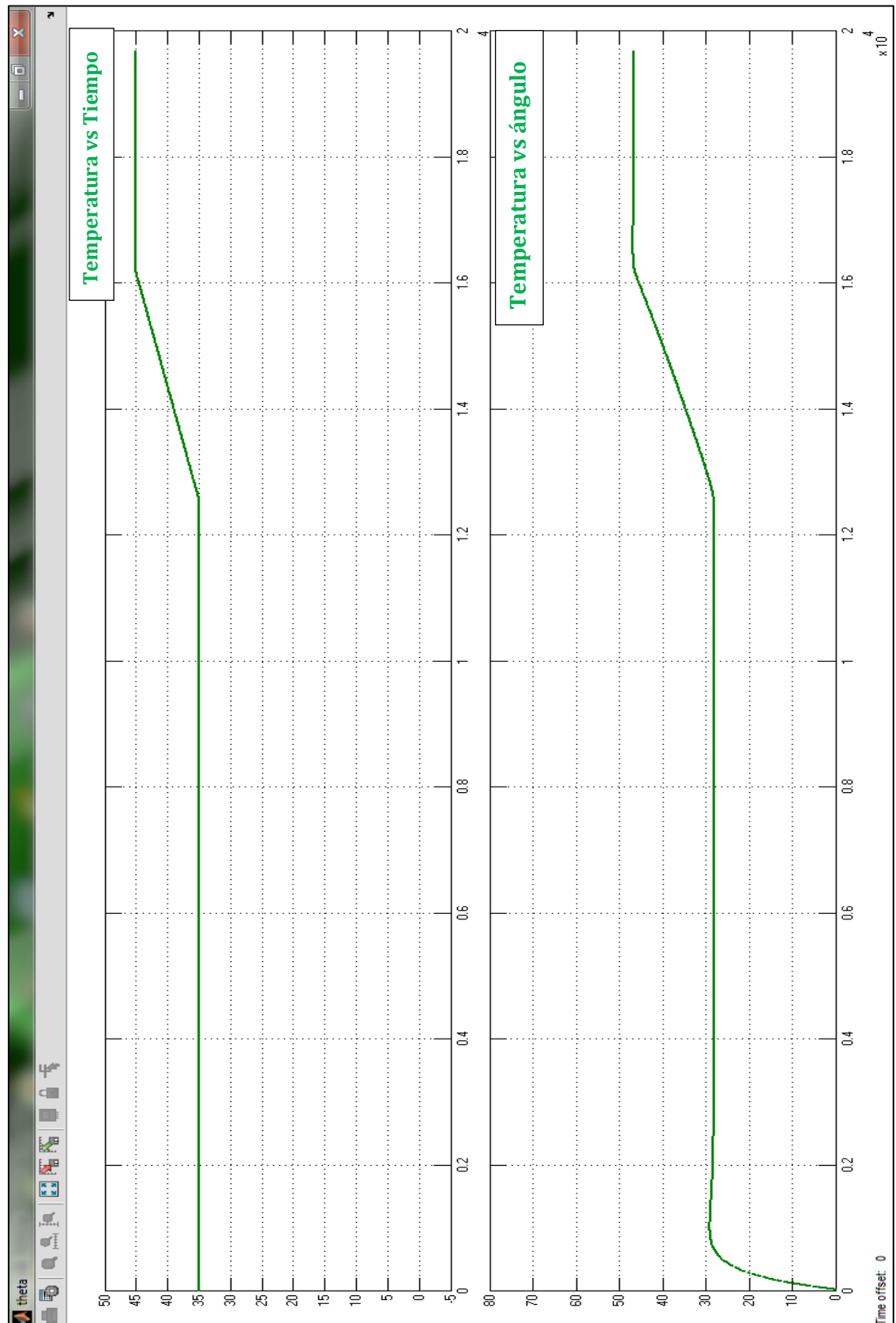
- **Función de Transferencia Angulo vs Temperatura:**



- **Ganancia del amplificador utilizado debido que nos basaremos a un servomotor:**



❖ Obtención del SetPoint (35°C-45°C) del Proceso vs Angulo:



Capítulo 5

Estudio Económico

5.1. Presupuesto General:

Los precios que a continuación se muestran, son precios obtenidos de diferentes empresas del mercado local y nacional, incluyen el IGV de 18%.

Las marcas de los equipos son referenciales y queda a libre disposición de ser reemplazados por otras más económicas que presentan igual o parecidas características de las marcas seleccionadas; que permiten el buen funcionamiento del sistema.

5.1.1. Sistema de Control:

El sistema de control alberga tanto los dispositivos que controlan el proceso de secado de arroz y el control de la regulación de las persianas así como todos los dispositivos que permitan controlar el proceso de medición de la temperatura. También incluyen los costos de los dispositivos de protección contra sobre corrientes.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio Unidad (S/.)	Precio Total (S/.)
1	PLC S7 1200 + Software.	1	7.369	7.369.00
2	Fuente Alimentacion 24Vdc/30.	1	500	500.00
3	Servomotor + Driver G5 Accurax Omron.	1	915	915.00
4	Indicador de Humedad PCE-G1	1	1250	1250.00
5	Relé de 220 Vac Phoenix Contac	1	250	250.00
6	Cable acondicionador de señal.	10m	0.3	3.00
7	Varios			1.000.00
Subtotal				11.287.00

5.1.2. Mano de Obra:

A continuación se presenta el presupuesto de la mano de obra para la instalación del Sistema de Control.

