

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): VLADIMIR APELLIDOS: RODRIGUEZ MORA

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): RONI MAURICIO APELLIDOS: JAYA CAMACHO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL ÁREA DE PALMISTERIA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S

El aumento en los avances tecnológicos aplicados a la industria son cada vez más, lo que genera que las empresas entren a una competencia tanto tecnológica como de crecimiento, es ahí donde entra el mejoramiento de los productos, por tanto estas buscan automatizar sus procesos y así aumentar la eficiencia y la calidad sus productos, en muchos casos a largo plazo presentan ahorros en la parte de contratación de personal ya que un sistema de estos puede remplazar el trabajo de uno o hasta más operarios, es por esto que las plantas extractoras de aceite invierten en mejoras por parte de la automatización de sus procesos. Tiene como objetivo Diseñar un sistema supervisorio que permita monitorear y controlar en tiempo real las variables que intervienen en los silos de secado de nuez y almendra. Para la elaboración de este diseño se ha elegido utilizar los softwares como AutoCAD y el lenguaje ladder para la comunicación con el sistema, cabe agregar que como esta en la parte diseño aún no se han definido parámetros en la elaboración ya que la forma de comunicación depende de la instrumentación que posea la empresa. Teniendo en cuenta como está el proceso actualmente del secado en los silos se puede idear una manera más eficaz que pueda mejorar esta parte del proceso de secado de la nuez y almendra, como paso siguiente se busca el control que mejor se posicionará para este tipo de procesos.

PALABRAS CLAVES: PROPUESTA, DISEÑO, PREVENTIVO, MANTENIMIENTO, PLAN.

PÁGINAS: 92 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 31 CD ROOM: 0

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL
ÁREA DE PALMISTERÍA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S

VLADIMIR RODRÍGUEZ MORA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA ELECTROMECHANICA
CUCUTA
2020

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL
ÁREA DE PALMISTERÍA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S

VLADIMIR RODRÍGUEZ MORA

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA ADQUIRIR EL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER

DIRECTOR

ING. ESP. RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

CODIRECTOR

ING. ESP. JOSÉ NEREO ÁVILA GUERRERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

CUCUTA

2020

CARTA DE SUSTENTACION

ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO

FECHA: 25 de noviembre de 2020

HORA: 6:00 Pm

LUGAR: Sustentación Virtual

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL ÁREA DE PALMISTERÍA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S"

JURADOS Mg: CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELI
Ing. JESÚS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA

DIRIGIDO: Ing.Mg RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

CODIRECTOR: Ing.Esp JOSÉ NEREO ÁVILA GUERRERO

APROBADA

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES:	CÓDIGO	CALIFICACION
VLADIMIR RODRÍGUEZ MORA	1091204	4.2

FIRMA DE LOS JURADOS:

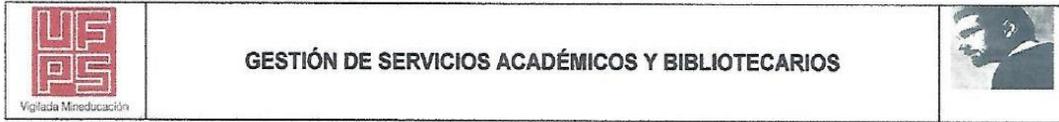


VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR


Ingeniería de
Electromecánica
IM MSC PEDRO JOSÉ PARTINO CARDENAS,
Coordinador, Programa Ingeniería Electromecánica
inelectromecanica@ufps.edu.co Ext. 121

Mayerline CH.

CARTA DE REPRODUCCION



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

VLADIMIR RODRIGUEZ MORA, identificado(s) con la C.C. N° 1094350542, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL ÁREA DE PALMISTERIA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S Presentado y aprobado en el año 2020 como Requisito para optar al título de Ingeniero electromecánico; autorizo (amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.


FIRMA Y CEDULA

C.C. 1094350542 De SAN Cayetano

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. Presentación General del Anteproyecto	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Justificación	17
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo General	19
1.4.2 Objetivo Especifico	19
1.5 Alcances y Delimitaciones	19
1.5.1 Limitaciones	20
1.5.2 Delimitaciones	20
2. Marco referencial	21
2.1 Antecedentes y Estado del Arte	21
2.2 Marco Teórico	22
2.2.1 Extracción de aceite de palma africana	23
2.2.2 Recepción de fruto	23
2.2.3 Esterilización	24

2.2.4 Desfrutación	25
2.2.5 Extracción	26
2.2.6 Clarificación	26
2.2.7 Palmistería	27
2.2.8 Generación de vapor	28
2.2.9 Planta de tratamiento de aguas	29
2.3 Silos de secado	29
2.3.1 Silo secado de Nuez	30
2.4 Marco Legal	31
2.5 Marco Conceptual	33
2.5.1 Control en la Administración	33
2.5.2 Sistemas de información – Sistemas de información web	33
3 Diseño Metodológico	35
3.1 Fuentes de Recolección de la Información	37
3.1.1 Fuentes de Información Primarias	37
3.1.2 Fuentes de Información Secundarias	37
3.2 Metodología de Desarrollo	38
4. Desarrollo del Proyecto	39
4.1 Recopilar Información	39
4.2 Definir la estrategia de control requerida, basado en las variables del proceso.	49

4.3 Definir los elementos de control, plc, el protocolo de comunicación y scada requeridos para el desarrollo del sistema supervisorio.	73
4.4 Desarrollar la programación del plc y la interfaz gráfica requerida.	81
4.5 Establecer presupuesto de la implementación del proyecto.	87
5. Conclusiones	88
6. Presupuesto	89
7. Referencias Bibliográficas	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de Presión vs Tiempo	52
Tabla 2 Silo de Nuez	56
Tabla 3 Presupuesto global del trabajo dirigido	89
Tabla 4: Gastos personales	89
Tabla 5: Materiales, Suministros y servicios	89
Tabla 6: Descripción de equipos	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tolva de recepción del fruto	24
Figura 2 Esterilizador	25
Figura 3 Tambor desfrutador	25
Figura 4 Clarificación	27
Figura 5 Diseño en corte de palmistería fecha 2016	28
Figura 6 Caldera de biomasa	28
Figura 7 Silo de secado de nuez/almendra	29
Figura 8 Ventilador centrífugo	44
Figura 9 Distribuidor de vapor	44
Figura 10 Válvula tipo globo	45
Figura 11 Válvula tipo bola	45
Figura 12 Transporte de Material	46
Figura 13 Placa del motor (ventilador centrifugo)	46
Figura 14 Placa motor del tornillo sin fin	47
Figura 15 Placa del motor (ventilador centrifugo)	47
Figura 16 Placa del Motor para la ventilación del silo de almendra	48
Figura 17 Placa del Rompedor de nuez	48
Figura 18 Diagrama P&ID del silo. Realizado en AutoCAD.	49
Figura 19 Presión vs tiempo	53
Figura 20 Grafica de varios sensores	54
Figura 21 Temperatura vs Tiempo	57
Figura 22 Matlab introducción de valores	57

Figura 23 Comando ident Matlab	58
Figura 24 Grafica de TF1	58
Figura 25 Grafica de TF2	59
Figura 26 Grafica de TF3	59
Figura 27 Comando PIDTOOL	61
Figura 28 Sintonización TF1 proporcional	61
Figura 29 Sintonización TF1 integral	62
Figura 30 Sintonización TF1 proporcional – integral	62
Figura 31 Sintonización TF1 proporcional – integral - derivativo	63
Figura 32 Sintonización TF2 proporcional	63
Figura 33 Sintonización TF2 integral	64
Figura 34 Sintonización TF2 proporcional – integral	64
Figura 35 Sintonización TF2 proporcional – integral - derivativo	65
Figura 36 Sintonización TF3 proporcional	65
Figura 37 Sintonización TF3 integral	66
Figura 38 Sintonización TF3 proporcional - integral	66
Figura 39 Sintonización TF3 proporcional – integral – derivativo	67
Figura 40 Control en lazo cerrado del proceso	70
Figura 41 Control en lazo abierto para el método ZIEGLER-NICHOLS	70
Figura 42 Graficas obtenidas por el método de ZIEGLER-NICHOLS	71
Figura 43 Electroválvula (datasheet del mismo)	73
Figura 44 Plc S7–1500	74
Figura 45 Tablero de conexiones del proceso al PLC	75
Figura 46 Topología del proceso	75

Figura 47 Diseño de la conexión de tuberías y cuarto de control al proceso	76
Figura 48 CPU del plc S7-1500	77
Figura 49 Modulo de la interfaz	77
Figura 50 Módulo de salidas digitales	78
Figura 51 Módulo de entradas analógicas	78
Figura 52 Base principal para los módulos E/S	79
Figura 53 Creación de un proyecto en TIA PORTAL	79
Figura 54 Dispositivos agregados a la periferia	80
Figura 55 Conexión PROFINET	80
Figura 56 Bloque de función en TIA PORTAL	81
Figura 57 Programación del bloque de función	82
Figura 58 Bloques de funciones necesarios para el proceso	82
Figura 59 Main (OB1) del proceso	83
Figura 60 Temperatura real del proceso en Celsius	84
Figura 61 Ladder para el control de las válvulas y las alarmas	84
Figura 62 Ladder para el control de las válvulas y las alarmas	85
Figura 63 Crear la interfaz TIA PORTAL	85
Figura 64 Interfaz de los silos	86
Figura 65 Simulación de la interfaz a la espera de la de los pt100señal	86

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Datasheet de la CPU 1515-2 PN (6ES7515-2AM00-0AB0)
Anexo 2	Datasheet de los módulos de entradas análogas y salidas digitales
Anexo 3	Datasheet de la base para los módulos
Anexo 4	Datasheet del Plc S7-1500
Anexo 5	Módulo de interfaz PROFINET
Anexo 6	Presupuesto de instrumentación
Anexo 7	Detalles del silo

INTRODUCCIÓN

Actualmente el aceite de palma es muy comercializado en el mundo, teniendo en cuenta que los países que más producen y exportan este material son Malasia e Indonesia, cabe agregar que la producción de aceite de palma en el mundo hace 25 años era de unos 15,2 millones de toneladas y en el año 2015 fue de 62,6 millones de toneladas, llegando así a ser el mayor volumen de producción de todos los aceites vegetales. (Munévar, 1998)

El árbol encargado de la fruta del aceite de palma se llama (*Elaeis guineensis*) la pulpa de su fruto es la encargada de proveer dicho aceite, otro dato importante a tener en cuenta es que este árbol se genera de mejor manera en climas tropicales donde hay mucho sol y humedad, esto ocasiona de que este proporcione la mayor cantidad de fruto posible, la temperatura a la que estos se encuentran es de unos 24 a 32 grados centígrados. (Munévar, 1998)

La basta necesidad por el aceite de palma ha logrado que de manera rápida se busque la manera de industrializarse, de forma que, así como la producción de la palma aumenta a nivel mundial su industria de igual porcentaje crece, es por eso que hoy en día el proceso de extracción del aceite en crudo de la palma se ha vuelto muy importante a la hora de ofrecer dicho producto al mercado global, ya que estos exigen unas características específicas y definen su precio como tal al mercado los cuales están estandarizados y pueden variar de acuerdo a las demandas del mercado.

Como parte de los proyectos de inversión y desarrollo aplicados en la región se incluyó la siembra de palma y la creación de asociaciones de Palmicultores los cuales impulsaron la instalación de una planta extractora de aceite roja para procesar el fruto de sus cosechas, de este

proyecto nació la asociación PALMICULTORES DEL NORTE (PALNORTE) y se dio inicio a la construcción de la planta extractora de aceite ubicada en el Km 15 de la vía que conduce de Tibú a Cúcuta.

En este proceso entran varios factores como alarmas para altas temperaturas y válvulas que controlan el paso de vapor a los silos y de esta manera secar el material, se diseñará un sistema de supervisión y control el cual mantenga unas temperaturas en específico, este puede ser en base a la humedad, temperatura o presión de vapor que ingresa al silo para completar el sistema este debe estar conectado al cuarto de control de la planta donde podrá ser monitoreado por el jefe de esta área.

1. Presentación General del Anteproyecto

1.1 Título

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL APLICADO A LOS SILOS DE SECADO EN EL ÁREA DE PALMISTERÍA DE LA EMPRESA PALNORTE S.A.S

1.2 Planteamiento del Problema

El (operario) encargado de monitorear el proceso de secado de los silos de nuez y almendra, además de estar en sintonía con la temperatura de los tres silos debe estar atento a otros procesos en la planta, esto no garantiza que los tres silos estén en su punto óptimo de temperatura todo el tiempo, y se hace necesario un diseño de un sistema de supervisión y control, y así disminuir la carga y el riesgo en el trabajo del mismo, el operario aparte de realizar esta labor anteriormente mencionada está enfrentando un riesgo laboral; ya que las válvulas que debe manipular permiten o no el paso de vapor ha alta temperatura, la presión que manejan estas válvulas y tuberías esta alrededor de 80 a 90 PSI que junto con una temperatura promedio de 140 grados centígrados, hacen que este sitio sea un riesgo para su integridad física.

Además de lo anteriormente dicho otro problema factible, se presenta en el momento de la toma de decisiones ante situaciones de emergencia, esto se debe a que el ser humano tiene cierta deficiencia en llevar a cabo una toma de decisión en un corto periodo de tiempo, ya sea la correcta o no esto influye en que puede o no generar una tragedia mayor a lo que se tiene previsto.

¿Cómo podrá aumentar la eficiencia de la planta el sistema de control requerido en los silos de secado de nuez y almendra?

1.3 Justificación

Los procesos de secado de la nuez y almendra es uno de los más importantes del sistema que compone la planta en el proceso de extracción de aceite crudo de palma, por lo que se hace necesario la realización de un sistema de supervisión y control para los silos de nuez y almendra, con el fin de lograr un eficiente secado de estas, ya que si está en un buen punto de secado facilitara el rompimiento de la nuez y la extracción de aceite de la almendra.

El aumento en los avances tecnológicos aplicados a la industria son cada vez más, lo que genera que las empresas entren a una competencia tanto tecnológica como de crecimiento, es ahí donde entra el mejoramiento de los productos, por tanto estas buscan automatizar sus procesos y así aumentar la eficiencia y la calidad sus productos, en muchos casos a largo plazo presentan ahorros en la parte de contratación de personal ya que un sistema de estos puede remplazar el trabajo de uno o hasta más operarios, es por esto que las plantas extractoras de aceite invierten en mejoras por parte de la automatización de sus procesos.

Los proyectos de inversión y apoyo para el crecimiento de cultivos de palma africana en la región se seguirán impulsando, esto exige una mayor capacidad de procesamiento en la planta extractora y un aumento en la contratación laboral, mejorando así la calidad de vida y el trabajo legal en la zona, actualmente en los puntos altos de abundancia de fruto la cosecha supera la capacidad de procesamiento de la planta lo cual exige aumentar la rapidez y la cantidad de material por procesar.

En esta industria se ha venido buscando la automatización de los procesos que componen la extracción como tal del aceite de palma, entonces llevados al mejoramiento de unos de sus procesos

en el área de palmistería, la empresa PALNORTE S.A.S la cual necesita automatizar de manera centralizada bajo un mismo PLC y sus conexiones descentralizadas, y con esto lograr controlar alguna de las variables que influye en el secado de la nuez y la almendra, ya que actualmente este proceso es realizado manualmente por un operario, surge la necesidad de llevar a cabo un correcto secado de estos frutos y así aumentar o asegurar la venta de estos en el mercado.

La calidad del producto influye en la venta del aceite en crudo de palma, ya que si este es de buena calidad el precio aumenta, lo que lleva a que la automatización tenga que cumplir unas características específicas, aquí es donde entra el factor crucial que es la adquisición de datos, ya que con ella se puede determinar ciertos parámetros del proceso como el aumento o no de la eficiencia y la calidad del producto, también el funcionamiento de la instrumentación dispuesta en este proceso; ya sea que estén trabajando de manera óptima o no, también podríamos determinar el tiempo de trabajo continuo de los instrumentos y así su respectivo mantenimiento.

Cabe agregar que este sistema de supervisión y control proporcionara una disminución en la cantidad de trabajo dispuesta al operario a cargo del monitoreo de la temperatura en los silos de secado, ya que además de esto debe manejar las válvulas de vapor encargadas del secado de estos productos nuez y almendra, el operario debe estar observando otros procesos en el área de palmisteria de la empresa, esto no quiere decir que no se monitoreara el sistema ya que en el cuarto de control se podrá observar las temperaturas dentro de los silos pero sin influenciar el proceso.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema supervisorio que permita monitorear y controlar en tiempo real las variables que intervienen en los silos de secado de nuez y almendra.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Recopilar información sobre el actual proceso de palmistería, haciendo énfasis en las variables que intervienen en los silos de nuez y almendra en los cuales se el secado de estos, y su importancia en la obtención del producto final.
- Definir la estrategia de control requerida, basado en las variables del proceso.
- Definir los elementos de control, PLC, el protocolo de comunicación y scada requeridos para el desarrollo del sistema supervisorio.
- Desarrollar la programación del plc y la interfaz gráfica requerida.
- Establecer presupuesto de la implementación del proyecto.

1.5 ALCANCES Y DELIMITACIONES

Este proyecto tiene como alcance la elaboración de un sistema de supervisión y control de temperatura en el área de palmisteria de la empresa PALNORTE S.A.S, se deberá establecer una comunicación con el cuarto de control de la planta, donde esta pueda monitorear en tiempo real las variables físicas en los silos de secado de este proceso con el fin de aumentar la eficiencia de la planta en esta parte en específico, junto con la calidad de estos productos.

1.5.1 Limitaciones

- La dificultad de acceso a la zona para realizar mediciones constantes.
- Equipos de medición adecuados referentes a la instrumentación de proceso que permitan obtener datos más precisos para una mayor exactitud en el diseño.

1.5.2 Delimitaciones

El proyecto se realizará para la empresa PALNORTE SAS en el área de palmisteria específicamente en los silos de secado de nuez y almendra, con su respectivo sistema de alarmas y comunicación al cuarto de control de la planta, además este proyecto se centrará en el diseño.

1.5.2.1 Temporales:

El proyecto será ejecutado en un periodo de 6 meses una vez aprobado su inicio de ejecución.

1.5.2.2 Espaciales:

El proyecto se realizará en la empresa PALNORTE S.A.S ubicada en el municipio de Tibú específicamente en el área de palmistería.

1.5.2.3 Muestra:

El proyecto se aplicará tomando como máquinas de proceso los silos de secado y su contenido para el cual se diseñará el sistema de control.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes y Estado del Arte

El proceso de la recolección de información sobre autores, tesis guías de trabajo sobre el desarrollo de sistemas automáticos aplicados a la industria de aceite de palma, tanto en las industrias nacionales como internacionales nos da un gran indicativo de cómo ha ido progresando la industria en estos temas de automatización con el pasar del tiempo.

A continuación, se mencionan algunos proyectos realizados:

- Título “SISTEMA DE CONTROL DEL DESFRIBRADOR”

Autor: Nicholas B.H.

Fecha: 1998 en la revista palmas, volumen 19, número especial.

Una de las áreas en donde puede haber pérdidas de almendra es en el desfibrador, donde un registro apagador controla la cantidad de aire de succión, es decir, la velocidad de levante requerida. Como el registro apagador está ubicado por encima del nivel del piso, el operador tiene que montarse para cambiar su posición. Si una prensa de tornillo deja de operar, también se succionan junto con la fibra nueces enteras y partidas y esto conduce a grandes pérdidas. Un sistema automático de control puede instalarse a muy bajo costo, y este regulará automáticamente la posición del registro apagador con relación al número de prensas de tornillo sinfín que están en operación, asegurando así el buen control con un período de retorno de pago rápido. “SISTEMA DE CONTROL DEL SOPLADOR” una de las áreas en donde se puede perder almendras es en el Soplador, donde un registro agitador deja de operar, se succionan almendras enteras y rotas con la cascara y esto conlleva a grandes pérdidas. Un sistema automático de control regula la posición del registro apagador

con relación al número de rompedores de nueces o de agitadores que estén en operación, asegurando así buen control con un período rápido de retorno.

- Título: “AUTOMATIZACIÓN Y SUPERVISIÓN DE PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA”

Autores: Joan Feyder Barrera Cuervo y Juan Carlos Vargas Barrera

Fecha: abril 19, 2010

Aporte: La mezcla sólida del prensado es separada por medio de una columna de aire la cual separa las fibras y las envía a la caldera por medio de transportador sinfín para ser utilizadas como combustible en las calderas, la semilla o nuez es mandada a los quebradores donde se clasifica por tamaño y es alimentada a cualquiera de los tres quebradores, después de quebrada la nuez se procede a separar la almendra de la cáscara por medio de un ciclón, la almendra es mandada a un secador donde se le elimina la humedad para luego ser almacenada con una humedad no mayor del 5 % y la cáscara es enviada por medio de un transportador sinfín a la caldera para ser utilizada como combustible. La almendra producida se prensa y se extrae 40 % de aceite sobre almendra y 50 % harina sobre almendra y un 10 % humedad sobre almendra.

2.2 Marco Teórico

El control de procesos es un rama de automatismo el cual en los último años ha llegado a ser uno de los estudios y aplicaciones más utilizadas en la industria, dado a que presenta grandes expectativas tanto en el ámbito de eficiencia como en la calidad de los productos, Para esto debemos hablar de un mejoramiento en una parte del proceso la cual consta de agregar al PLC que

ya tiene la empresa, el control de las válvulas que pueden ser electroválvulas, válvulas proporcionales, válvulas motorizadas u otra forma, cada silo consta de tres válvulas manuales las cuales están a disposición del operario, este por consiguiente debe mantener la temperatura entre 85 C^0 y 90 C^0 , lo que ocasiona que la humedad del producto disminuya y así su precio aumente, este proceso va estar monitoreado por unos sensores de temperatura los cuales le envían la señal a un PLC y este da la orden de abrir o cerrar alguna de las electroválvulas, cabe agregar que este sistema va ir conectado al panel de control en el cual va ser monitoreado todo el tiempo necesario, esto quiere decir que mientras el sistema este activado este podrá ser monitoreado.

Se debe tener en cuenta que antes de llegar al área designada del sistema supervisorio y de control, existen otras áreas importantes que se deben tener muy en cuenta por eso a continuación las enunciare para tener una idea más clara de lo que se quiere llegar al producto final.

2.2.1 Extracción de aceite de palma africana

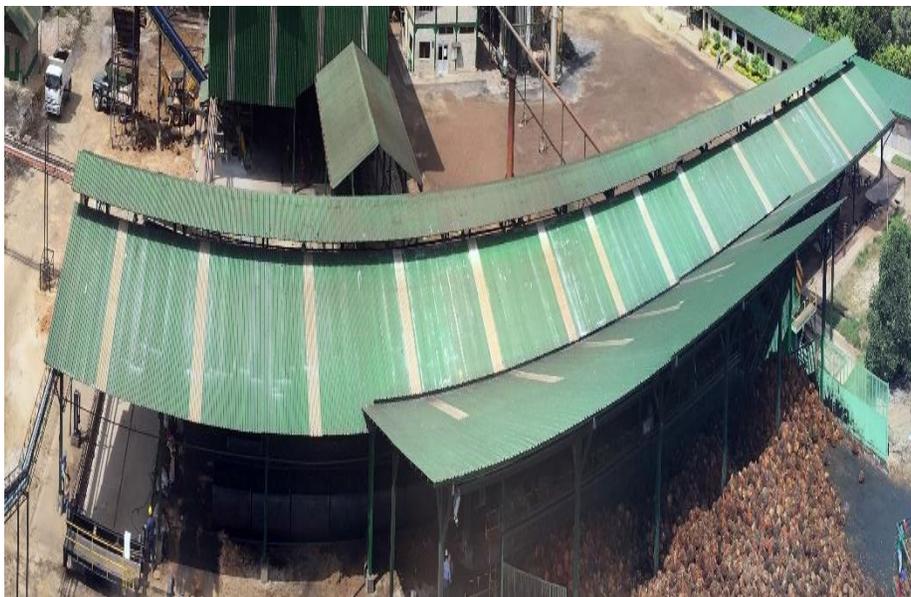
La extracción de aceite de palma africana es un proceso complejo que se compone de diferentes etapas destinadas a la separación de los componentes del fruto producido por la palma. La capacidad de una planta extractora se mide en toneladas de racimo de fruto fresco por hora TRFFH, esta medida representa el total de fruto entrante en planta lo cual incluye racimo, semilla y carnosidad.

2.2.2 Recepción de fruto

La primera etapa del proceso es la recepción de fruto cortado de la palma, al ingresar a la planta el fruto es pesado en una báscula tras lo cual pasa a un patio de acoplo para ser revisado por un

calificador el cual analiza el estado del fruto y le da una calificación dependiendo de varios factores que muestran su estado. Después de esta evaluación el fruto pasa a ser depositado en una tolva de la cual pasará a unos transportadores de cadena que los distribuyen en unas vagonetas

Figura 1 Tolva de recepción del fruto



Fuente: Tomada en la empresa Palnorte SAS

2.2.3 Esterilización

Después de encontrarse almacenados en las vagonetas el fruto pasa a ser cocinado en autoclaves los cuales realizan varios ciclos de subida y bajada de presión hasta llevarlo al ciclo de sostenimiento en 40 PSI, en esta etapa se elimina la Lipasa evitando el aumento de la acidez y la afectación en el aceite final, además con las variaciones de presión se mejora la separación de la cascara de la almendra. Tomado de la referencia (Cuervo J & Barrera J, 2010)

Figura 2 Esterilizador



Fuente: (Cuervo J & Barrera J, 2010)

2.2.4 Desfrutación

Después de cocinado el fruto este pasa ser transportado hasta un desfrutador o desgranador el cual consiste en un tambor giratorio encargado de centrifugar el fruto cocinado con el fin de separar las pepas de fruto adheridas al racimo, el racimo es enviado a una prensa de Raquis la cual extrae el aceite adherido y adecua el racimo para ser utilizado en la industria del compost con el fin de preparar abono Orgánico, por otra parte, la pepa es enviada a la siguiente etapa del proceso. (Cuervo J & Barrera J, 2010)

Figura 3 Tambor desfrutador



Fuente: (Cuervo J & Barrera J, 2010)

2.2.5 Extracción

Después de pasar por el desfrutador la pepa es llevada a la etapa de extracción, esta etapa consiste en un proceso de digestado y prensado, en los digestores se añade vapor y el fruto es golpeado por las aspas internas del equipo con el fin de ablandar y hacer más fácil la extracción de aceite, después de estar un tiempo en el digestor el fruto pasa a la prensa en la cual es comprimido por unos tornillos internos y unos conos frontales, estos conos empujan el fruto al interior logrando la salida de aceite del fruto que es separado en unas canastas filtrantes y obteniendo a la salida frontal de la prensa el bagazo sobrante sin aceite. (Cuervo J & Barrera J, 2010)

2.2.6 Clarificación

El aceite resultante de la etapa de extracción es filtrado por unos tamices vibratorios después de lo cual pasan a las etapas de separación de aceite, en esta etapa el aceite tiene dos separaciones, la primera es la separación estática que consiste en utilizar clarificadores y sedimentadores lo cuales son tanques con serpentín interno en los que fluye vapor, el aceite se calienta decantando los sólidos y lodos pesados dejando en la capa superior el aceite en su estado puro, después de ser separado, el aceite pasa por un secador en vacío el cual extrae el exceso de humedad, posteriormente es enviado a los tanques de almacenamiento final.

En el proceso se generan condensados y residuos los cuales pasan por un sistema de bombeo y separación en un florentino, en estos tanques se calienta por un serpentín para realizar una nueva separación y recuperar el aceite, esta separación es enviada a unas centrifugas las cuales realizan separación dinámica recuperando el aceite con mínima contaminación.

Figura 4 Clarificación



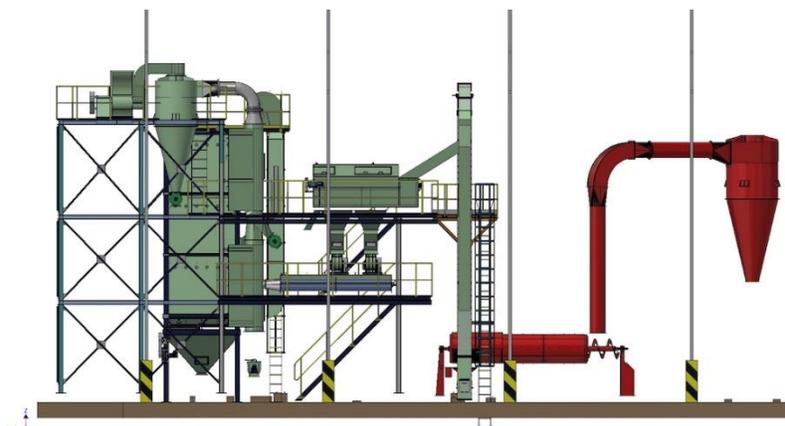
Fuente: (Cuervo J & Barrera J, 2010)

2.2.7 Palmistería

El bagazo sobrante de la extracción de aceite se conoce como torta de prensado, este es enviado por un sinfín rompe torta la cual rompe los bloques formados con el fin de separar la nuez de la fibra, la nuez es enviada a un silo en el cual se inyecta vapor con el fin de secar la nuez. La nuez que sale del silo secador pasa por un proceso de rompimiento en el cual se extrae la cascarilla y la almendra, la almendra es enviada a un silo en el cual se le inyecta vapor directo para secarla y posteriormente ser vendida.

La fibra sobrante del proceso de palmisteria es enviada a la caldera utilizándose como combustible para la generación de vapor, la cascarilla es enviada a un silo de almacenamiento para ser vendida posteriormente.

Figura 5 Diseño en corte de palmistería fecha 2016



Fuente: Puerto Gaitán Meta, Colombia Cliente: Sapuga SA

2.2.8 Generación de vapor

Para el proceso de extracción de aceite es necesario alimentar con vapor las diferentes áreas de proceso, este vapor se genera utilizando una caldera de biomasa la cual es alimentada por los residuos de planta lo cual cierra el ciclo de extracción aprovechando todos los diferentes componentes que se generan. (Cuervo J & Barrera J, 2010)

Figura 6 Caldera de biomasa



Fuente: Onenergy-global.com/catálogos/CALDERA-INDUSTRIAL-BIOMASA

2.2.9 Planta de tratamiento de aguas

Para la distribución adecuada de agua en los diferentes puntos de proceso se tiene una planta de tratamiento de aguas industriales PTAI, en esta se trata el líquido recibido de la captación primaria, el agua es tratada añadiendo varios químicos como coagulantes, floculantes y cloro con los cuales se busca disminuir los niveles de sal y hierro, este proceso se realiza debido a los requerimientos para la correcta operación de la caldera y la distribución en los puntos de proceso. Tomado de la referencia

2.3 Silos de secado

En la etapa de palmistería se encuentran ubicados 3 silos de secado correspondientes al secado de nuez y el secado de almendra, estos silos cumplen la función de mantener los niveles adecuados de humedad que permitan realizar correctamente el proceso de separación en las siguientes etapas. (L V & Durvvin , 2007)

Figura 7 Silo de secado de nuez/almendra



Fuente: Tomado de la empresa palnorte

2.3.1 Silo secado de Nuez

Este silo se encarga de mantener los niveles adecuados de humedad en la nuez con el objetivo de garantizar una correcta separación del cuesco y la almendra en los procesos de palmisteria, este silo funciona por medio de la inyección de vapor por 3 radiadores ubicados en sus costados laterales, el vapor ingresa a una presión nominal entre 80 y 100 PSI a una temperatura aproximada de 140 °C, el vapor pasa por los radiadores calentando el aire de ingreso que es impulsado por un ventilador de la empresa PTM INDUSTRIES SDN BHD, se requiere cambiar este método por unos sensores conectados a un plc el cual controla las electroválvulas y por consiguiente la temperatura dentro de los silos.

Un aporte que podemos encontrar en el artículo *de AUTOMATIZACION Y SUPERVISION DE PLANTA ETRACTORA DE ACEITE DE PALMA. De los señores Joan Feyder Barrera Cuervo, Juan Carlos Vargas Barrera (abril 19, 2010)* es “La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo. El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. En ella se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y de las almendras o del palmiste. El proceso consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante. De las almendras se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste que sirve para alimentos animal.”

“El aceite de palmiste, como co-producto, tiene una estrecha relación con el aceite de palma crudo. En Colombia, por cada 1.000 kg de aceite de palma crudo se obtienen alrededor de 76 kg de aceite de palmiste, mientras que en Malasia por cada 1.000 kg de aceite crudo se obtienen 120

kg de aceite de palmiste. La razón de esta diferencia es que en Colombia se tiene una menor recuperación de palmiste (4,05% contra 5,7%) y se tiene una mayor extracción de aceite (21,7% contra 19,82%, respectivamente).” *PALMAS, Volumen 19, Número Especial, 1998 (MEJORAMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE) German Rubiano*

2.4 Marco Legal

Para la presente propuesta contiene elementos de desarrollo de las siguientes normas y reglamentos NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2050 1998-11-25, ISO 9001(2015), Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 30 de agosto de 2013, Normas ANSI / ISA Para Instrumentación 13 de julio 1992, Tiegelkamp, M. y John, KH (1995). IEC 61131-3: Programación de sistemas de automatización industrial. Springer-Verlage BH, Nueva York.

- La NTC código eléctrico colombiano (CEC) está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales, es por eso que Cualquier análisis que pretenda realizarse en el campo científico y tecnológico, debe obligatoriamente enmarcarse en los parámetros de la globalización establecidos a nivel mundial. Por esta razón, el trabajo que se presenta bajo el contexto de Código Eléctrico Colombiano no puede ser ajeno a esta premisa. Y este influye tanto las acometidas como instrumentos eléctricos, pero teniendo como un fin salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.
- ISO 9001 Es una norma internacional elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones

públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Se trata de un método de trabajo excelente para la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente. (2015)

- El RETIE En cumplimiento del artículo 2° de la Constitución Nacional, les corresponde a las autoridades de la República proteger a todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra y bienes. En tal sentido el Ministerio de Minas y Energía como máxima autoridad en materia energética, adopta los reglamentos técnicos orientados a garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos que puedan provenir de los bienes y servicios relacionados con el sector a su cargo.

Se establecen los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico, para esto se han recopilado los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad.

- ISA 5.1 simbología e instrumentación El propósito de esta norma es establecer un medio uniforme de designación los instrumentos y los sistemas de la instrumentación usados para la medición y control. Es por esto que es muy utilizada en los esquemas y diseños de control en la industria.
- IEC 61131-3 es el estándar internacional para controladores lógicos programables (PLC) este define lenguajes de programación, gráficos y dos lenguajes textuales, en este podremos

encontrar diagramas de contactos, diagrama de bloques de funciones, instrucciones, bloques de funciones secuenciales.

2.5 Marco Conceptual

2.5.1 Control en la Administración

El control de procesos se ha vuelto un campo de suma importancia en la industria debido a la gran demanda de los productos en el mercado tanto nacional como internacionales es por eso que se busca una manera de organización en la formulación de propuestas tales como la realización en la realización de diseños aplicados a la automatización, ya que puesto esto en marcha la organización se convertiría en un factor clave, llegando al punto de que si no se tiene en cuenta al momento de la elaboración del diseño y de su futura implementación, esto ocasionara demoras y dificultades en la realización de estos.

2.5.2 Sistemas de información – Sistemas de información web

Se puede definir como el conjunto de datos o guías relacionadas con el trabajo automático en las plantas como por ejemplo los artículos de la revista palmas, donde se pueden apreciar como cada año aumenta tanto en la estructura física como en la tecnológica y por consiguiente el aumento en la automatización.

La sistematización se justifica si ésta optimiza la eficiencia del proceso, es decir si aumenta la productividad, reduce los costos de producción, mejora la calidad del producto y garantiza la

adopción de normas de seguridad que cumplan con el reglamento estatutario de seguridad industrial. Desde el punto de vista de la supervisión, control y manejo, las plantas extractoras ofrecen excelentes oportunidades de sistematización. Los procesos de las plantas extractoras generalmente carecen de control sistematizado y la administración se ha dado cuenta de que el control sistematizado del proceso, cuando se aplica correctamente, puede ofrecer excelentes beneficios (publicaciones.fedepalma.org, Nicholas B.H. 1998)

3 Diseño Metodológico

Recopilar información sobre el actual proceso de palmistería, haciendo énfasis en las variables que intervienen en los silos de nuez y almendra en los cuales se el secado de estos, y su importancia en la obtención del producto final.

Actividad: Recolección de información del actual proceso de palmisteria en PALNORTE.

Metodología: Se elaborará un instrumento de recolección de información sobre el actual proceso de palmisteria en la planta, adicionalmente se requerirán los planos y/o mímicos del proceso de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control que permitan esclarecer el proceso.

Definir la estrategia de control requerida, basado en las variables del proceso.

Actividad: Seleccionar entre las variables del proceso (temperatura, humedad, presión de vapor que ingresa a los silos) una estrategia de control.

Metodología: observar las variables que influyen el proceso de secado de la nuez y la almendra, y así establecer una estrategia de control, que pueda manipular cada una de ellas o solo una.

Definir los elementos de control, PLC, el protocolo de comunicación y scada requeridos para el desarrollo del sistema supervisorio.

Actividad: Tomar un listado de los instrumentos de control y comunicaciones que posee la empresa PALNORTE.

Metodología: Al saber que instrumentación y control posee la empresa PALNORTE, se puede definir cuáles serían los elementos faltantes para la elaboración del sistema de

supervisión y control, y por consiguiente el scada del mismo, Y así empezar a desarrollar el sistema supervisorio.

Desarrollar la programación del PLC y la interfaz gráfica requerida.

Actividad: Definir la programación adecuada al PLC establecido y la interfaz gráfica que mejor represente el proceso y las variables a controlar.

Metodología: al definir el PLC el cual puede ser uno dado por la empresa o uno encargado específicamente para este sistema de supervisión y control, se continua con la programación del mismo, cumpliendo todos los estándares establecidos tanto el lenguaje de programación que se vaya a utilizar como en los protocolos de comunicación, la interfaz deberá contener todas las variables que influyen el proceso como el tiempo de funcionamiento de todos los instrumentos y las que están internas en los silos de secado de nuez y almendra.

Establecer presupuesto de la implementación del proyecto.

Actividad: Realizar una lista de todos los materiales necesarios para la elaboración del sistema de supervisión y control.

Metodología: Investigar el precio de todos los materiales que componen el sistema de supervisión y control, claro exceptuando los que posiblemente ya posee la empresa, además de esto se debe escatimar el valor monetario de la elaboración de este sistema ya que el encargado de realizarlo recibirá un pago conveniente al trabajo.

3.1 Fuentes de Recolección de la Información

3.1.1 Fuentes de Información Primarias

Las fuentes de información primaria son todas aquellas personas que están involucradas de cierta manera con la implementación de automatización de procesos industriales y diseños de los mismos y que debido a sus estudios realizados y su experiencia en campo, logran ofrecer de manera concreta y veraz información invaluable al diseño a realizar ellos son:

- Ingeniero especialista, coordinador de soporte técnico en la empresa Palnorte SAS: José Nereo Ávila Guerrero
- Ingeniero especialista, docente de la UFPS: Roni Mauricio Jaya Camacho

3.1.2 Fuentes de Información Secundarias

Para el desarrollo del trabajo se procede a la consulta de información relevante en las siguientes fuentes que catalogue como secundarias, esto con el fin de revisar lo que se ha dicho sobre sistemas de automatización aplicado a las empresas extractoras de aceite de palma.

- Revistas de Fedepalma: los volúmenes mencionados en la referencia bibliográfica como por ejemplo los de Nicholas B.H.
- Artículos publicados en internet los cuales sirvieron para dar ideas claras, en la elaboración de diseños de esta clase.
- Tesis de grado: Alojadas en la Biblioteca Eduardo Cote Lemus de la UFPS y alojadas en los repositorios de internet.

3.2 Metodología de Desarrollo

Para la elaboración de este diseño se ha elegido utilizar los softwares como AutoCAD y el lenguaje ladder para la comunicación con el sistema, cabe agregar que como esta en la parte diseño aún no se han definido parámetros en la elaboración ya que la forma de comunicación depende de la instrumentación que posea la empresa.

Las características principales en el diseño es que un sistema de supervisión y control lo que significa que se deben seleccionar unos sensores los cuales enviaran una señal de voltaje al plc, y este dependiendo de esta dará la orden a proseguir la cual depende de la variable que se haya escogido en el proceso de control, esto significa que los sensores deberán enviar una señal de voltaje y el plc deberá reconocerla y actuar dependiendo del control al que este programado ya sea on/off, proporcional o proporcional integral derivativo, como dato especial se debe saber que para este tipo de procesos lo más factible es utilizar un control proporcional u on/off ya que es más sencillo y la variable más fácil a manejar seria la temperatura pero eso se definirá después.

4. Desarrollo del Proyecto

4.1 Recopilar Información

RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE EL ACTUAL PROCESO DE PALMISTERÍA, HACIENDO ÉNFASIS EN LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LOS SILOS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LOS CUALES SE EL SECADO DE ESTOS, Y SU IMPORTANCIA EN LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL.

Se desarrolló una entrevista como herramienta de recolección de información, aplicada al ingeniero José Nereo Ávila Guerrero quien es el coordinador de soporte técnico de la planta PALNORTE SAS, con las siguientes preguntas.

¿Cómo se ejecuta el proceso de secado de la nuez y almendra en planta?

El proceso de secado se realiza por medio de un silo que almacena la nuez la cual recibe una inyección de vapor proveniente de la línea de caldera a 100PSI – 140°C.

Componentes de inyección de vapor para secado:

- 1 ventilador 22 KW
- 3 radiadores
- 1 distribuidor de vapor 6”
- 1 línea de conexión distribuidor de vapor a radiadores 1”
- 3 válvulas de regulación tipo globo 1”

El proceso consiste en la inyección de aire caliente a los silos utilizando un ventilador con ductos que distribuyen a 3 radiadores por los cuales circula vapor proveniente del distribuidor para silos de secado.