Sistema de Control	Costo
Instalación de Equipos	S/. 1000.00
Programación y Configuración	S/. 2000.00
Pago a Proyectista	S/.3600.00
Subtotal	S/.6600.00

5.1.3. Costo Total de la Inversión:

Conociendo todos los costos necesarios para la implementación del proyecto procedemos hallar la inversión total del mismo, de la siguiente manera:

Descripción	Costo
Sistema de Control	S/. 11.287.00
Mano de Obra	S/. 6600.00
Inversión Total	S/. 17.887.00

5.1.4. Análisis de Ingresos y Egresos.

5.1.4.1. Actual Ganancia de la Planta del Molino El Pirata:

Calculo de los ingresos, considerando que la planta de Secado de arroz tiene una producción total de 52 Ton/día y trabaja 25 días mensuales. La producción actual por tonelada por día y el costo actual por tonelada según la humedad del grano del arroz se aprecia en el siguiente cuadro:

Descripción	Producción en Ton/día	Precio por Ton(*)
Extra	17	S/. 27.200.00
Despuntado	20	S/. 28.000.00
Superior	15	S/. 21.000.00

Cuadro 5.1: Producción y Costo actual según la variedad del Grano de Arroz.

(*) Los datos del cuadro anterior han sido proporcionados por el Molino EL PIRATA.

Con los datos de la tabla anterior, se obtiene el segundo cuadro de ingreso.

Ingresos		
Descripción	Producción mensual en Ton	Ingreso mensual por Ton
Extra	425	S/. 680.000.00
Despuntado	500	S/. 700.000.00
Superior	375	S/. 525.000.00
Total	1300	S/. 1.905.000.00

Cuadro 5.2: Ingreso mensual promedio del Molino EL PIRATA.

Los egresos del molino El Pirata se muestran a continuación:

Egresos	
Pago a 3 Operarios (S/. 1200 c/u).	S/. 3.600.00
Pago Técnico de Planta.	S/. 2.500.00
Pago Energía Eléctrica.	S/. 4.500.00
Pago Transporte de Material.	S/. 50.000.00
Pago Mantenimiento de Maquinas.	S/. 15.000.00
Total	S/.75.600.00

Cuadro 5.3: Principales Egresos mensuales del Molino EL PIRATA.

El cuadro anterior muestra algunos gastos que realiza el molino El Pirata, en los cuales no se incluyen los gastos por obtención de materia prima, los gastos por procesamiento y clasificación del arroz, entre otros.

Calculo de ganancia mensual del molino El Pirata en las actuales condiciones de funcionamiento:

Ingresos	S/. 1.905.000.00
Egresos	S/. 75.600.00
Ganancia	S/. 1.829.400.00

Cuadro 5.4: Ganancia del molino El Pirata antes de implementar el Proyecto.

La ganancia no estima los gastos por obtención de la materia prima, gastos por procesamiento y clasificación de grano de arroz.

5.1.4.2. Ganancia mensual del molino El Pirata implementando el Sistema de Control:

Con la implementación del sistema de control se estima una producción total de 60 Ton/día:

Descripción	Producción en Ton/día	Precio por Ton(*)
Extra	19	S/. 30.400.00
Despuntado	23	S/. 32.200.00
Superior	18	S/. 25.200.00

Cuadro 6.5: Producción Estimada mensual de Arroz en Ton/día de acuerdo a la variedad del Grano de Arroz.

Producción e ingresos mensuales estimados del molino El Pirata, trabajando la misma cantidad de días al mes.

Ingresos		
Descripción	Producción mensual en Ton	Ingreso mensual por Ton
Extra	475	S/. 760.000.00
Despuntado	575	S/. 805.000.00
Superior	450	S/. 630.000.00
Total	1300	S/. 2.195.000.00

Cuadro 5.6: Ingreso mensual estimado del Molino EL PIRATA.

Egreso mensual estimado del molino El Pirata al implementar el sistema de control.

Egresos	
Pago a 2 Operarios (S/. 1200 c/u). (**)	S/. 2.400.00
Pago Técnico de Planta.	S/. 2.500.00
Pago Energía Eléctrica.	S/. 4.500.00
Pago Transporte de Material.	S/. 50.000.00
Pago Mantenimiento de Maquinas.	S/. 15.000.00
Total	S/.74.400.00

Cuadro 5.7: Egreso mensual del Molino EL PIRATA.

(**) Con la implementación del sistema de control solo son necesarios dos operarios.

Cabe indicar que estos gastos no se incluyen los gastos por obtención de materia prima, gastos por procesamiento y clasificación de grano de arroz.

Hallamos la ganancia estimada con el sistema implementado.

Ingresos	S/. 2.195.000.00
Egresos	S/. 74.400.00
Ganancia	S/. 2.120.600.00

Cuadro 5.8: Ganancia mensual que se obtiene con el sistema implementado.

Esta ganancia no incluye los gastos no se incluyen los gastos por obtención de materia prima, gastos por procesamiento y clasificación de grano de arroz.

Finalmente comparando las ganancias actuales con las ganancia que se obtendría con la implementación del proyecto se logra una ganancia estimada de S/. 215.600.00 por mes.

Como se puede observar que existe un rápido retorno de la inversión con lo que se puede afirmar que el presente proyecto económicamente es rentable.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones:

- a. Con la implementación del sistema de control propuesto se logra optimizar el proceso de secado de arroz, garantizando un aumento en la producción de un 25 %.
- b. El sistema tratado es de gran interés para los agricultores y los molinos. Es por tanto un incentivo para implementación de futuras mejoras al proceso de producción completo.
- c. Con la implementación del sistema de control propuesto se logra optimizar el proceso, garantizando un aumento en la producción de 8 toneladas más por mes haciendo más productivo el molino
- d. El indicador de humedad permitirá saber de una manera aproximada la de humedad que se encuentra el grano durante el proceso de secado.
- e. El presente proyecto es factible de realizar económicamente, pudiéndose recuperar la inversión en un periodo de 1 mes esto gracias a la eficiencia del sistema de control que garantiza la obtención de producción de arroz para el consumo de la población

6.2. Recomendaciones:

- a) Debido a las conclusiones y resultados obtenidos con este proyecto, se recomienda su implementación en “EL MOLINO EL PIRATA S.A.C” y en los molinos del departamento que cuenten con las secadoras Kepler Webber.
- b) Pensando en el futuro y el crecimiento del molino se recomienda implementar un sistema SCADA que permita la visualización remota del comportamiento de los principales elementos del secado de arroz y así permitir mantener un registro detallado de la cantidad de producción de la planta
- c) Una vez que el sistema de control este implementado debe capacitarse al personal con respecto al manejo de los equipos, dicha capacitación deberá considerarse como un gasto aparte del costo de inversión

A. Sistema SCADA

A.I. Generalidades:

Los sistemas SCADA (supervisor y control and data acquisition) son aplicaciones de software, diseñados con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta como son los controladores autómatas sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real. Además envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento si es necesario.

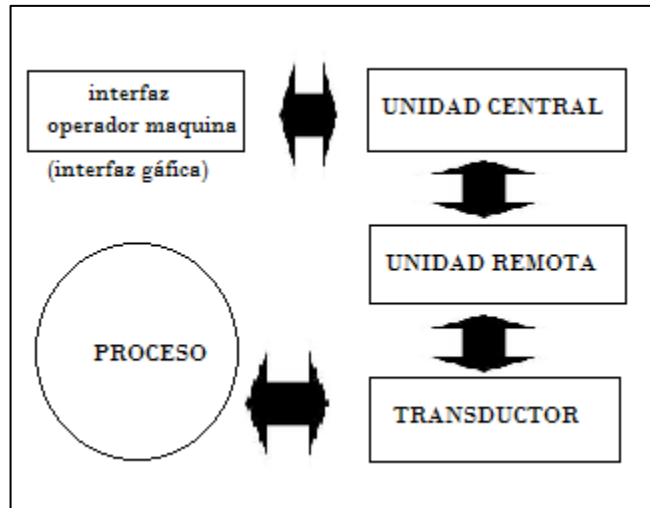


Fig. A.1: Elementos de un sistema SCADA.

Principales funciones de un sistema SCADA:

- Supervisión remota de instalaciones y equipos.
- Control remoto de instalaciones y equipo.
- Procesamiento de datos.
- Visualización grafica dinámica.
- Generación de reportes.
- Representación de señales de alarma.
- Almacenamiento de información histórica.

En el presente anexo se propone implementar un sistema de monitoreo remoto a través de un enlace Ethernet con el software SCADA, que permita la visualización remota del comportamiento de los principales elementos del proceso de secado de arroz, obtener la información de las curvas de comportamiento del proceso para un análisis, así como mantener un registro detallado de la cantidad de producción de la planta que será de mucha ayuda a la empresa ya que así podrá abastecer al cliente.

I. Enlace Remoto:

Con el propósito de tener una comunicación remota en el proceso de secado se elige la comunicación vía Ethernet a fin de aprovechar las

capacidades del PLC seleccionado, se evalúa los posibles puntos de interconexión, así como los acondicionamientos para este fin.

II. SCADA para monitoreo y supervisión:

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va hacer uso del sistema, por tal motivo se propone la utilización de un software especialmente diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores, sensores, PLC, etc) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además provee de toda la información que se genera en el proceso a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores en este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamientos de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos. los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite se denomina en general sistema SCADA.