El área de laboratorio toma muestras de proceso con las cuales se toman determinaciones de calibración en la apertura de válvulas de vapor o tiempos de descarga.

El proceso es en mismo en los silos de secado de almendra y de nuez variando la apertura de válvulas para ingreso de vapor según indicaciones del área de proceso.

¿Cuál es el producto obtenido?

Etapas secada de nuez: Nuez seca, nivel de humedad inferior que permite óptimo rompimiento del casco.

Etapas secada de almendra: almendra con nivel de humedad adecuado para la extracción de aceite de palmiste

¿Cuál es la maquinaria y equipos necesarios para la obtención del producto?

Equipos silo secado de Nuez:

- 1 ventilador 22 kW
- 3 radiadores
- 1 distribuidor de vapor 6"
- 1 línea de conexión distribuidor de vapor a radiadores 1"
- 3 válvulas de regulación tipo globo 1"
- 1 válvula de ingreso a distribuidor tipo bola 2 – ½"

- 1 válvulas para purga tipo bola 1 – ½”

Equipos silo secado de Almendra:

- 1 ventilador 22 KW
- 3 radiadores
- 1 distribuidor de vapor 6”
- 1 línea de conexión distribuidor de vapor a radiadores 1”
- 3 válvulas de regulación tipo globo 1”
- 1 válvula de ingreso a distribuidor tipo bola 2 – ½”
- 1 válvulas para purga tipo bola 1 – ½”

Equipos etapa de palmistería:

- Silo secado de nuez
- Sinfín transporte nuez seca
- Columna despedrega dora
- Tambor clasificador de nuez
- Rompedores de nuez
- Columna separadora de cascarilla
- Silo secado de almendra

¿Qué variables intervienen en el proceso de secado de la nuez y almendra?

Variables que afectan el proceso de secado

- Presión de vapor en distribuidor

- Tiempo de residencia de la nuez o almendra en el silo de secado
- Apertura de dámper ingreso de vapor a radiador
- Apertura de Válvulas ingreso de vapor a radiadores

¿Cómo está actualmente el proceso en el área de palmisteria específicamente en el secado de la nuez y almendra?

El proceso se controla de forma manual, los operarios de proceso modifican la apertura de las válvulas de vapor según indicaciones del área de operaciones por las medidas tomadas y resultados entregados por los análisis de laboratorio.

¿En los módulos de entradas y salidas análogas y digitales del PLC instalado en el tablero de palmisteria existe posibilidad de conexión?

No existe módulo de entradas y salidas análogas en proceso, el proyecto consta de la instalación de una periferia descentralizada en la zona de proceso, este nuevo tablero tendrá la facilidad de ampliación para incluir mejoras futuras de proceso.

¿Existe espacio en el tablero de control para instalación de equipos y dispositivos?

El sistema propuesto no incluye la instalación de equipos en tablero, se requiere una conexión por red industrial a los switch en proceso los cuales tienen espacio para integrar.

Funcionamiento del silo

El secado de nuez y almendra es uno de los procesos más importantes ya que si la almendra o la nuez, conservan su humedad se pierden ciertos factores de calidad. Se pueden volver mohosas después de un tiempo relativamente corto. Además de eso se almacenan en estado húmedo la almendra aumenta su acidez en el aceite. (Ortiz Vásquez & Alzate Vargas, 2012)

Es por esto que el silo tiene la función de reducir la humedad del fruto de manera considerable, aproximadamente en un 6 o 7 por ciento, esto se logra manejando la temperatura en los silos de tal manera que se pueda secar sin afectar la integridad de la fruta, la temperatura necesaria para esto debe ser de 70 °C en la parte superior y 50 °C en la parte inferior, se debe tener cuidado con la temperatura ya que si esta se excede produciría un oscurecimiento del palmiste y una degradación en la calidad.

El silo está acondicionado de la siguiente forma, es vertical de sección cuadrada, construida en su parte inferior por cuatro tolvas en forma de tronco piramidal con un sistema de descarga compuesto por dos transportadores sinfín.

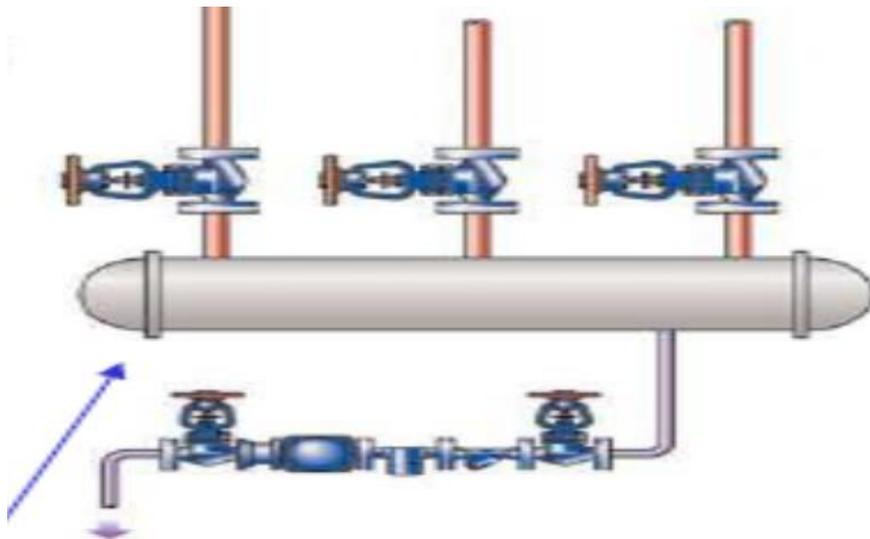
El silo funciona de la siguiente manera la cual empieza cuando llega la nuez y la almendra al elevador de fruto se almacena en unas bandejas al interior del silo las cuales son inyectadas con vapor caliente proveniente de la caldera de distribución de vapor, este llega a un dispositivo de calefacción que está constituido por un ventilador centrifugo, tres intercambiadores los radiadores que funcionan con vapor saturado a baja presión y tres conductos para la entrada de aire caliente al silo, esto gracias a tres válvulas reguladoras de temperatura. (Reyes Aristizabal & Mora Carrillo, 2013).

Figura 8 Ventilador centrífugo



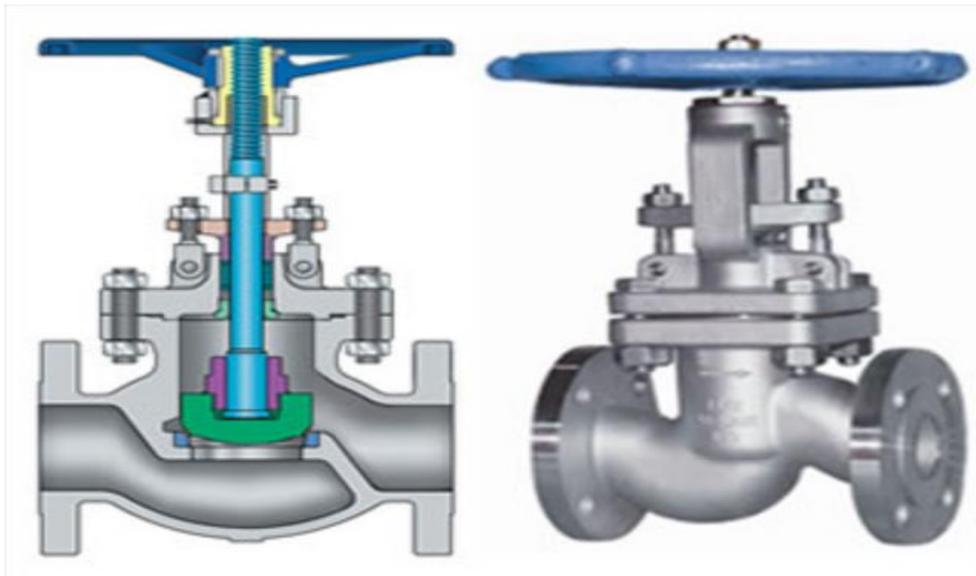
Fuente: GUTIERREZ F., J.M.; SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C.E., OROZCO H., C.A
(2012.56P, pagina 17)

Figura 9 Distribuidor de vapor



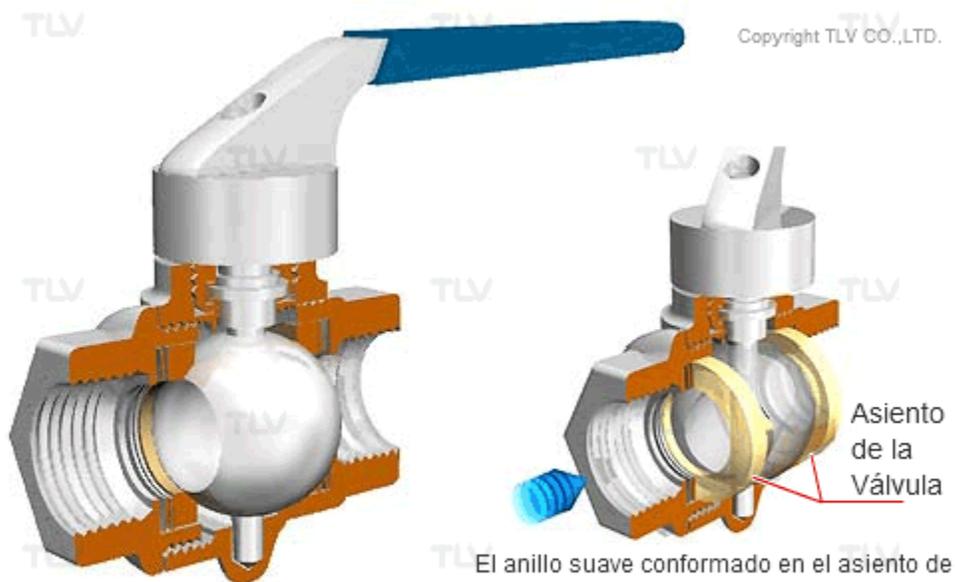
Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES
-FACULTAD DE INGENIERIA SISTEMAS DE TUBERIAS PARA VAPOR Y
CONDENSADO

Figura 10 Válvula tipo globo



Fuente: catalogo de TUVACOL tuberías y valvulas de colombia

Figura 11 Válvula tipo bola

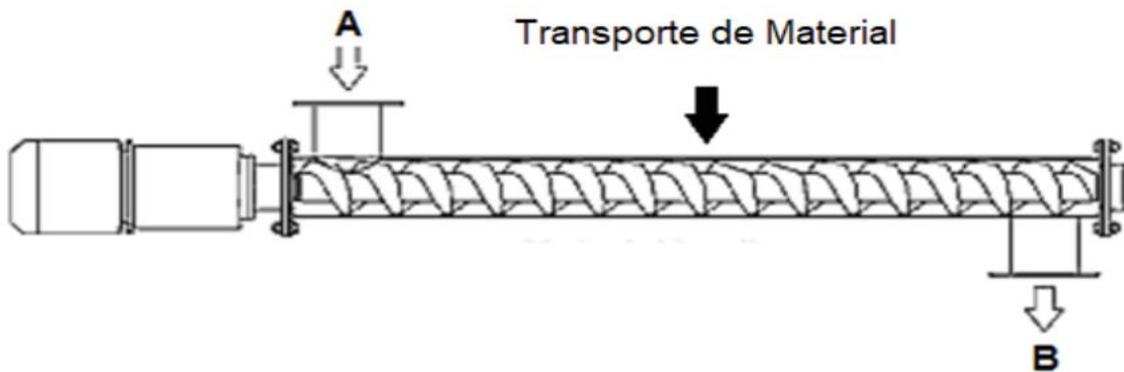


Movimiento de la palanca y de la válvula
(TLV modelo BB1N mostrado)

El anillo suave conformado en el asiento de la válvula puede ser deformado por la presión del fluido en contra de él, por lo que esta válvula no es la más adecuada para el uso en el control de caudal.

Fuente: catalogo de TUVACOL tuberías y valvulas de colombia

Figura 12 Transporte de Material



Fuente: Orellana, D. E. O. Escuela de Ingeniería Eléctrica Facultad de Ingeniería.

Sinfín transporte nuez seca

Placas de los motores utilizados en los silos

Sus funciones son el transporte de la nuez ya sea a dentro del silo y su salida correspondiente, además de eso encargados de la ventilación, lo cual es la introducción de aire al silo, con el fin de que este se caliente con el vapor proveniente de la caldera.

Figura 13 Placa del motor (ventilador centrifugo)

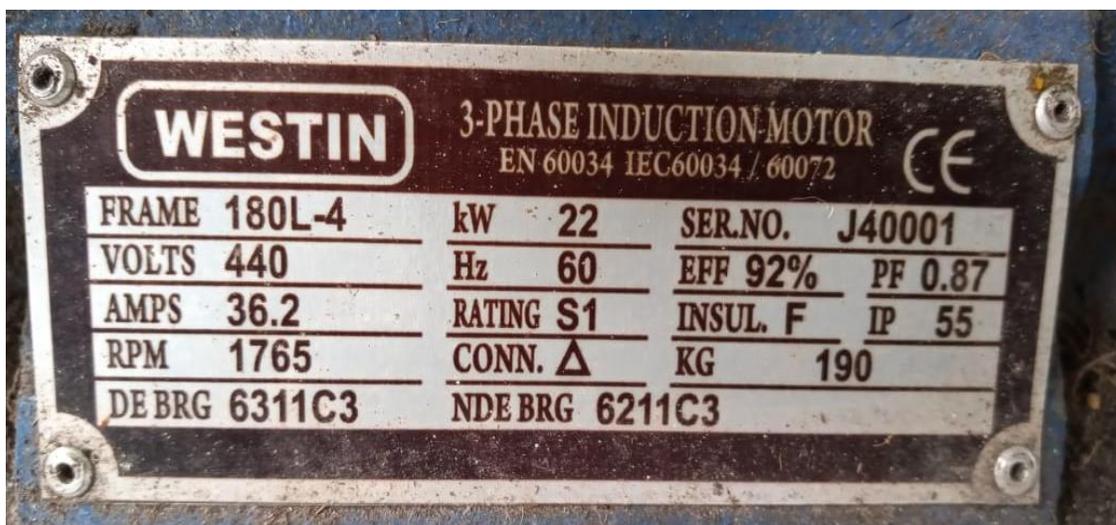


Figura 14 Placa motor del tornillo sin fin



Figura 15 Placa del motor (ventilador centrifugo)

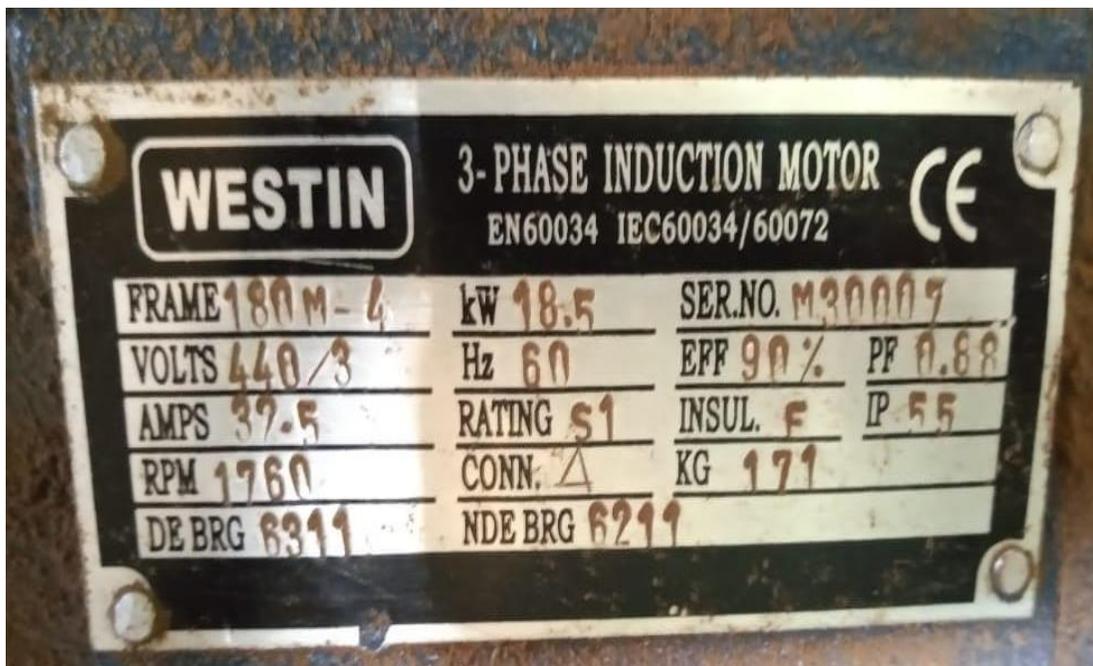


Figura 16 Placa del Motor para la ventilación del silo de almendra

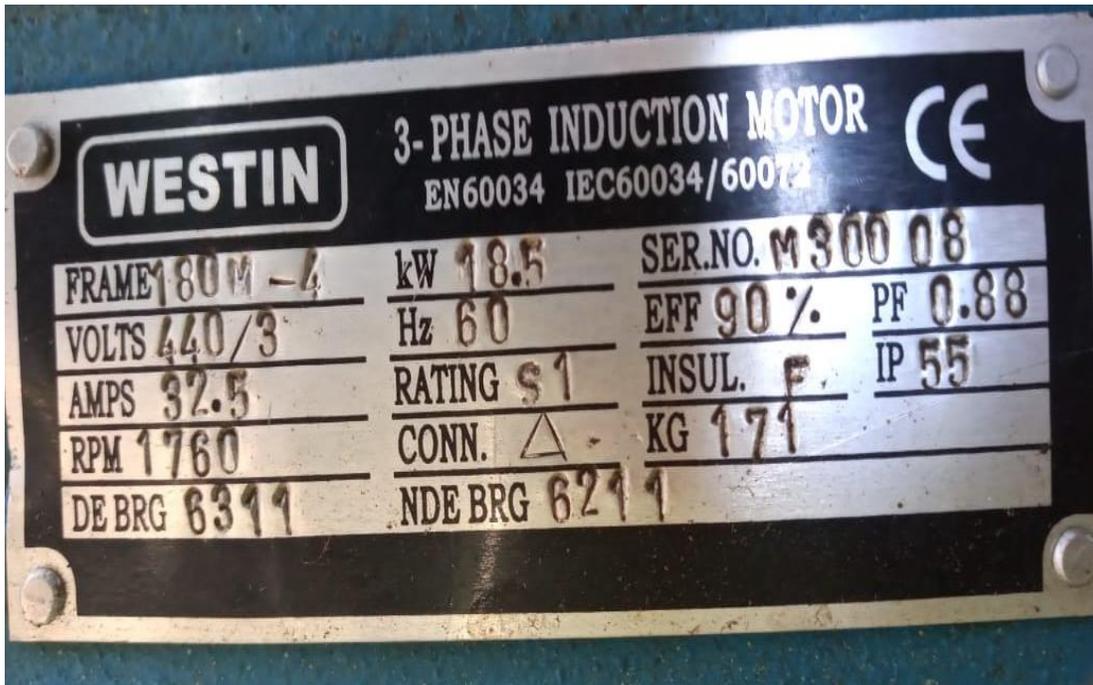


Figura 17 Placa del Rompedor de nuez

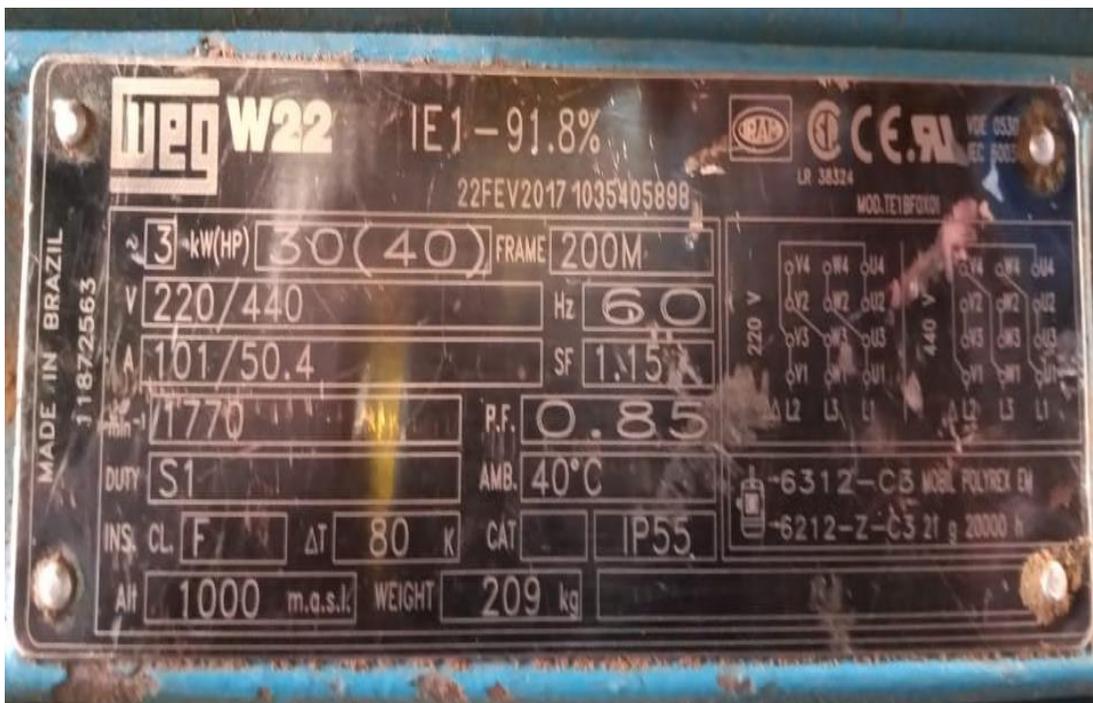
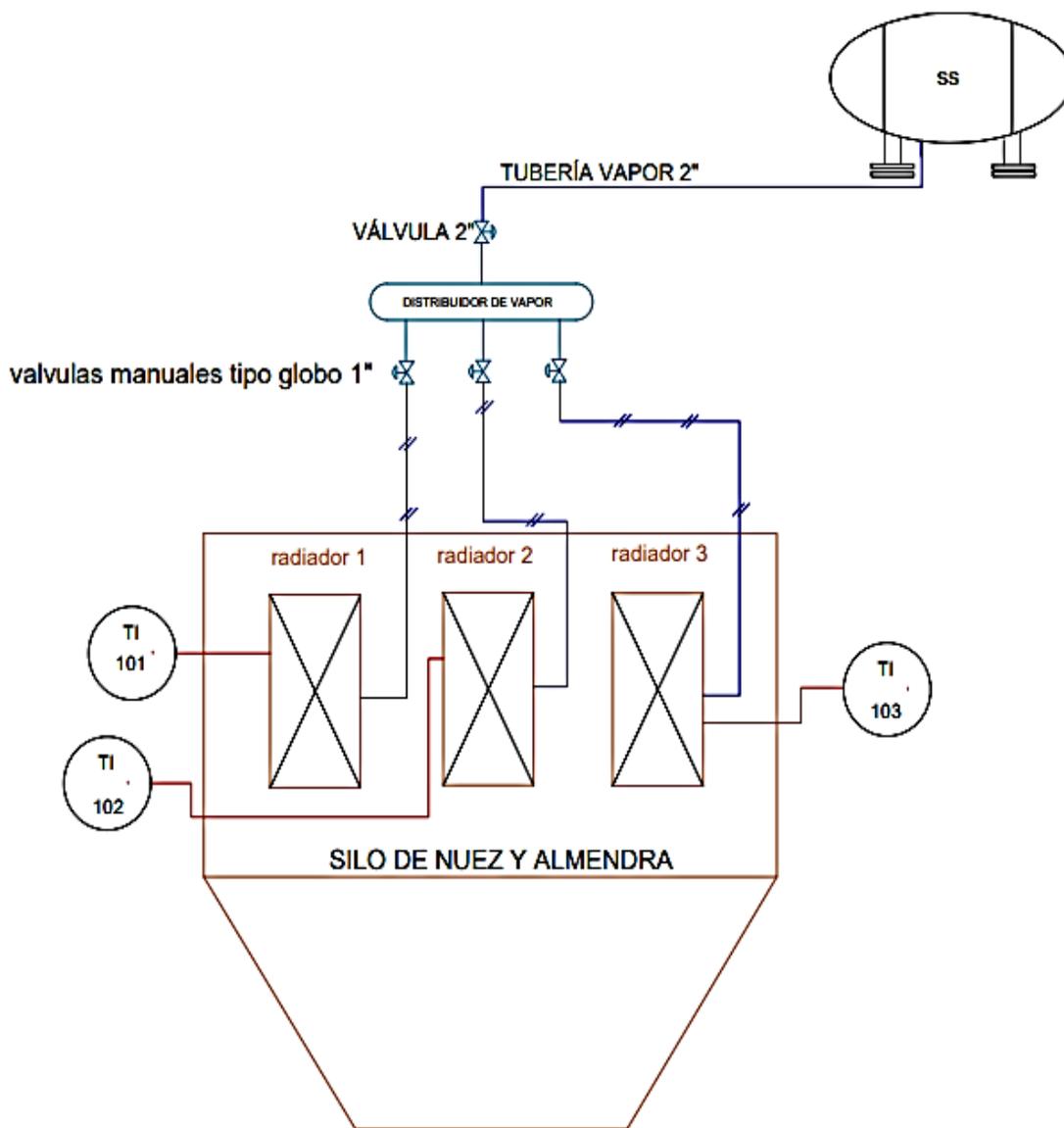


Figura 18 Diagrama P&ID del silo. Realizado en AutoCAD.



4.2 DEFINIR LA ESTRATEGIA DE CONTROL REQUERIDA, BASADO EN LAS VARIABLES DEL PROCESO.

Después de hacer un estudio sobre las variables que influyen en el proceso de secado de nuez y almendra, se puede definir una estrategia la cual permita el desempeño óptimo del proceso para así

lograr una correcta implementación del diseño, con algunos de los controles mencionados a continuación.

El paso a seguir es estructurar un control donde se puedan manejar ambas variables, y además se puedan monitorear cada una de ellas. Esto se puede lograr controlando la apertura y cierre de las válvulas que se dirigen a los radiadores al costado lateral de los silos, encargados de la distribución del aire caliente por vapor que ingresa a estos.

Dado a que la distribución de aire caliente dentro de los silos es simétrica podemos establecer un control de apertura y cierre de las válvulas, las cuales serán accionadas dependiendo de la temperatura dentro de los silos.

Para la variable de temperatura se obtendrá por unos indicadores que envían una señal eléctrica de 4 a 20 mA la cual será recibida por un autómata programable (PLC), el cual según su programación tomará la decisión del cierre o apertura de las electroválvulas.

Para la variable de presión de vapor solo se tendrán unos indicadores los cuales mantendrán alerta al operario encargado del monitoreo del proceso, puesto que la caldera entrega una presión variable de vapor a una temperatura determinada, al no ser constante y pertenecer a otra parte del proceso ajeno al área en específico, no se implementará un control a este.

En el mundo del control automático existe algo que se denomina estrategia de control, el cual está relacionado directamente con la distribución de equipos, los cuales funcionan bajo una aplicación o un proceso esto gracias a un circuito o estructura que sigue la información o señales del lazo, a continuación, se definen algunas de las estrategias de control más utilizadas en la

industria y se explicará cuál de ellas es la adecuada para el proyecto. (León A & Tabares Hurtado, 2019)

Control realimentado: es el más utilizado puesto que mide la salida en un lazo y luego actúa en el dispositivo de salida, esto quiere decir que esa información da una manera más clara de cómo debe ajustar su función y así llegar al punto deseado del proceso.

Control por actuadores en paralelo: para llegar rápidamente a un valor de set-point, se incorporan varios dispositivos de salida, actuadores, relés, válvulas servo accionadas.

Control por relación o razón de flujos: para realizar mezclas exactas entre determinados materiales, se debe determinar una razón de medida entre estos, y esta debe ir al controlador general, lo usual es 2 o más sensores y un actuador.

Control en serie o cascada: en este caso existe un controlador para la variable principal y otro para la variable secundaria, esto con el fin de garantizar y mejorar la dinámica de la variable manipulada (la cual es inestable) en perjuicio de la variable principal.

Control selectivo: seguridad para el entorno del terreno y para el operario, esto quiere decir que las variables van a trabajar en un rango de seguridad.

Control anticipativo: se mide una o varias variables de entrada y en el lazo y en base a estas funciones de datos se determina el trabajo del actuador.

Gracias a la información, se pudo concluir que la estrategia de control requerida para el proceso, es la de **control realimentado**. Ya que este nos permite modificar la función de los actuadores, en este caso las válvulas, con referencia a la variable de salida la cual es la temperatura dentro del silo, se deberá determinar la función de transferencia del silo respecto al cambio de temperatura ha razón del tiempo, y también la presión de vapor que ingresa a este.

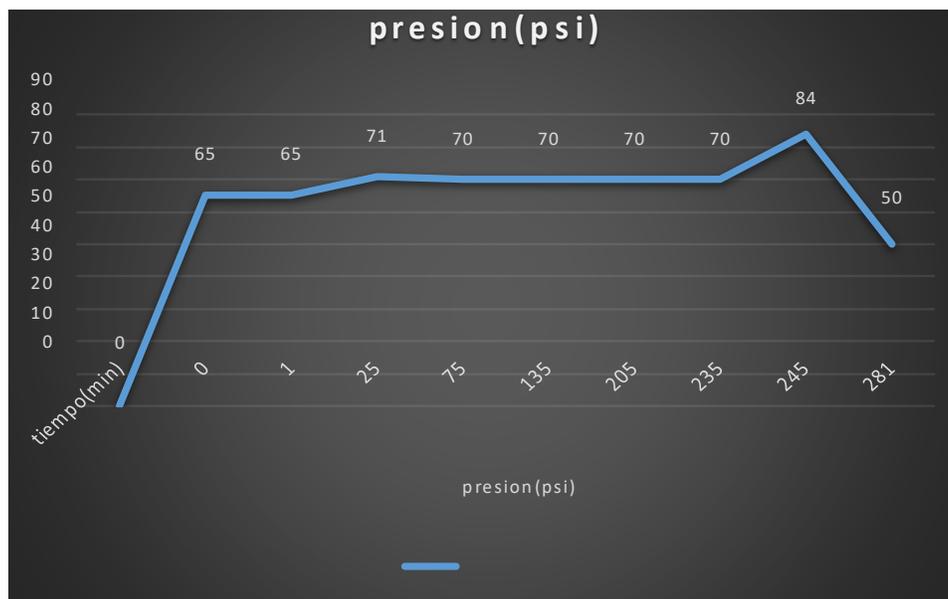
Para la presión se tendrá en cuenta cómo cambia esta y si esto influye de manera considerable al proceso. Dentro de la empresa existe una caldera encargada de almacenar el vapor de agua necesario para cualquier proceso dentro de la planta, además debe entregar ese vapor a una presión óptima (70 a 100) PSI y una temperatura (200 a 300) °C, se determinó la siguiente tabla de presiones la cual fue elaborada gracias a unas pruebas realizadas en la planta PALNORTE S.A.S. Presión de vapor que ingresa al silo.

Tabla 1 Tabla de Presión vs Tiempo

tabla de presión vs tiempo	
presión(PSI)	tiempo(min)
65	1
65	25
71	75
70	135
70	205
70	235
70	245
84	281
50	305

Fuente: Datos tomados en la empresa Palnorte SAS

Figura 19 Presión vs tiempo



Fuente: Datos tomados en la empresa Palnorte SAS

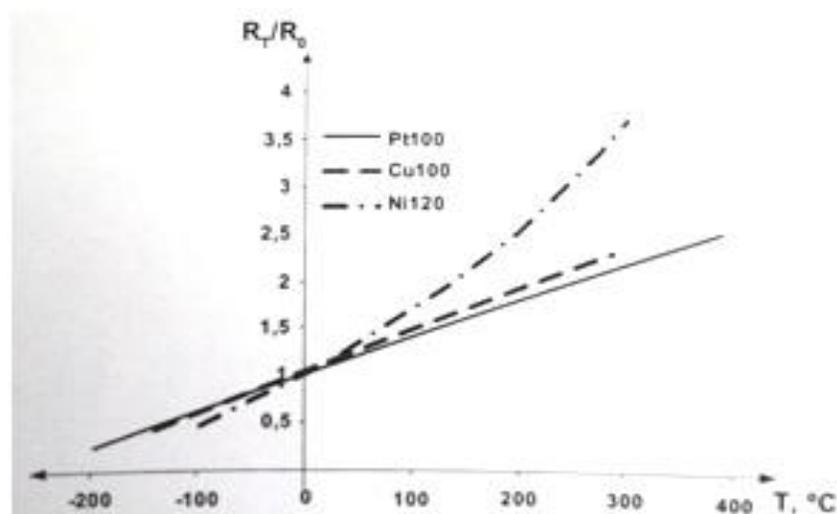
Se tendrá en cuenta la entrada de vapor (indicador de presión), con el objetivo de obtener más seguridad en esta parte del proceso, ya que si en llegado caso el producto no se secó bien o hay fallas en la cantidad de presión de vapor que ingresa al silo, podremos observar si el problema está antes del proceso dispuesto a controlar. Y así empezar la revisión de la caldera la encargada de la distribución de vapor en toda la planta.

Para el control de temperatura se debe recolectar datos y así determinar un modelo matemático que defina por completo la manera en que se comporta la temperatura con respecto al tiempo dentro del silo, además de eso con respecto a la presión de vapor que ingresa.

Obteniendo este modelo matemático se puede diseñar un controlador, que asegure llegar al set-point deseado obteniendo los mejores beneficios de este sistema y el fruto obtenga un correcto secado, se debe tener en cuenta el indicador de temperatura que va enviar una señal de 4 a 20 mA.

Instrumentos de control con su respectivo modelamiento matemático. Sensores

Figura 20 Grafica de varios sensores



Al ser más lineales los pt100 que el resto de los otros sensores. Es el indicado en sistemas donde se involucra el cambio de temperaturas. Y para la industria son uno de los más utilizados.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47

0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Modelo matemático de los sensores

$$R = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T + \dots + \alpha_n T)$$

La función en modo de incremento queda así:

$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

La función del sensor se transformada por medio de Laplace a una manera continua, y así integrarla al diagrama de bloques de Matlab.

$$f(t) = R_0 + \alpha TR_0$$

$$f(t) = 100 + 0.385T$$

$$f(s) = 100 l\{1\} + 0.385\{T\}$$

$$f(s) = \frac{100}{s} + \frac{0.385}{s^2}$$

$$f(s) = \frac{100s + 0.385}{s^2}$$

$$\alpha = \frac{Rt_2 - Rt_1}{(t_2 - t_1)Rt_1}$$

La ganancia K del sensor viene dada por:

Se toma el valor máximo de temperatura permitida en el silo 80 °C y se le agrega un 25% para un mayor análisis de datos. (100°C)

$$k = \frac{(20 - 4)mA}{(100 - 0)^\circ C} = 0.16 \frac{mA}{^\circ C}$$

R_0 = valor de resistencia cuando la temperatura es 0 °C 100 Ohm

α (platino) = 0.00385

Ecuación requerida para la caracterización de un sensor PT100 de 4 a 20 mA

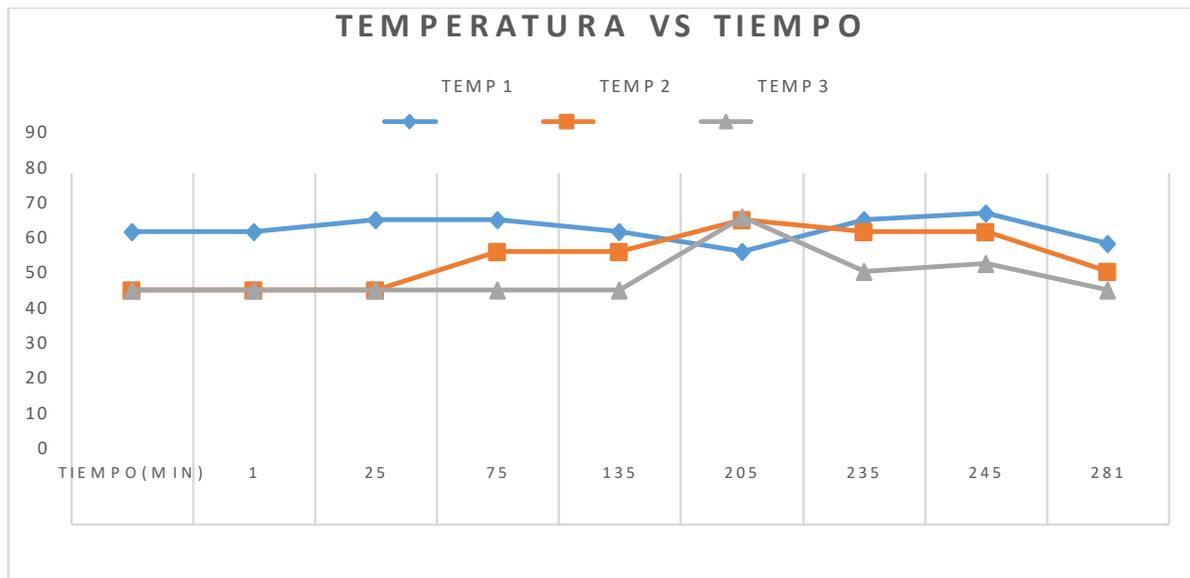
Secado dentro del silo

Tabla 2 Silo de Nuez

SILO DE NUEZ				
PSI	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TIEMPO
65	75	60	60	11:45
65	75	60	60	12:10
71	78	60	60	1:00
70	78	70	60	2:00
70	75	70	60	2:30
70	70	78	79	3:00
70	78	75	65	3:10
84	80	75	67	3:46
50	72	65	60	4:10

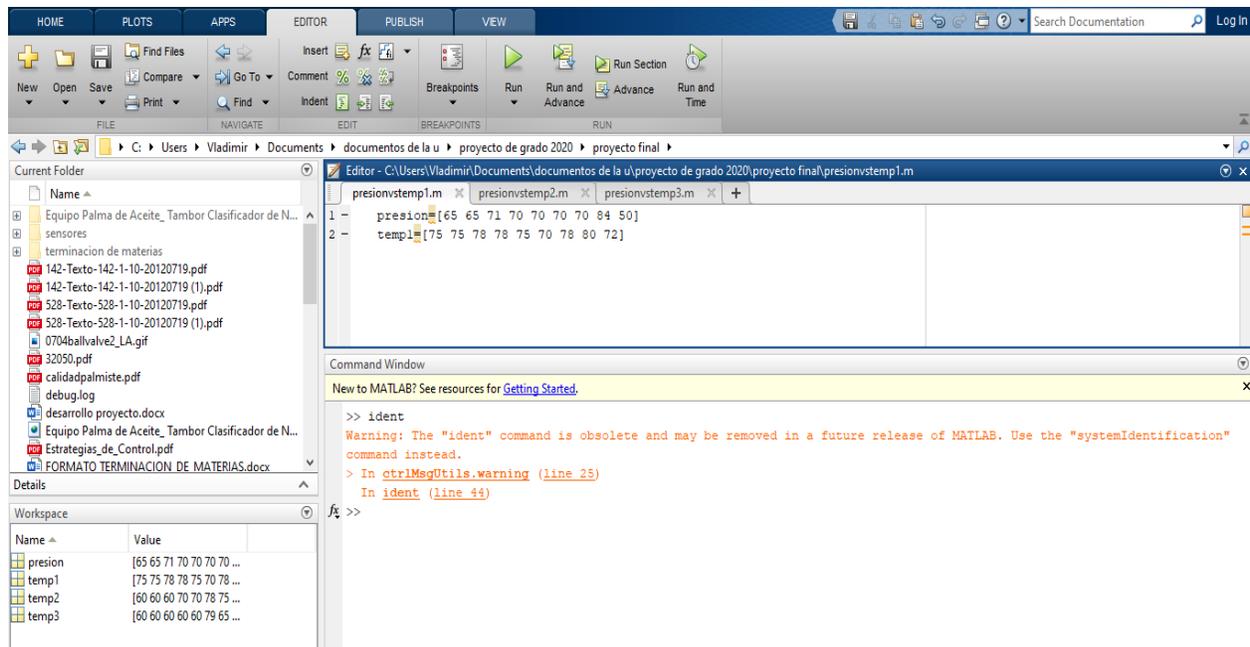
Fuente: la empresa Palnorte SAS

Figura 21 Temperatura vs Tiempo



Fuente:

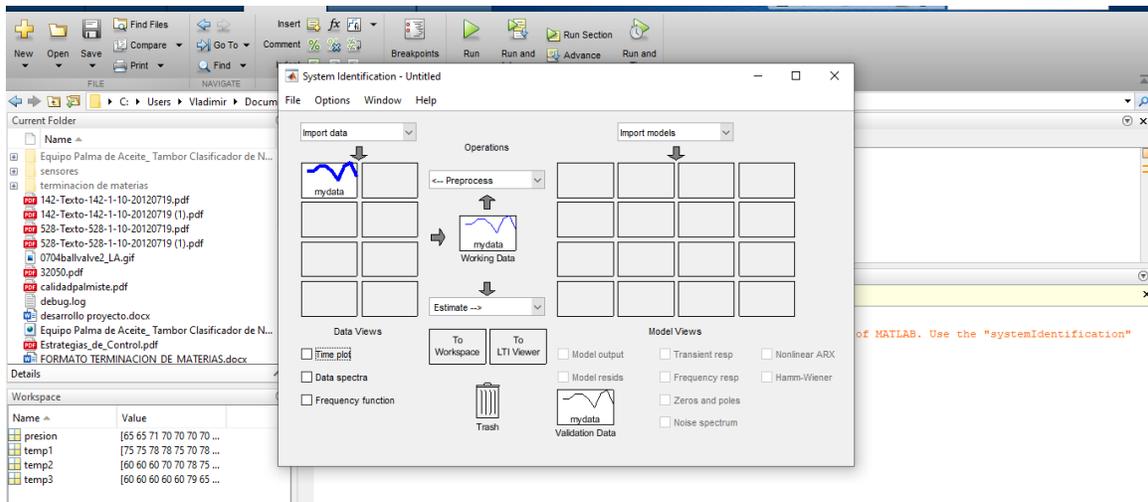
Figura 22 Matlab introducción de valores



Fuente:

Después con el comando `ident` procedemos hallar la función de transferencia del sistema, y su graficas respecto al dominio del tiempo.