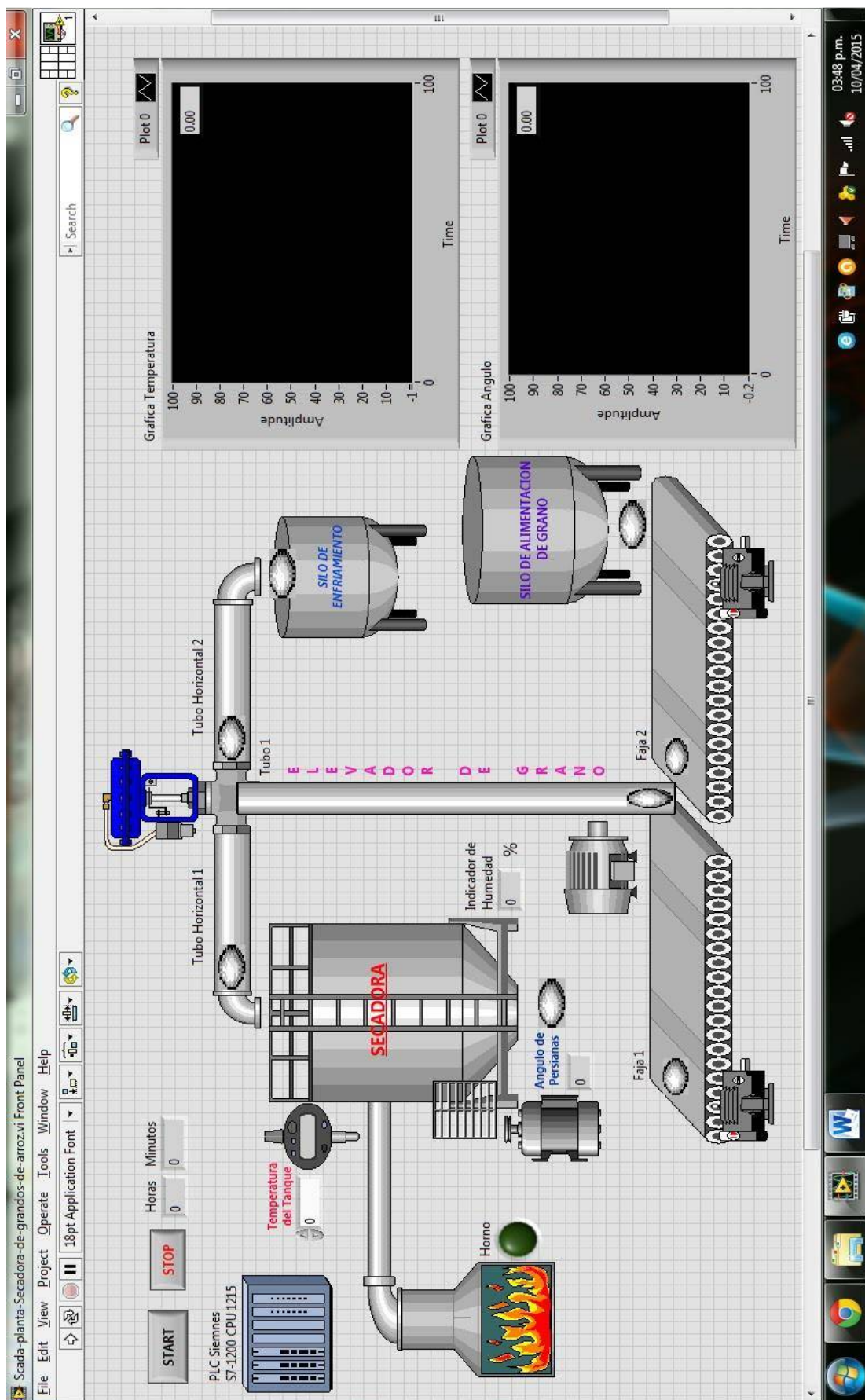


Fig. A.1: Programa de simulación de Scada e Labview.

B. Lenguaje Ladder de Programacion de PLC

B.I. Software de Programación TIA PORTAL V12:

Para la ingeniería de un sistema de automatización se ha popularizado varias herramientas de configuración. Gracias al framework de ingeniería que ofrece el Portal de Totally Integrated Automation (TIA Portal) prácticamente desaparecen las fronteras entre estos productos de software. En el futuro, este framework será la base de todos los sistemas de ingeniería para la configuración, programación y puesta en marcha de autómatas/controladores (PLC), sistemas de supervisión / pantallas y accionamientos incluidos en Totally Integrated Automation.

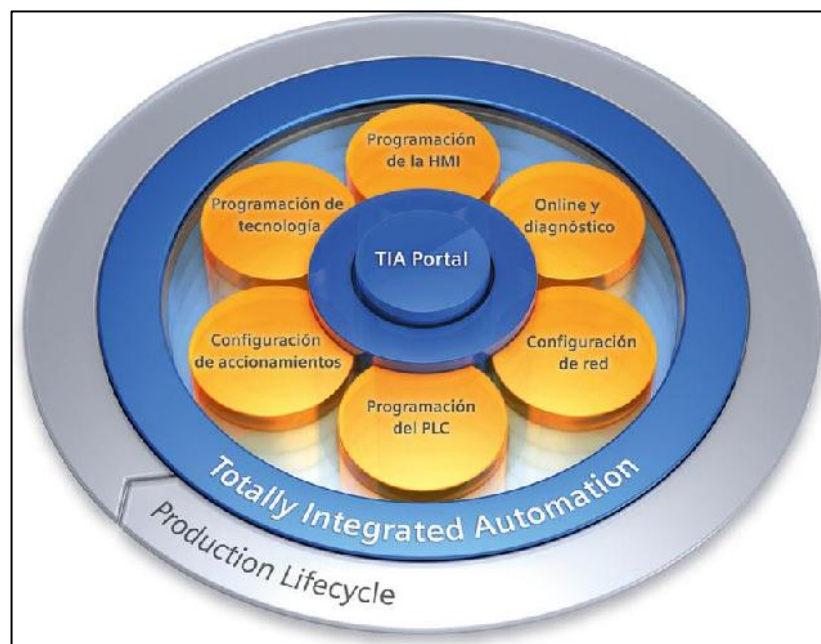


Fig. B.1: Software Tía Portal.