Figura 23 Comando `ident` Matlab



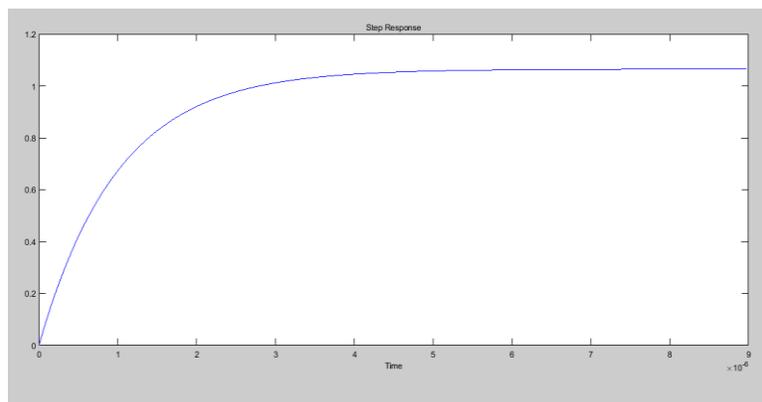
Mediante el programa Matlab se obtuvieron las siguientes graficas de presión de entrada y temperatura de los radiadores del silo.

Función de transferencia del silo

Parte superior.

$$TF1 = \frac{1.065}{1 \times 10^{-6} s + 1}$$

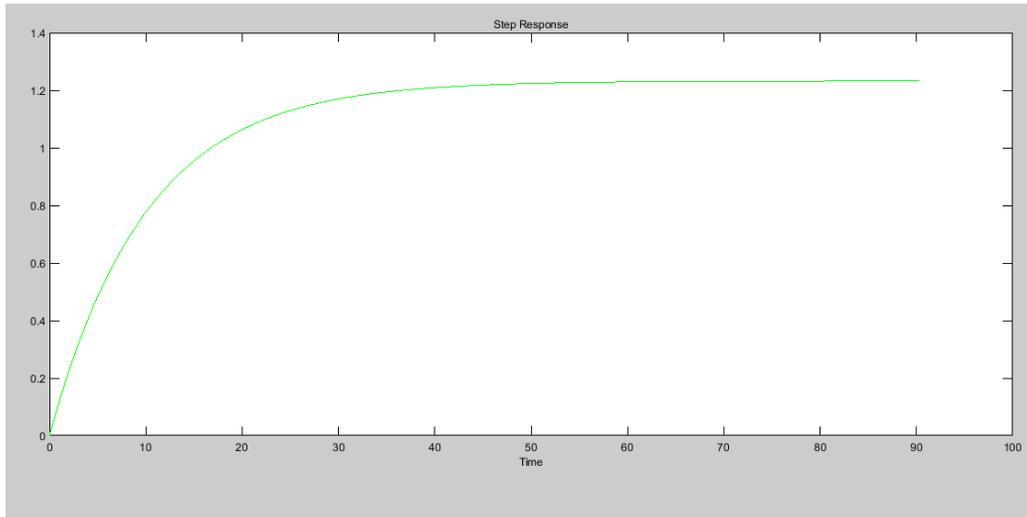
Figura 24 Grafica de TF1



Parte media

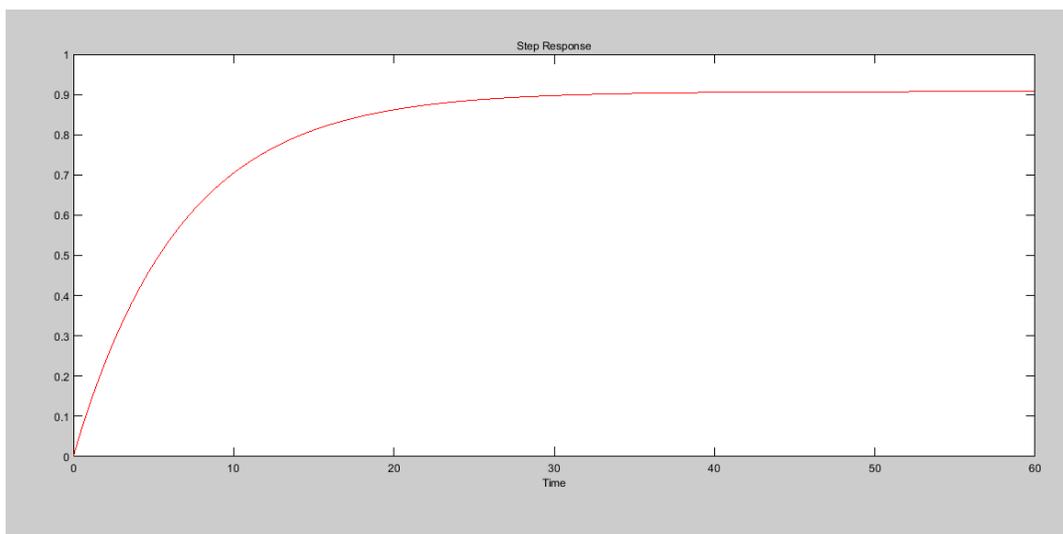
$$TF2 = \frac{1.232}{10.05 s + 1}$$

Figura 25 Grafica de TF2

**Parte inferior**

$$TF3 = \frac{0.9074}{6.675s + 1}$$

Figura 26 Grafica de TF3



Función de transferencia de la válvula servoaccionada

Como la dinámica de la válvula se va a determinar en una linealidad. La ecuación de primer orden que determina su funcionamiento es:

$$\frac{\text{flujo entrada}}{\text{flujo de salida}} = \frac{kv}{ts + 1}$$

Cómo se va trabajar con:

Válvula cerrada X=0-----Cv (mínimo)----- Flujo(mínimo)

Válvula abierta X=1-----Cv(máximo)-----Flujo(máximo)

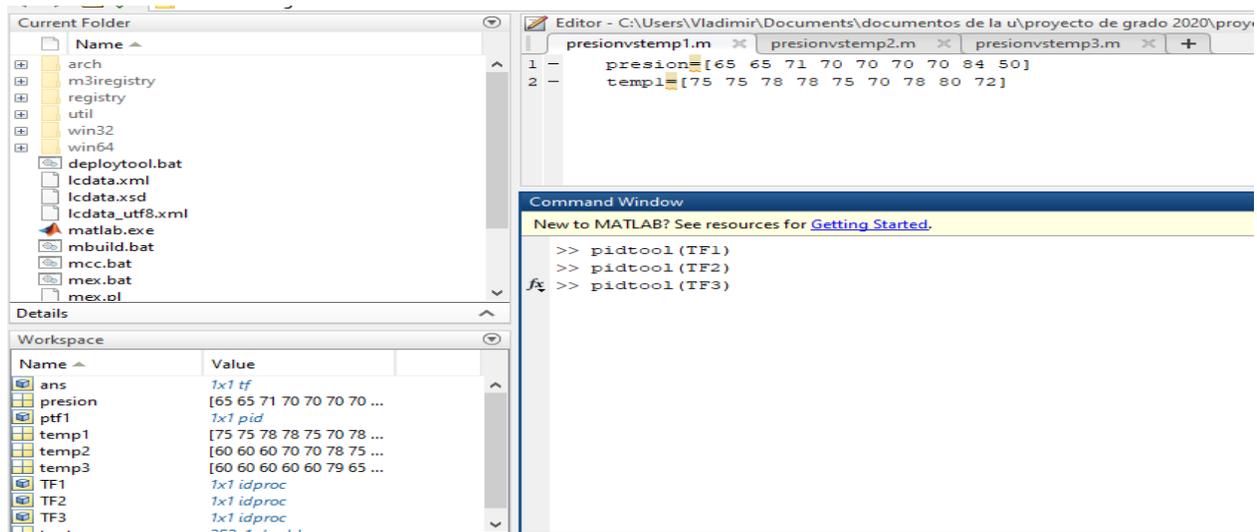
Se desprecia la dinámica de la válvula entonces se trabaja con su ganancia estática Kv= 6 para un diámetro de 1” y **“Válvula solenoides servoaccionadas 2/2 vías para vapor Tipo EV225B”**

SINTONIZACION DEL CONTROLADOR

Se realizará un estudio de la sintonización para una posible implementación de algunos de los controles a mencionar, puesto que para este proyecto por recomendación de la empresa se debe tratar de trabajar con el control ON/OFF, cabe agregar que se enunciará las ventajas de este control respecto a los otros, y también como posiblemente los otros influyan al proceso y como sería su correcto funcionamiento.

Por medio de comando **“pidtool(tf)”** de Matlab se puede hacer una sintonización al controlador y así observar las constantes Kp, Ki, Kd que requiere el sistema. Con esto podemos elegir cuál de los tres controles se adapta mejor al proceso de secado del silo. A continuación se muestran los resultados.

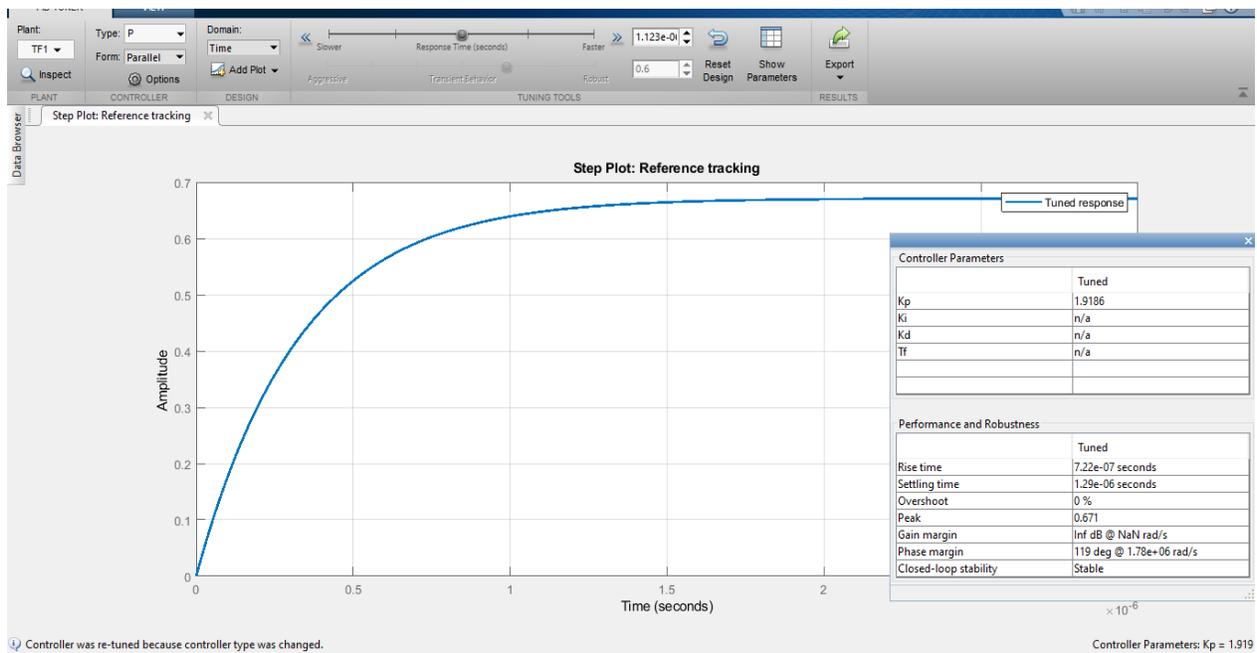
Figura 27 Comando PIDTOOL



Para TF1

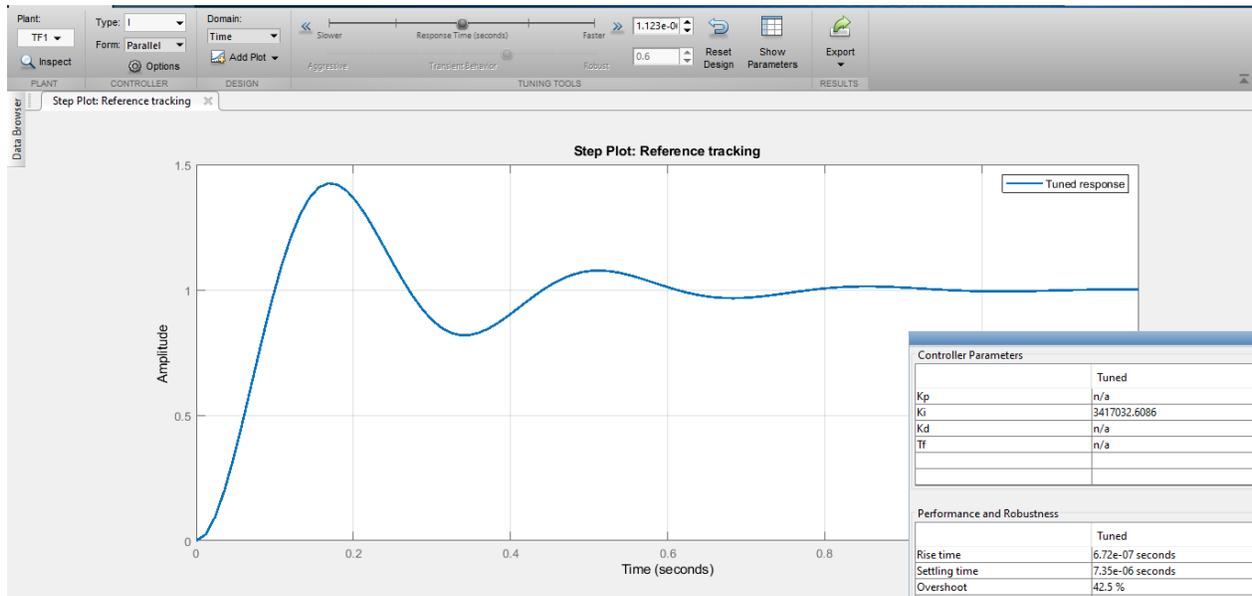
Control Proporcional

Figura 28 Sintonización TF1 proporcional



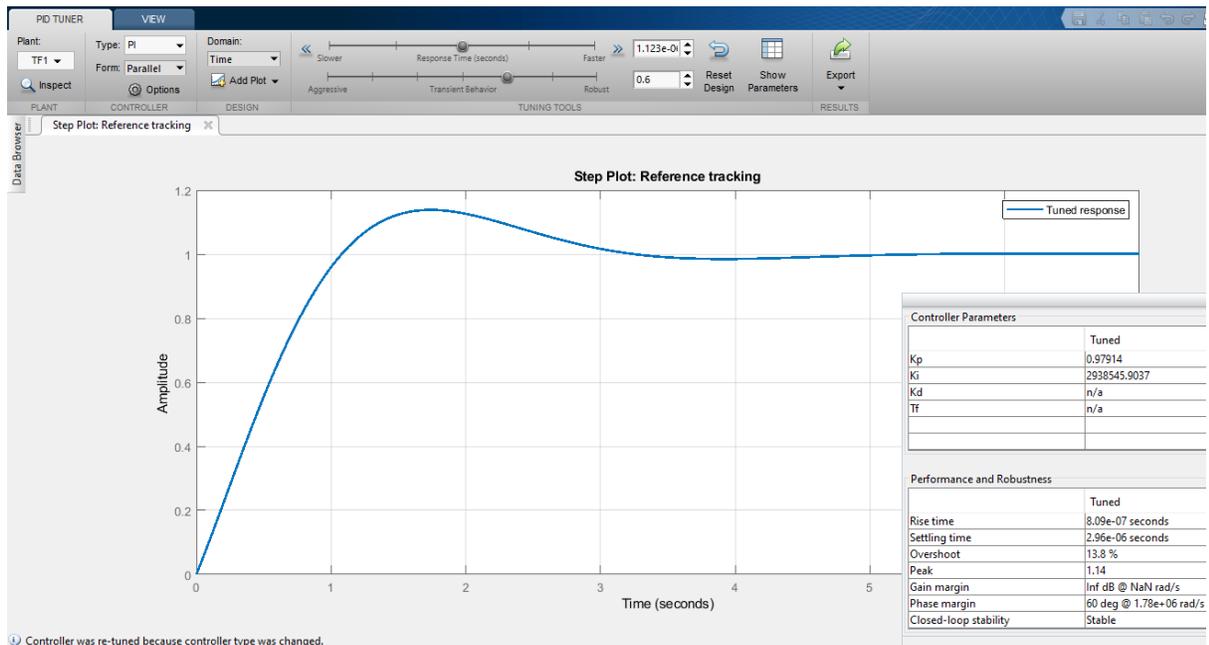
Control integral

Figura 29 Sintonización TF1 integral



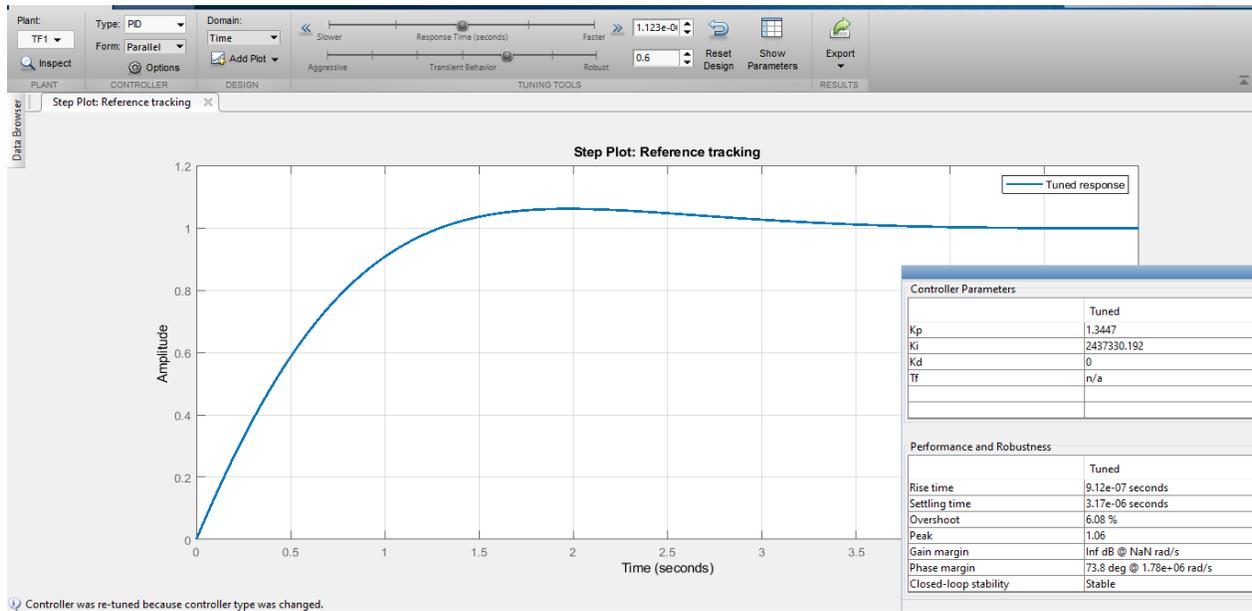
Control PI (proporcional – integral)

Figura 30 Sintonización TF1 proporcional – integral



Control PID (proporcional – integral – derivativo)

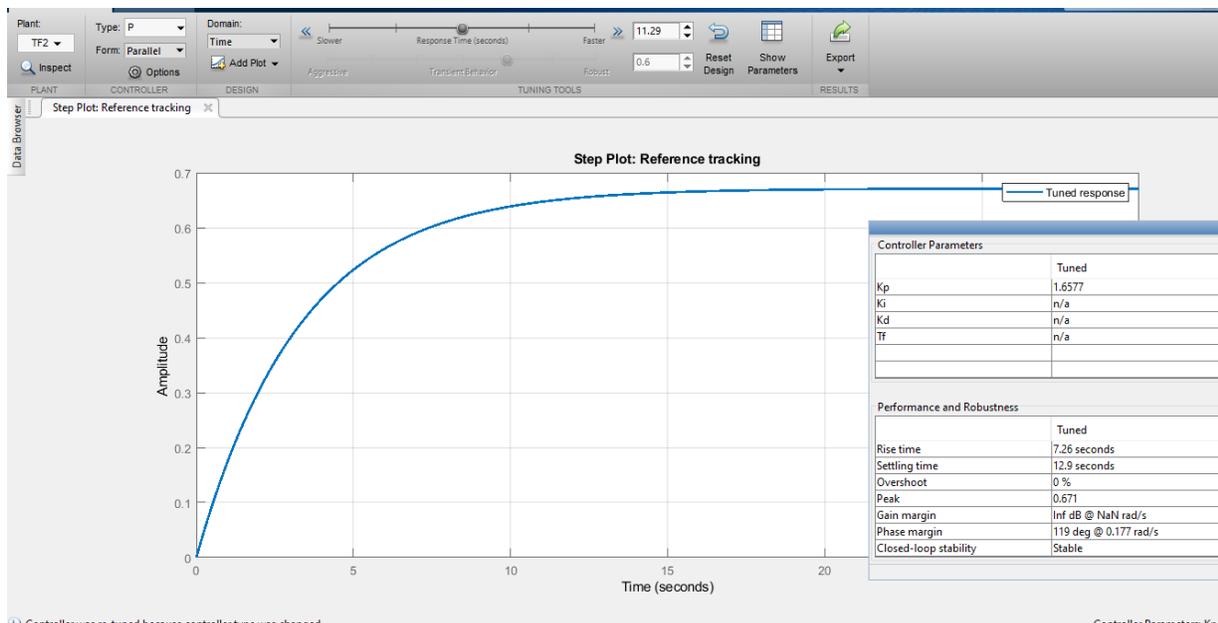
Figura 31 Sintonización TF1 proporcional – integral - derivativo



Para TF2

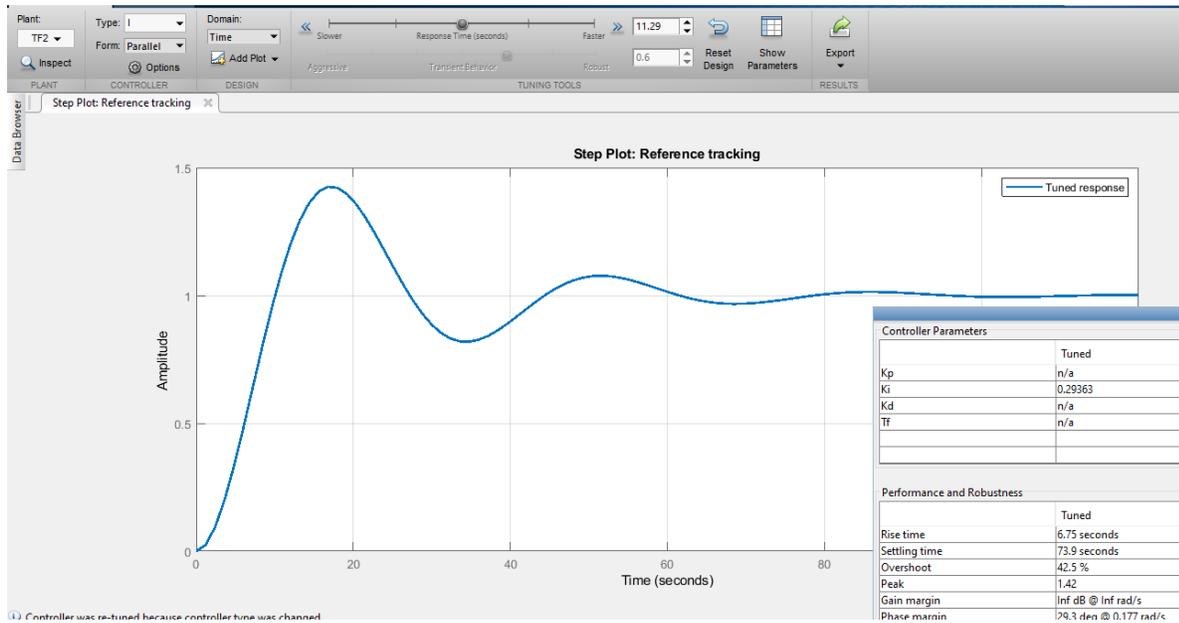
Control Proporcional

Figura 32 Sintonización TF2 proporcional



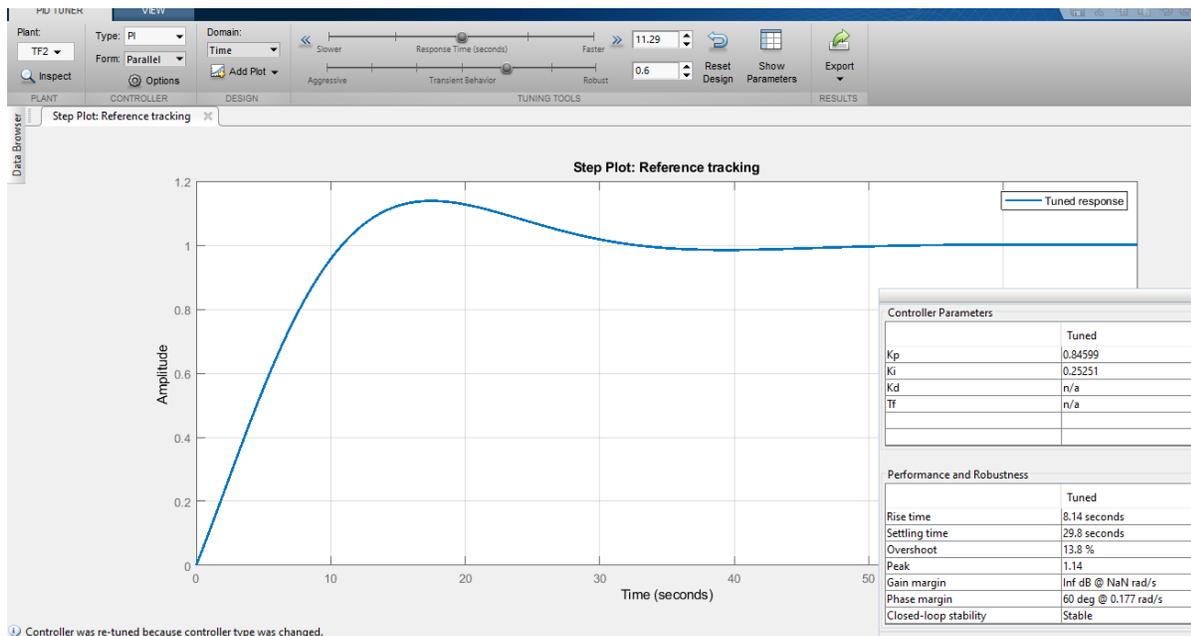
Control integral

Figura 33 Sintonización TF2 integral



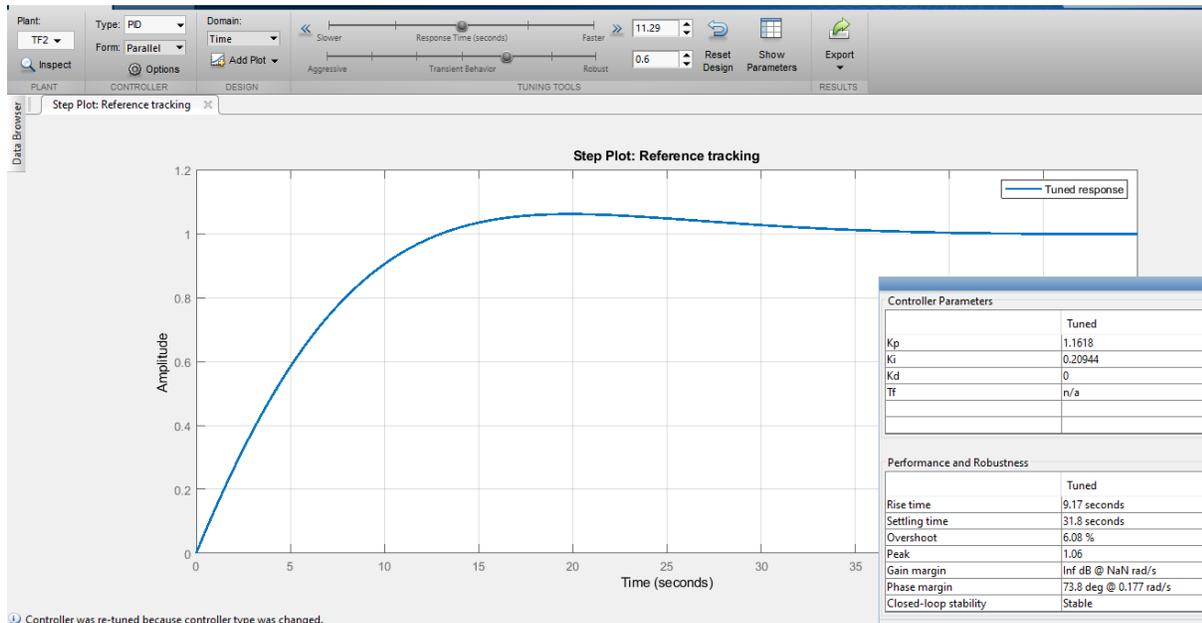
Control PI (proporcional – integral)

Figura 34 Sintonización TF2 proporcional – integral



Control PID (proporcional – integral – derivativo)

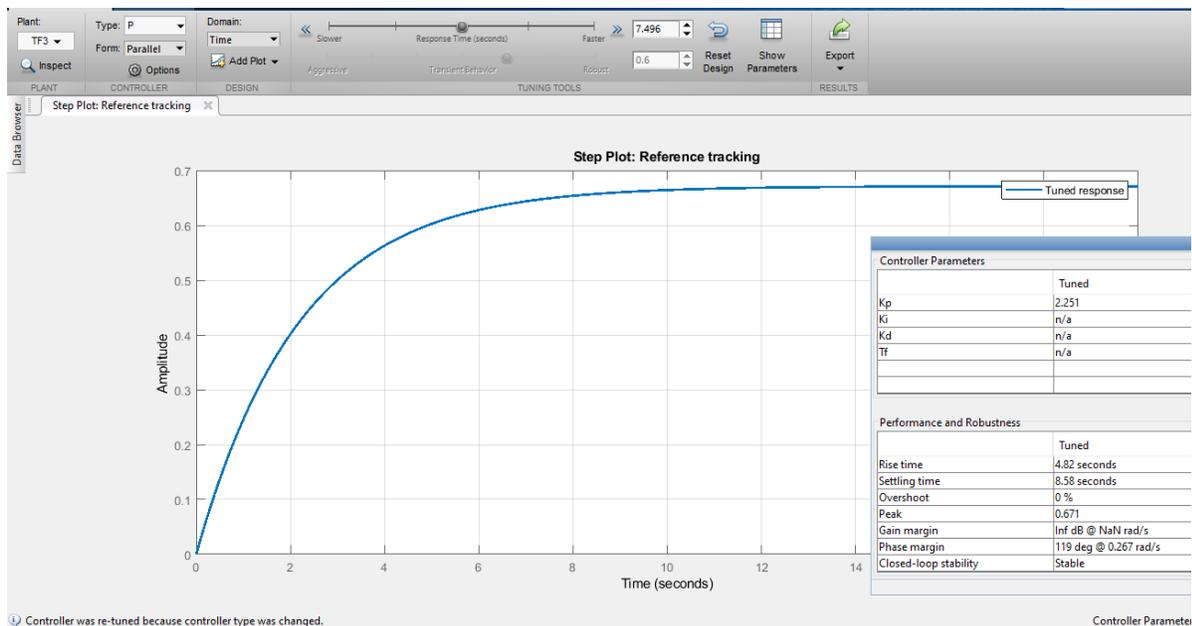
Figura 35 Sintonización TF2 proporcional – integral - derivativo



Para TF3

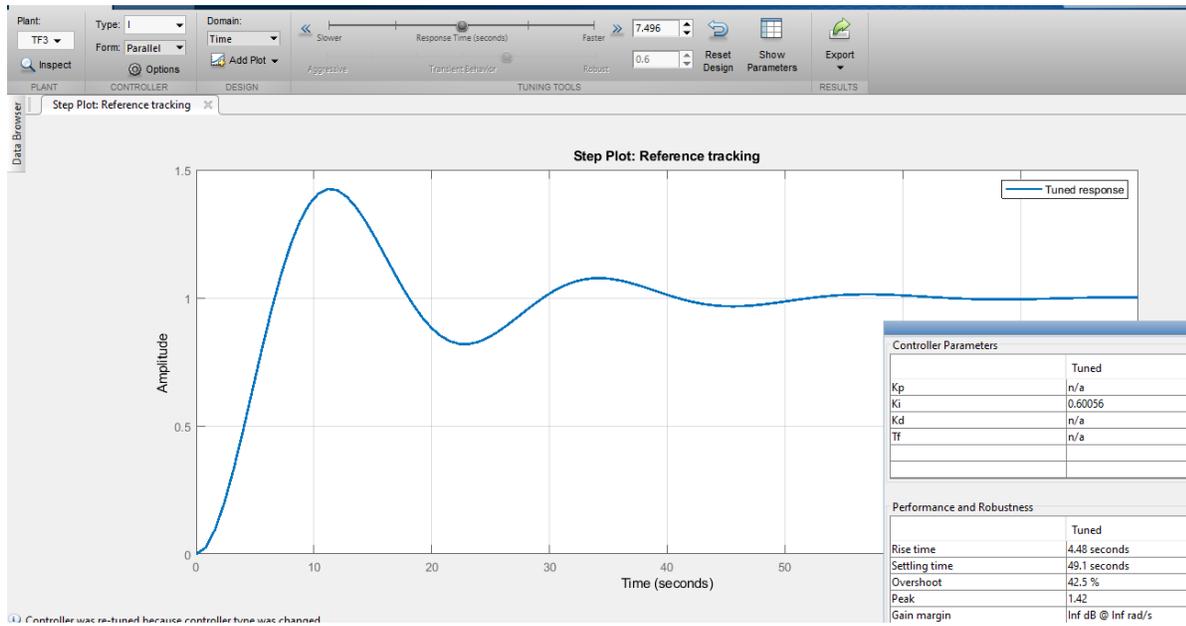
Control proporcional

Figura 36 Sintonización TF3 proporcional



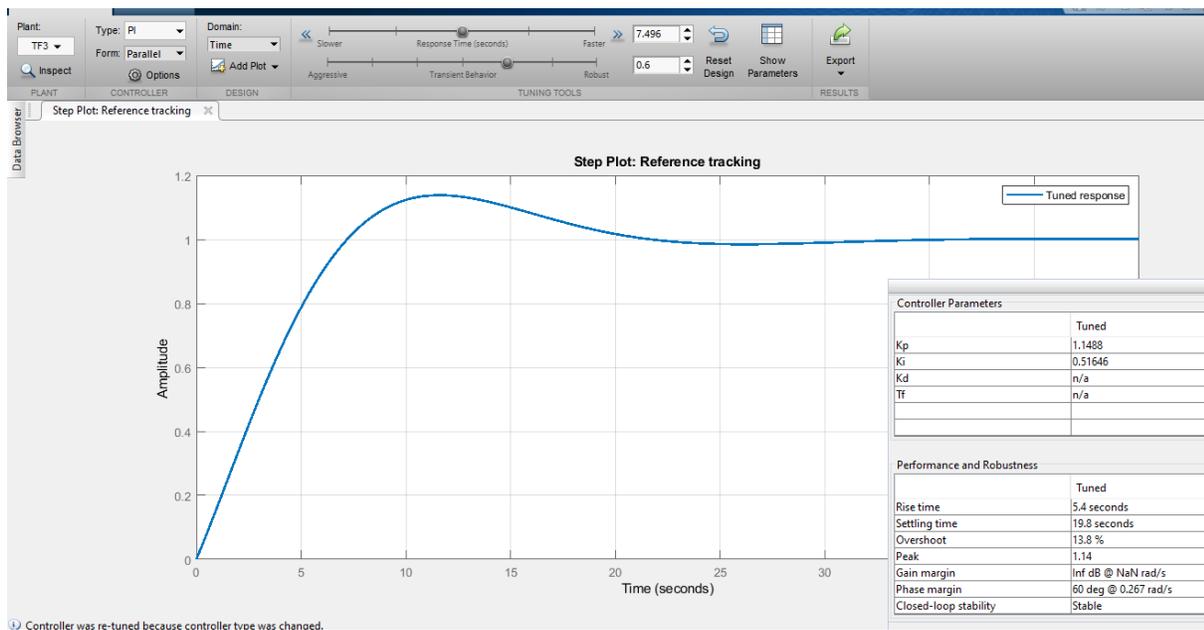
Control integral

Figura 37 Sintonización TF3 integral



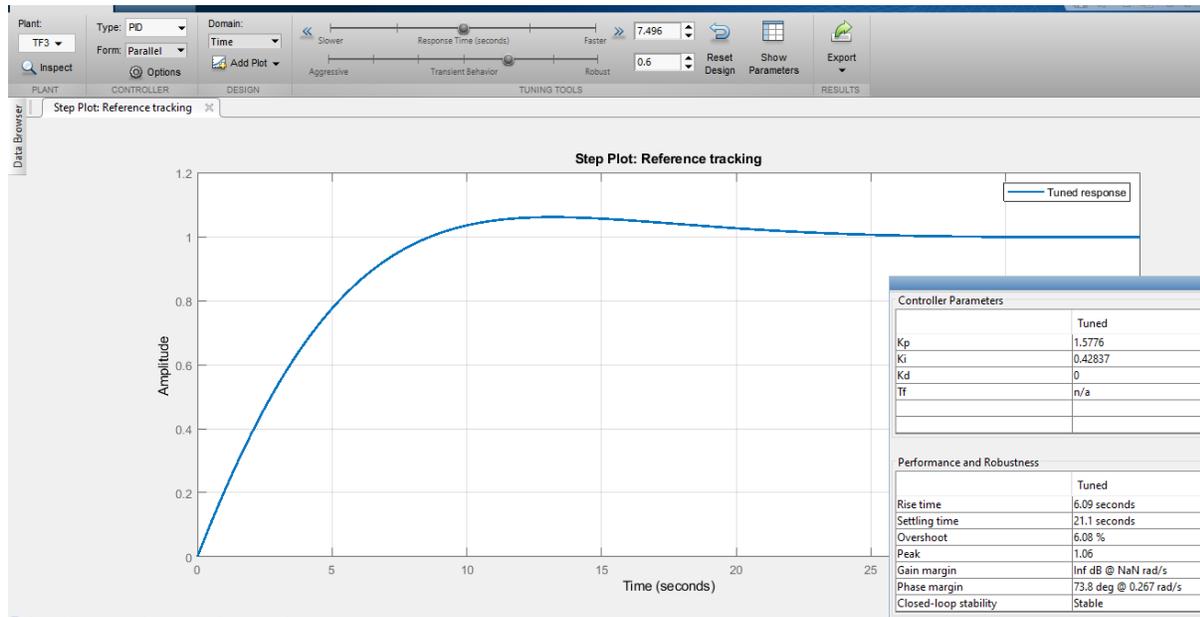
Control PI (proporcional – integral)

Figura 38 Sintonización TF3 proporcional - integral



Control PID (Proporcional – Integral – Derivativo)

Figura 39 Sintonización TF3 proporcional – integral – derivativo



Con los datos obtenidos se procede hacer un análisis de cada uno de ellos haciendo énfasis en los sobre impulsos y las constantes de control, cabe agregar que como este es un sistema de primer orden el control derivativo tendrá una ganancia de cero en el control PID.

Este tipo de procesos no se puede permitir un cambio brusco de temperatura por un largo periodo de tiempo, ya que esto ocasionará que la nuez o almendra se queme, se perdería ese producto necesario en la elaboración de aceite de almendra, al recibir este cambio abrupto de temperatura por un largo periodo de tiempo podría aumentar la acidez en la almendra y así perder calidad, se dificultaría el tratar de romper la nuez para sacar la almendra. Esto no quiere decir que no se pueda implementar un control integral, porque para este tipo de problema, lo que se necesitaría para que funcionara es cambiar el set-point de manera que el sobre impulso no genere un abrupto de temperatura y así proteger a la nuez, además si se reduce el tiempo del sobre impulso la nuez no

alcanzara a quemarse logrando así funcione correctamente el proceso, y no afectar las siguientes etapas.

El estudio de los tipos de control y la sintonización se tendrán en cuenta si se llegará a implementar este proceso en campo, esto con el fin de conocer al máximo los beneficios de este tipo de controles mencionados, se seleccionó el control “PID” puesto que presenta más beneficios respecto a los otros controles, esto no quiere decir que los otros controles no puedan funcionar en la automatización.

Dicho lo anteriormente, se procede a explicar como el control PID encaja perfectamente en este tipo de procesos, empezando por la combinación de los controles (proporcional – integral – derivativo). Un beneficio de este tipo de control es el ajuste de cada variable del proceso de manera individual, esto lo convierte en el control más preciso, cabe agregar que este tipo de control generalmente es utilizado en procesos de menor tamaño y con sistemas sensibles a los cambios abruptos de temperatura, esto no quiere decir que no se pueda implementar al proceso de secado de los silos. Este control encaja perfectamente con nuestro proceso de secado, porque mantendrá la humedad deseada durante todo el tiempo que dure el secado de la nuez.

El funcionamiento del control PID en este proceso será de la siguiente manera si lo analizamos detalladamente, empezando por su primera sigla “P” proporcional encargada de llevar a cero la diferencia del set-point, sin poder alcanzar este objetivo puesto que entre mas se acerca a cero la diferencia, más se acerca a cero también la corrección aplicada, continuando con la segunda sigla “I” integral es la que trata de resolver el error anterior, acumulando el resultado de “P” de tal manera que lo pueda corregir llegando a excederse, esto quiere decir que si el silo está a baja temperatura

el control integral tratara de subir este nivel de temperatura, pero en vez de detener el calentamiento cuando el objetivo es alcanzado, lo que logra es excederse del punto deseado. Es aquí donde actúa la tercera sigla “D” derivativo este trata de minimizar el exceso del control integral, tratando de reducir la velocidad del factor de corrección, según se llegue al set-point deseado.

Se logra concluir que el control que mejor se adapta a este proceso es el PID (proporcional – integral – derivativo), dado a los beneficios que provee a este tipo de procesos, los cuales ya han sido mencionados anteriormente.