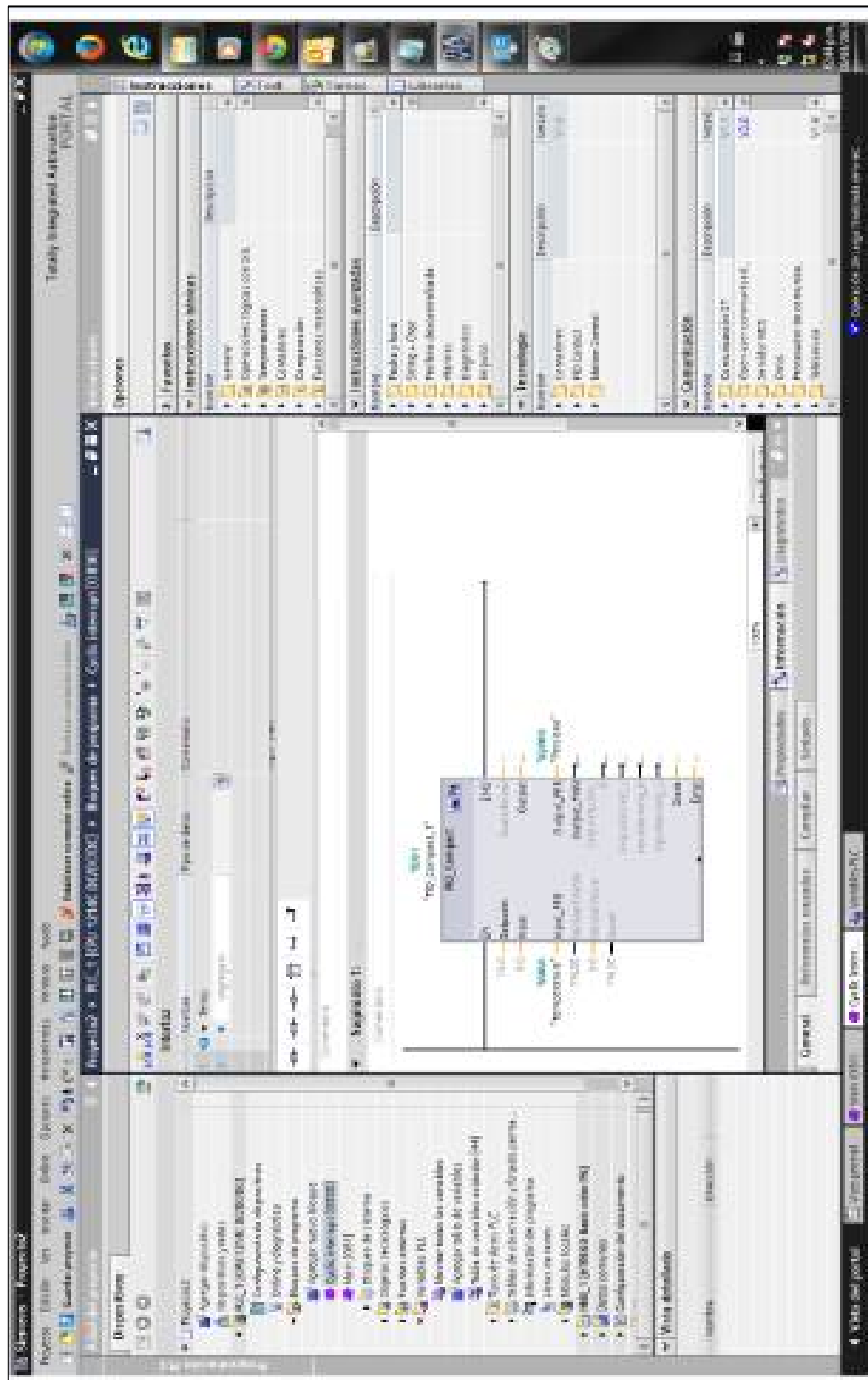


Fig. 4: Control del Set Point de la Temperatura del Secador.

C. Hojas de Datos Técnicos

The advertisement features a close-up, angled view of Siemens SIMATIC S7-1200 components. In the foreground, a grey SIMATIC 1200 power supply unit is visible, with its 'SIEMENS' logo and 'SIMATIC S7-1200' text clearly shown. Behind it, a SIMATIC S7-1200 CPU module is partially visible, featuring a large black display screen and a teal-colored bezel. To the right, another module with a screen is partially visible, showing a blue interface with text like 'Start', 'Control & Monitoring', and 'PLC'. The background is a light, neutral color.

SIMATIC S7-1200

El juego en equipo marca la diferencia

SIMATIC Controller

www.siemens.com/simatic-s7-1200

SIEMENS

SIMATIC S7-1200

Funciones

S7-1200 destaca por lo siguiente:

- **Fácil iniciación:**
Paquetes de iniciación especiales y manuales que facilitan la familiarización.
- **Manejo sin complicaciones:**
Potentes comandos estándar de fácil utilización y cómodo software de programación que reducen al mínimo el trabajo de programación.
- **Excepcionales propiedades de tiempo real:**
Funciones de interrupción especiales, rápidos contadores y salidas de impulsos que permiten el uso incluso en procesos de tiempo crítico.
- **Potentes posibilidades de comunicación:**
En particular, con la conexión opcional PROFIBUS DP, el S7-1200 puede desplegar toda su potencia al usarse en soluciones de automatización descentralizadas.

El SIMATIC S7-1200 cumple numerosas normas nacionales e internacionales:

- UL 508
- CSA C22.2 No. 142
- FM Class I, div. 2, group A, B, C, D; T4A Class I, Zone 2, IIC, T4
- VDE 0160
- EN 61131-2
- Requisitos de la ley sobre CEM según EN 50081-1, 50081-2 y 50082-2

Datos técnicos

Datos técnicos generales

Grado de protección	IP20 según IEC 529
Temperatura ambiente	
• Empleo (humedad del aire 95%)	
- en montaje horizontal	0 ... 55 °C
- en montaje vertical	0 ... 45 °C
• Transporte y almacenamiento	-40 ... +70 °C
- con humedad del aire 95%	25 ... 55 °C
Aislamiento	
• entre circuitos a 5/24 V DC	Tensión de ensayo 500 V AC
• entre circuitos a 115/230 V AC y tierra	Tensión de ensayo 1500 V AC
• entre circuitos a 115/230 V AC	Tensión de ensayo 1500 V AC
• entre circuitos a 230 V AC y circuitos a 5/24 V DC	Tensión de ensayo 1500 V AC
• entre circuitos a 115 V AC y circuitos a 5/24 V DC	Tensión de ensayo 1500 V AC
Compatibilidad electromagnética	Requisitos de la ley sobre CEM
• Inmunidad a perturbaciones según EN 50082-2	Ensayo según: IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 50141, EN 50204, IEC 801-5, VDE 0160
• Emisión electromagnética según EN 50081-1 y EN 50081-2	Ensayo según EN 55011, clase A, grupo 1
Esfuerzos mecánicos soportables	
• Vibraciones, ensayo según/probado mediante	IEC 68, parte 2-6: 10 ... 57 Hz; amplitud constante 0,3 mm; 58 ... 150 Hz; aceleración constante 1g (montaje en perfil normalizado) o bien 2 g (montaje en panel); tipo de vibración: barridos de frecuencia con una velocidad de variación de 1 octava/minuto; duración de la vibración: 10 barridos de frecuencia por eje en las direcciones de cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí
• Choques, ensayo según/probado mediante	IEC 68, parte 2-27/semiseno: aceleración del choque 15g (valor de cresta), duración 11 ms, 6 choques en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 	<ul style="list-style-type: none"> • 25 KB • 1 MB • 2 KB 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales <ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos <ul style="list-style-type: none"> • Fase simple • Fase en cuadratura 	3 <ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz • 3 a 80 kHz 	4 <ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz 	6 <ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Indicador de humedad PCE-G1

4. Especificaciones técnicas

Rango de medición Humedad relativa / temperatura	10 ... 95 % H.r. / 0 ... +60 °C
Resolución Humedad relativa / temperatura	1 % H.r. / 1 °C
Precisión Humedad relativa / temperatura	±2 % H.r. / ±1 °C
Alcance visual	lectura hasta aprox. 50 m
Tipo de sensor Humedad relativa / temperatura	capacitivo / Pt1000
Tiempo de respuesta T90	aproximadamente 4 s
Longitud del cable (entre el sensor y la indicación)	1 m
Pantalla	LED de 100 mm de altura (indicador alterna)
Alimentación	230 V / 50 ... 60 Hz
Dimensiones	Sensor 50 x 70 x 20 mm Pantalla 175 x 175 x 75 mm
Protección	IP 54
Peso	1,3 kg (sensor y cable incluidos)

R88D-KN□□□-ECT, R88D-KN□□□-ML2, R88D-KT□

Accurax G5 servo drive

Accurate motion control in a compact size servo drive family. EtherCAT and safety built-in.

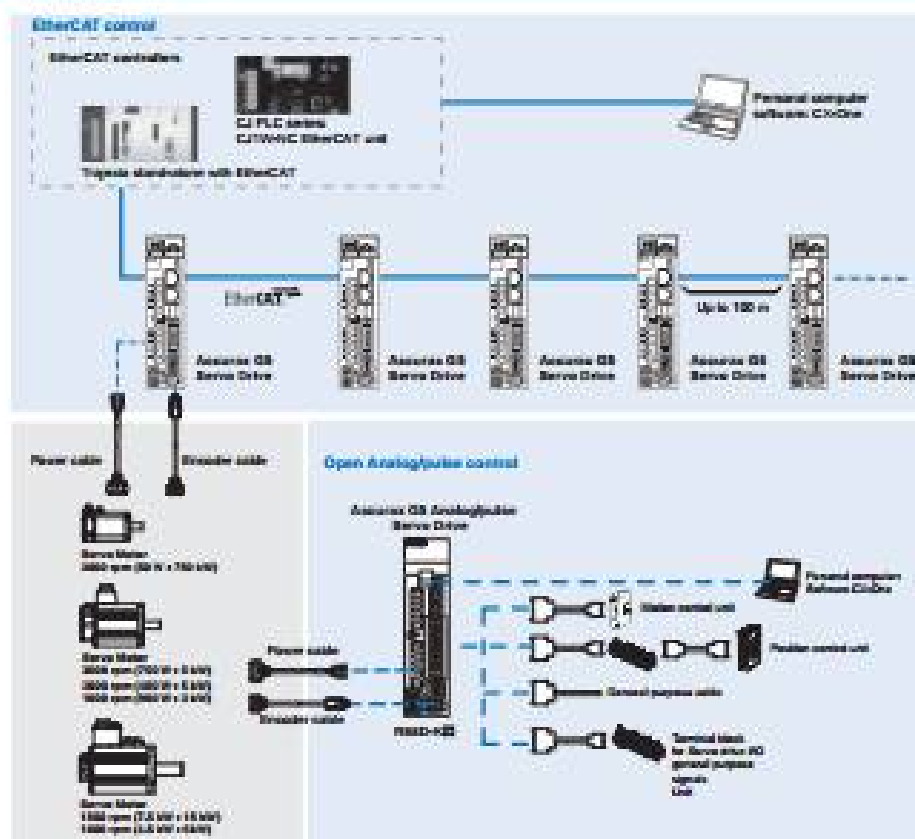
- EtherCAT, ML-II and Analog/ Pulse servo drive models
- Safety conforming ISO13849-1 PL-d
- High-response frequency of 2 kHz
- High resolution provided by 20 bits encoder
- Drive Programming: embedded indexer functionality in the Analog/ Pulse models
- External encoder input for full closed loop
- Real time auto-tuning
- Advanced tuning algorithms (Anti-vibration function, torque feedforward, disturbance observer)