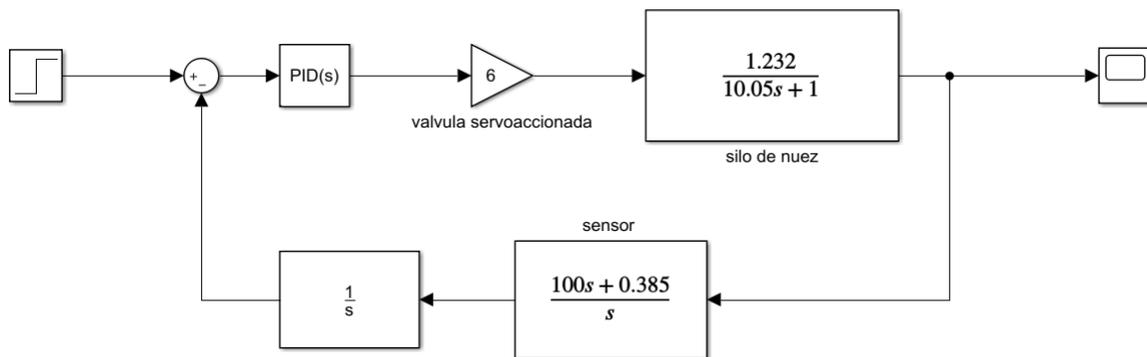
SINTONIZACIÓN POR EL MÉTODO DE ZIEGLER-NICHOLS

Este método empírico nos permite ajustar o sintonizar un controlador PID sin necesidad de conocer las ecuaciones de la planta. Nos permite definir los valores de las ganancias k_p , k_i y k_d de un sistema realimentado a partir de un sistema de lazo abierto.

El método funciona de la siguiente manera aplicado a cualquiera de las tres funciones de transferencia halladas anteriormente, para este ejemplo utilizaremos el TF2.

Primero se debe tener un diagrama de bloques del sistema completo.

Figura 40 Control en lazo cerrado del proceso



Se reemplaza el controlador PID por una señal escalon de esta manera podremos graficas la señal de entrada de la valvula vs la señal de salida del sensor.

Figura 41 Control en lazo abierto para el método ZIEGLER-NICHOLS

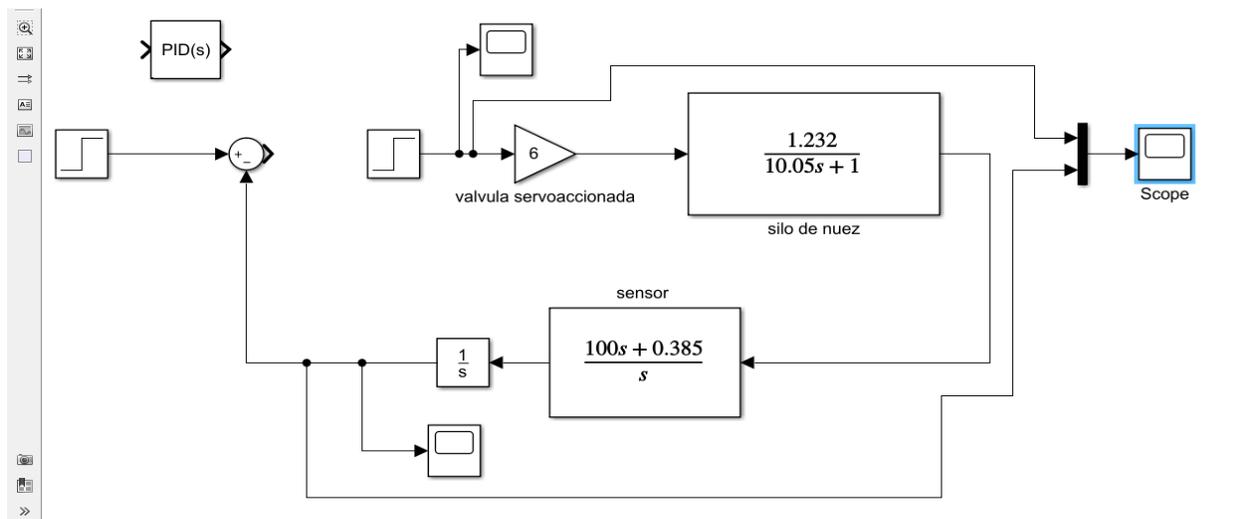
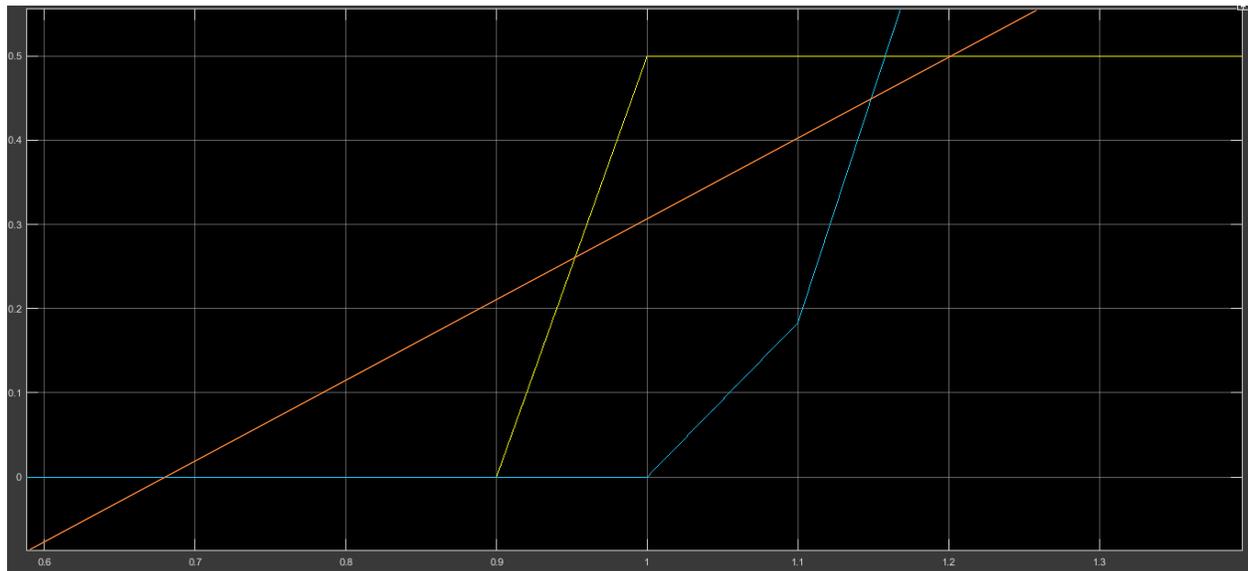


Figura 42 Graficas obtenidas por el método de ZIEGLER-NICHOLS



De esta manera obtenemos los valores de tiempo muerto y el tiempo de subida. Para hallar el t_2 se traza una línea tangente desde la parte inicial de la curva azul

$$T_1 = (1.1 - 1) Sg = 0.1 \quad dx = (20 - 4)$$

$$T_2 = (1 - 0) Sg = 1 \quad dy = (100 - 0)$$

$$k_o = \frac{dx * T_2}{dy * T_1} = \frac{16 * 1}{100 * 0.1} = 1.6$$

Para un control proporcional

$$k_p = 1.6$$

$$K_i = 0$$

$$k_d = 0$$

Para un control PI

$$k_p = 0.9k_o = 1.44$$

$$K_i = \frac{0.27 * k_o}{T_1} = 4.32$$

$$kd = 0$$

Para un control PID

$$kp = 1.2ko$$

$$Ki = \frac{0.6 * ko}{T_1} = 9.6$$

$$kd = 0$$

Se cambian un poco los datos dependiendo del control escogido y así se llega al estándar deseado por el diseñador del control.

Se repite el mismo método para TF1 y TF2.

Después de realizar el estudio de los tipos de control para implementar en el diseño, se decidió realizar el proyecto con el control todo o nada, dado que la implementación de un control PID, tanto en instrumentación como en la elaboración es más costoso que la de un control ON/OFF, es por esto que la empresa recomienda trabajar con el control mencionado, un ejemplo podría ser la compra de las válvulas utilizadas, para el PID se necesita que el instrumento de una apertura gradual, de forma que trabaje en ciertos porcentajes dependiendo de la orden del controlador, para el control ON/OFF se necesita una válvula que solo abrirá o cerrará, genera una forma más simple de control y bajos costos de instalación, además su mantenimiento es fácil. Este tipo de instrumentos son económicos con respecto al PID, pero aun así ya contando con el estudio realizado se puede llegar a pensar en un futuro la implementación de este tipo de control PID.

4.3 Definir los elementos de control, plc, el protocolo de comunicación y scada requeridos para el desarrollo del sistema supervisorio.

Válvula servoaccionadas

Se seleccionó esta válvula por su amplio rango de temperatura de trabajo, y por su resistencia a la presión.

“Válvulas solenoides servoaccionadas 2/2 vías para vapor Tipo EV225B”

Figura 43 Electroválvula (datasheet del mismo)



Diseño especial para aplicaciones con vapor, 160 °C o 185 °C y Rango de caudal: 0.9 – 6.0 m³/h y Presión diferencial: 0.2 – 10 bar (2.9 - 145) psi y Temperatura del medio: 0 – 185 °C y Temperatura ambiente: hasta 40 °C y Protección de la bobina: hasta IP65 y Conexiones roscadas: G 1/4 – G 1 y DN 6 – DN 25

Conexión ISO 228/1	Material de la junta	Tamaño del orificio [mm]	Valor k_v [m ³ /h]	Presión diferencial, mín. - máx. [bar]	Temperatura del medio, mín. - máx. [°C]	Código, cuerpo de válvula con bobina y conector de alimentación			
				Bobina BQ, 10 W c.a.		24 V, 50 Hz	110 V, 60 Hz	230 V, 50 Hz	220 V, 60 Hz
G 1/2	PTFE	10	2.2	0.2 – 10	0 – 185	032U380416	032U380420	032U380431	032U380429
G 1/2		15	3.0			032U380516	032U380520	032U380531	032U380529
G 3/4		20	5.0			032U380616	032U380620	032U380631	032U380629
G 1		25	6.0			032U380716	032U380720	032U380731	032U380729

Tipo	EV225B 6-25
Tiempo de apertura [ms] ¹⁾	0.2 s, máx.
Tiempo de cierre [ms] ¹⁾	0.2 s, máx.

¹⁾ Los tiempos son indicativos. Los tiempos exactos dependerán de las condiciones de presión.

Instalación	Se recomienda en sistema solenoide vertical		
Presión de prueba máx.	25 bar		
Temperatura ambiente	40 °C, máx. (con medio a 185 °C)		
Viscosidad	50 cSt, máx.		
Materiales	Cuerpo de la válvula	Latón resistente a la desgalvanización	
	Armadura/tope de la armadura	Acero inoxidable	N.º mat. 1.4105/AISI 430FR
	Muelle	Acero inoxidable	N.º mat. 1.4306/AISI 304L
	Tubo de la armadura	Acero inoxidable	N.º mat. 1.4310/AISI 301
	Diafragma	PTFE	
	Disco de la válvula	PTFE	
	Asiento de la válvula	Acero inoxidable	
Sellos externos	Junta tórica: AFLAS		

PLC S7-1500

Figura 44 Plc S7-1500



Figura 45 Tablero de conexiones del proceso al PLC

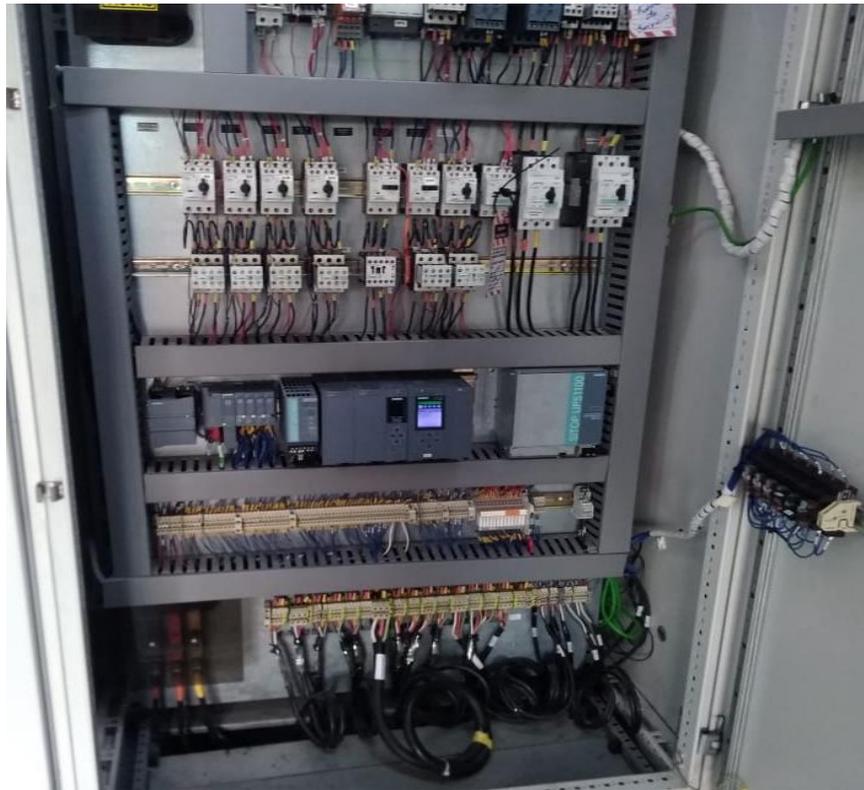


Figura 46 Topología del proceso

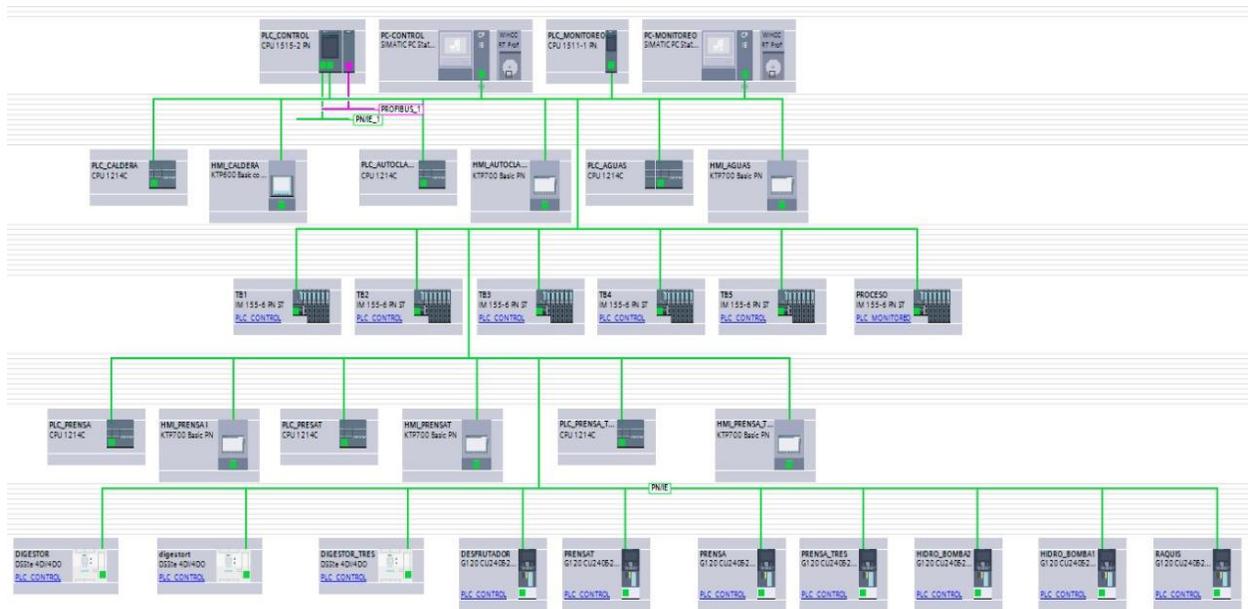
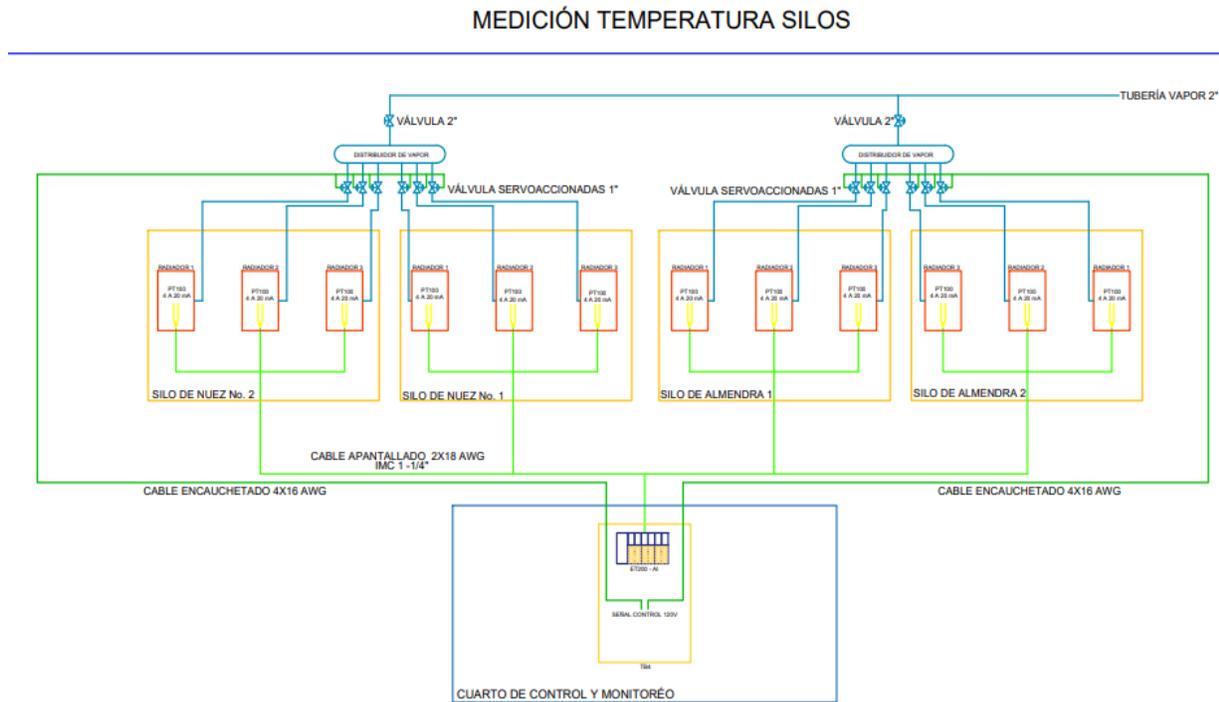


Figura 47 Diseño de la conexión de tuberías y cuarto de control al proceso



Comunicación PROFINET

Se comunicó la periferia descentralizada por medio de PROFINET PN/EI se utilizó el plc S7-1500 con una periferia hecha con módulos ET200 SP, el módulo principal de comunicación CPU (6ES7 155-6AU00-0BN0) aparte de esto 3 módulos de entradas analógicas (6ES7 134-6HD00-0BA1) y 5 de salidas digitales (6ES7 132-6BF00-0BA0) para cada módulo se utiliza la misma base Ref: (6ES7 193-6BP00-0BA0) a las 9 PT100 de (4 a 20)mA.

Figura 48 CPU del plc S7-1500

Referencia

6ES7515-2AM00-0AB0

Vista del módulo

La figura siguiente muestra la CPU 1515-2 PN.