Ratings






- 230 VAC Single-phase 100 W to 1.5 kW (6.59 Nm)
- 400 VAC three-phase 600 W to 15 kW (35.5 Nm)



System configuration

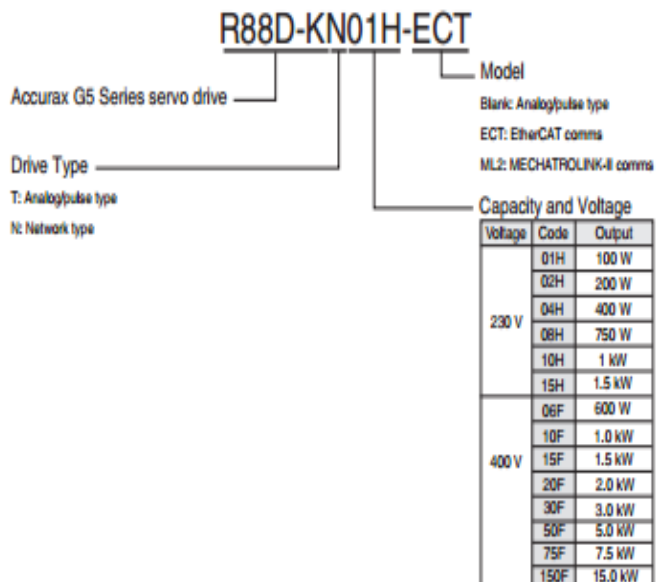


Servo motor supported

Accurax G5 rotary servo motor						Accurax G5 servodrive models		
	Voltage	Speed	Rated torque	Capacity	Model	EtherCAT	Analog/Pulse	MECHATROLINK-II
	230 V	3000 min ⁻¹	0.16 Nm	50 W	R88M-K05030(H/T)-□	R88D-KN01H-ECT	R88D-KT01H	R88D-KN01H-ML2
			0.32 Nm	100 W	R88M-K10030(H/T)-□	R88D-KN01H-ECT	R88D-KT01H	R88D-KN01H-ML2
			0.64 Nm	200 W	R88M-K20030(H/T)-□	R88D-KN02H-ECT	R88D-KT02H	R88D-KN02H-ML2
			1.3 Nm	400 W	R88M-K40030(H/T)-□	R88D-KN04H-ECT	R88D-KT04H	R88D-KN04H-ML2
			2.4 Nm	750 W	R88M-K75030(H/T)-□	R88D-KN08H-ECT	R88D-KT08H	R88D-KN08H-ML2
			3.18 Nm	1000 W	R88M-K1K030(H/T)-□	R88D-KN15H-ECT	R88D-KT15H	R88D-KN15H-ML2
			4.77 Nm	1500 W	R88M-K1K530(H/T)-□	R88D-KN15H-ECT	R88D-KT15H	R88D-KN15H-ML2
			2.39 Nm	750 W	R88M-K75030(F/C)-□	R88D-KN10F-ECT	R88D-KT10F	R88D-KN10F-ML2
			3.18 Nm	1000 W	R88M-K1K030(F/C)-□	R88D-KN15F-ECT	R88D-KT15F	R88D-KN15F-ML2
			4.77 Nm	1500 W	R88M-K1K530(F/C)-□	R88D-KN15F-ECT	R88D-KT15F	R88D-KN15F-ML2
 230V (1 kW - 1.5 kW) 400V (400 W - 5 kW)	400 V	3000 min ⁻¹	6.37 Nm	2000 W	R88M-K2K030(F/C)-□	R88D-KN20F-ECT	R88D-KT20F	R88D-KN20F-ML2
			9.55 Nm	3000 W	R88M-K3K030(F/C)-□	R88D-KN30F-ECT	R88D-KT30F	R88D-KN30F-ML2
			12.7 Nm	4000 W	R88M-K4K030(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
			15.9 Nm	5000 W	R88M-K5K030(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
		2000 min ⁻¹	4.77 Nm	1000 W	R88M-K1K020(H/T)-□	R88D-KN10H-ECT	R88D-KT10H	R88D-KN10H-ML2
			7.16 Nm	1500 W	R88M-K1K520(H/T)-□	R88D-KN15H-ECT	R88D-KT15H	R88D-KN15H-ML2
			1.91 Nm	400 W	R88M-K40020(F/C)-□	R88D-KN06F-ECT	R88D-KT06F	R88D-KN06F-ML2
			2.86 Nm	600 W	R88M-K60020(F/C)-□	R88D-KN06F-ECT	R88D-KT06F	R88D-KN06F-ML2
			4.77 Nm	1000 W	R88M-K1K020(F/C)-□	R88D-KN10F-ECT	R88D-KT10F	R88D-KN10F-ML2
			7.16 Nm	1500 W	R88M-K1K520(F/C)-□	R88D-KN15F-ECT	R88D-KT15F	R88D-KN15F-ML2
			9.55 Nm	2000 W	R88M-K2K020(F/C)-□	R88D-KN20F-ECT	R88D-KT20F	R88D-KN20F-ML2
			14.3 Nm	3000 W	R88M-K3K020(F/C)-□	R88D-KN30F-ECT	R88D-KT30F	R88D-KN30F-ML2
			19.1 Nm	4000 W	R88M-K4K020(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
			23.9 Nm	5000 W	R88M-K5K020(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
		1500 min ⁻¹	47.8 Nm	7500 W	R88M-K7K515C-□	R88D-KN75F-ECT	R88D-KT75F	*
			70.0 Nm	11000 W	R88M-K11K015C-□	R88D-KN150F-ECT	R88D-KT150F	*
			95.5 Nm	15000 W	R88M-K15K015C-□	R88D-KN150F-ECT	R88D-KT150F	*
		1000 min ⁻¹	8.59 Nm	900 W	R88M-K90010(H/T)-□	R88D-KN15H-ECT	R88D-KT15H	R88D-KN15H-ML2
			8.59 Nm	900 W	R88M-K90010(F/C)-□	R88D-KN15F-ECT	R88D-KT15F	R88D-KN15F-ML2
			19.1 Nm	2000 W	R88M-K2K010(F/C)-□	R88D-KN30F-ECT	R88D-KT30F	R88D-KN30F-ML2
			28.7 Nm	3000 W	R88M-K3K010(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
			43.0 Nm	4500 W	R88M-K4K510C-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
			57.3 Nm	6000 W	R88M-K6K010C-□	R88D-KN75F-ECT	R88D-KT75F	*
 7.5 kW - 15 kW	230 V	1000 min ⁻¹	8.59 Nm	900 W	R88M-K90010(H/T)-□	R88D-KN15H-ECT	R88D-KT15H	R88D-KN15H-ML2
			8.59 Nm	900 W	R88M-K90010(F/C)-□	R88D-KN15F-ECT	R88D-KT15F	R88D-KN15F-ML2
	400 V	1000 min ⁻¹	19.1 Nm	2000 W	R88M-K2K010(F/C)-□	R88D-KN30F-ECT	R88D-KT30F	R88D-KN30F-ML2
			28.7 Nm	3000 W	R88M-K3K010(F/C)-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
	400 V	1000 min ⁻¹	43.0 Nm	4500 W	R88M-K4K510C-□	R88D-KN50F-ECT	R88D-KT50F	R88D-KN50F-ML2
			57.3 Nm	6000 W	R88M-K6K010C-□	R88D-KN75F-ECT	R88D-KT75F	*

Type designation

Servo drive



BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Golindano Jean Carlos fundamentos de control automático.
Pag. 27
- [2] c.vallejo, "Diseño y simulación del sistema de control y monitoreo de nivel y flujo de agua para el proceso de perforación en la fase de exploración minera del proyecto IAMGOLD quimsacocha". Pag. 120
- [3] c.vallejo, "Diseño y simulación del sistema de control y monitoreo de nivel y flujo de agua para el proceso de perforación en la fase de exploración minera del proyecto IAMGOLD quimsacocha". Pag. 121
- [4] L.Velásquez "procesamiento de semillas". Pag 8
- [5] W. Yang, A. G.Cnossen, T. J. Siebenmorgen. "The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on drying rate". Transactions of the ASAE. Vol. 45. 2002. pp. 753-766
- [6] L.Velásquez "procesamiento de semillas". pag 9
- [7] Olenka Paola Odar Jimenez "diseño de un sistema de control automatizado para optimizar el proceso de chancado de piedra en la planta gamarra-pacherrez" pag 29
- [8] http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Ladder
- [9] L.hernández " Sistema de control de humedad y temperatura para invernaderos" pag 46
- [10] L.hernández " Sistema de control de humedad y temperatura para invernaderos" pag 46
- [11] www.unet.edu.ve/velocidades de rotación del campo giratorio.
- [12] www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm, variadores de frecuencia
- [13] www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm, variadores de frecuencia
- [14] www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm, motor de corriente continua
- [15] Bálcazar Rodas Jhon y Tesén Bravo Cinthia "sistema de control automatizado para secado de arroz en el molino en el Pirata S.A.c"

- [16] Bálcazar Rodas Jhon y Tesén Bravo Cinthia "sistema de control automatizado para secado de arroz en el molino en el Pirata S.A.c"
- [17] Bálcazar Rodas Jhon y Tesén Bravo Cinthia "sistema de control automatizado para secado de arroz en el molino en el Pirata S.A.c"
- [18]A. Castillo, J. Gaviria. Molineria de Arroz en los Tropicos. 2a ed. Ed. Ediagro Ltda. Bogotá. Colombia. 2000. pag. 33- 108
- [19]W. Yang, A. G.Cnossen, T. J. Siebenmorgen. "The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on drying rate". Transactions of the ASAE. Vol. 45. 2002. pag. 753-766