Figura 2-1 CPU 1515-2 PN

Figura 49 Módulo de la interfaz

Hoja de datos**6ES7155-6AU00-0BN0**

*** Repuesto *** SIMATIC ET 200SP, Módulo de interfaz PROFINET IM 155-6PN estándar, máx. 32 módulos de perifería, incl. módulo de servidor



Figura 50 Módulo de salidas digitales

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7132-6BF00-0BA0

*** Repuesto *** SIMATIC ET 200SP, módulo de salida digital DQ 8x 24VDC/0,5 A estándar, adecuado para tipo de BU A0, código de color CC02, diagnóstico de módulo



Figura 51 Módulo de entradas analógicas

SIEMENS

Data sheet

6ES7134-6HD00-0BA1

*** Spare part *** SIMATIC ET 200SP, analog input module, AI 4XU/I 2-wire Standard, suitable for BU type A0, A1, Color code CC03, Module diagnostics, 16 bit, +/-0.3%



Figura 52 Base principal para los módulos E/S

SIEMENS

Data sheet

6ES7193-6BP00-0BA0

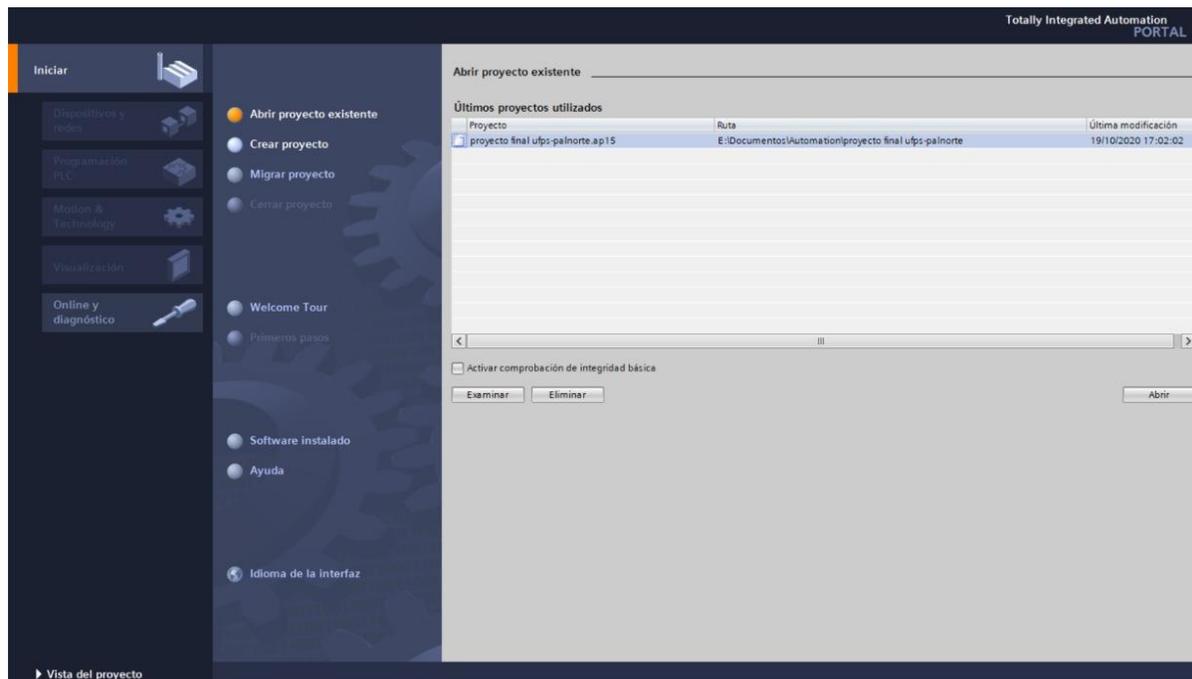
SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU15-P16+A0+2B, BU type A0,
Push-in terminals, without AUX terminals, bridged to the left, WxH:
15x 117 mm



PARA LA PROGRAMACION DEL PLC SE UTILIZO EL TIA PORTAL V15

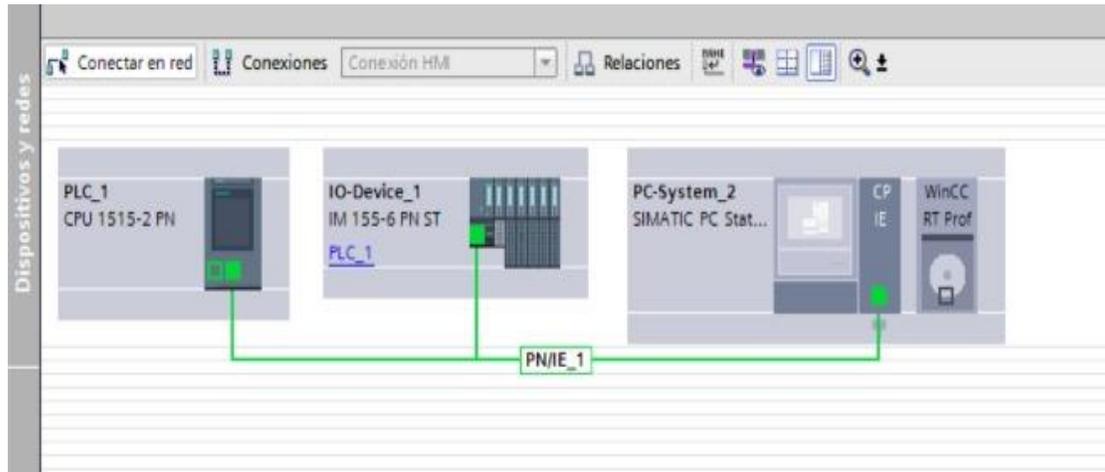
Primero se crea un proyecto nuevo, se le otorga un nombre.

Figura 53 Creación de un proyecto en TIA PORTAL



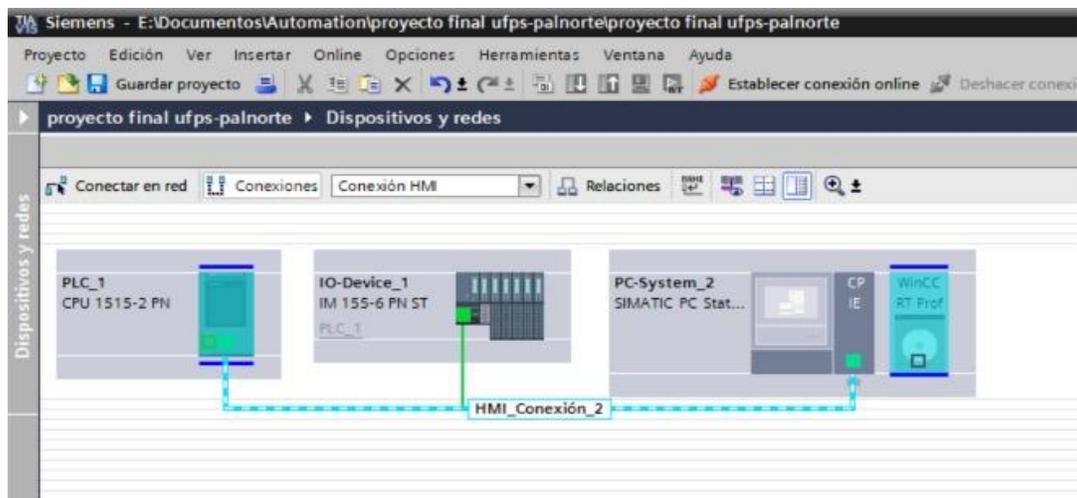
Se agregan los dispositivos del proceso que se mencionaron anterior mente “plc, módulos, pantalla WINcc RT (Professional)”.

Figura 54 Dispositivos agregados a la periferia



Se procede a comunicar los tres dispositivos por medio de la comunicación **PROFINET**.

Figura 55 Conexión PROFINET



4.4 Desarrollar la programación del plc y la interfaz gráfica requerida.

Se hace un **BLOQUE DE FUNCIÓN** para cada sensor esto con el fin de **CONVERTIR** la señal de transductor que viene de forma entera a real. Después se **NORMALIZA** la señal real con el fin de que cumpla un rango específico de datos en el plc, esto junto con el **ESCALAMIENTO** (amplifica la señal) entregan al final del bloque la temperatura en grados °C (centígrados) para así facilitar tanto el control como la visualización en la interfaz.

Figura 56 Bloque de función en TIA PORTAL

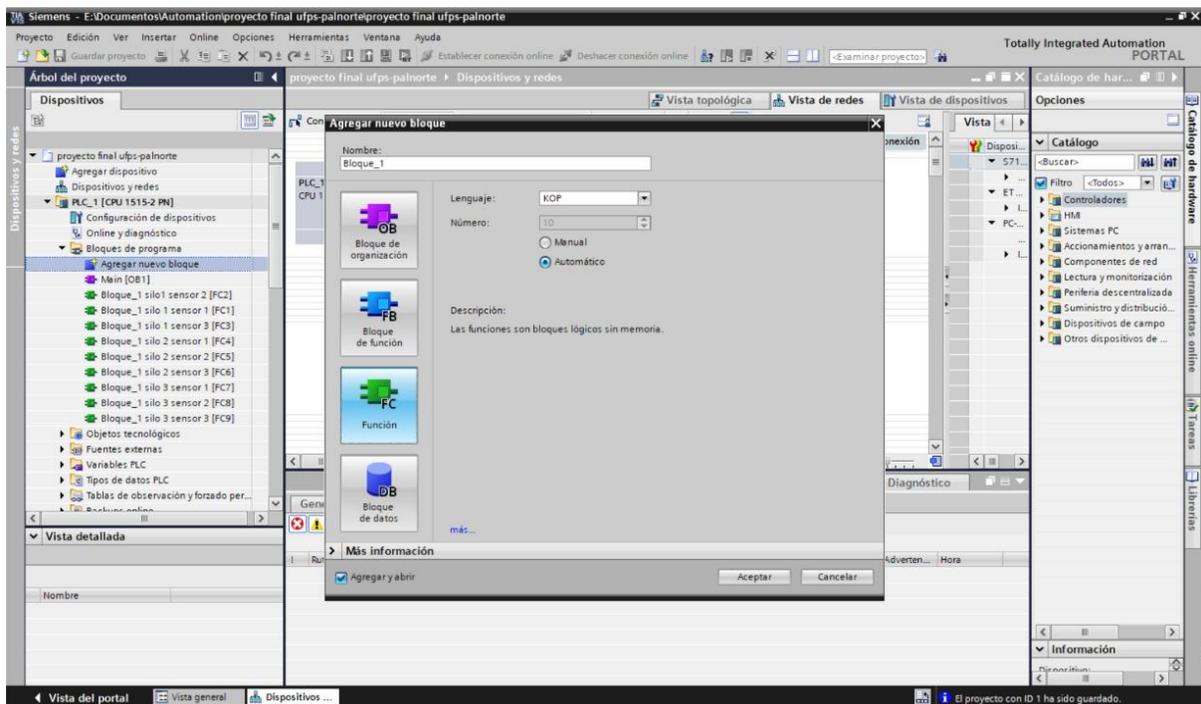


Figura 57 Programación del bloque de función

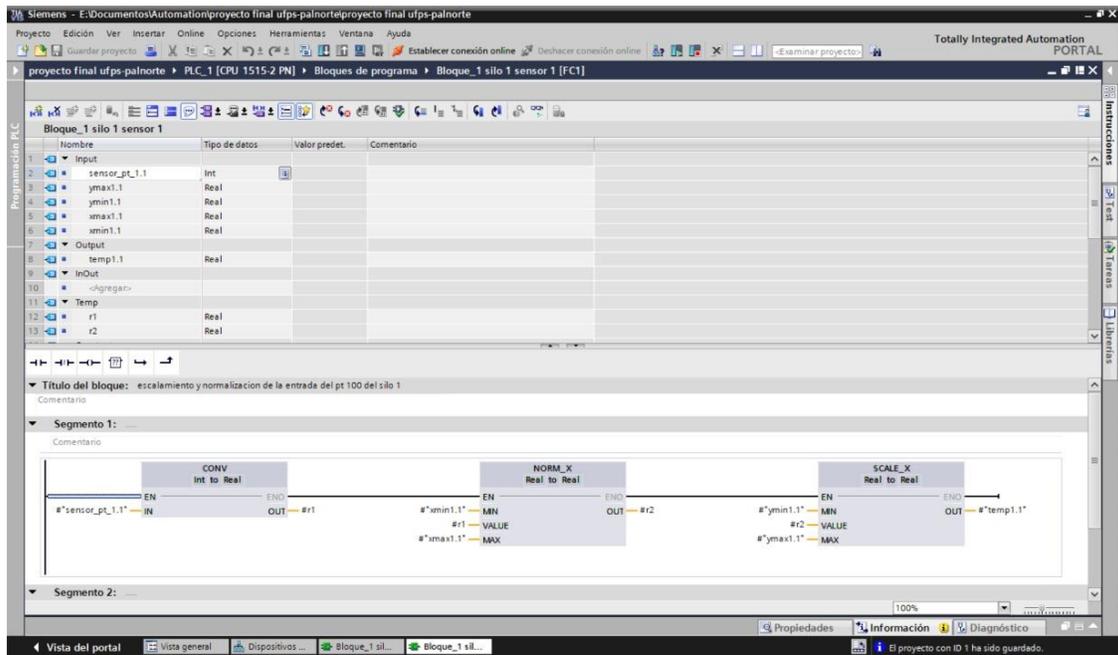
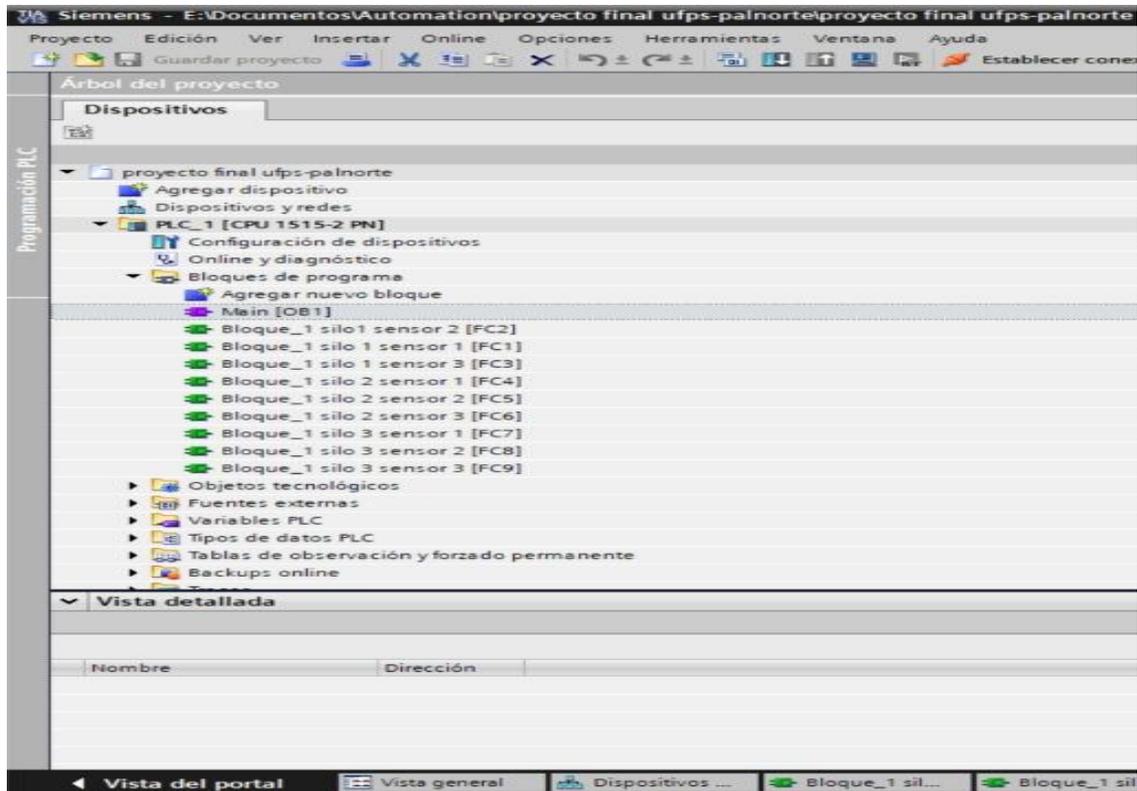


Figura 58 Bloques de funciones necesarios para el proceso



Se procede a programar el ladder en el MAIN (OB1) con los bloques de funciones anteriormente mencionados, se toma el valor de la temperatura de cada bloque de función y se utiliza para generar dos condiciones una para cuando la temperatura es mayor o igual que el valor requerido máximo y otro para cuando es menor igual a un valor bajo de temperatura permitido. Esto con el fin de que en cada punto del silo haya un control de temperatura, por que como se mencionó antes en el silo se manejan diferentes temperaturas en la parte superior “80 °C” Parte media “60 °C” y la parte baja “40 °C” para la almendra cambia ha parte superior “70 °C” parte media “50 °C” y parte baja “25 °C” Junto con estos su respectiva alarma de temperatura alta y temperatura baja. Cada sensor debe tener un control puesto que la temperatura requerida en cada parte del silo es diferente.

Figura 59 Main (OB1) del proceso

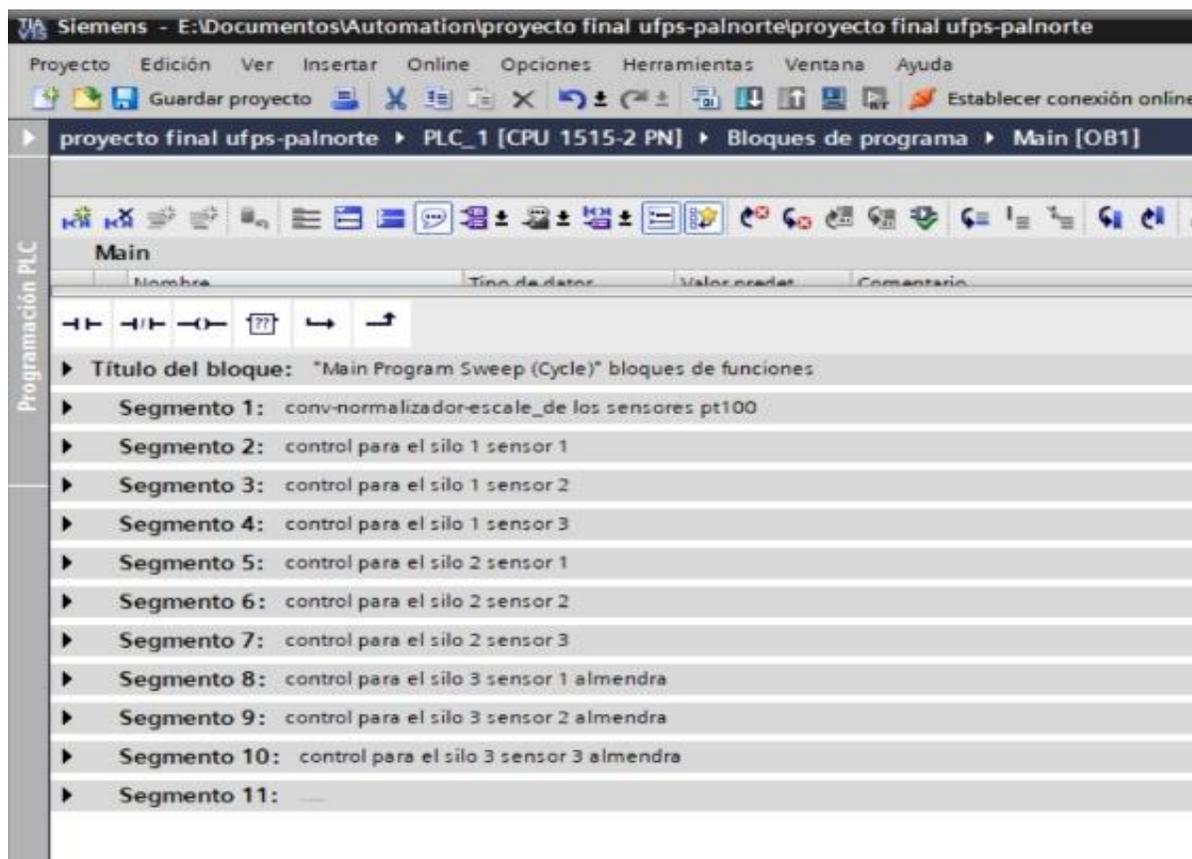


Figura 60 Temperatura real del proceso en Celsius

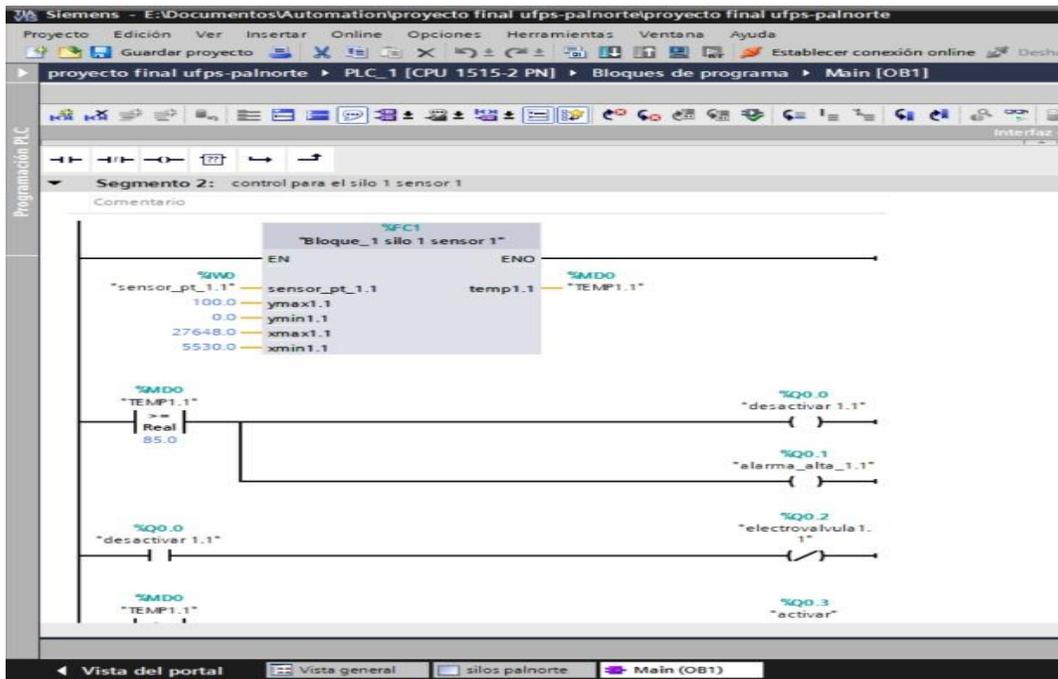


Figura 61 Ladder para el control de las válvulas y las alarmas

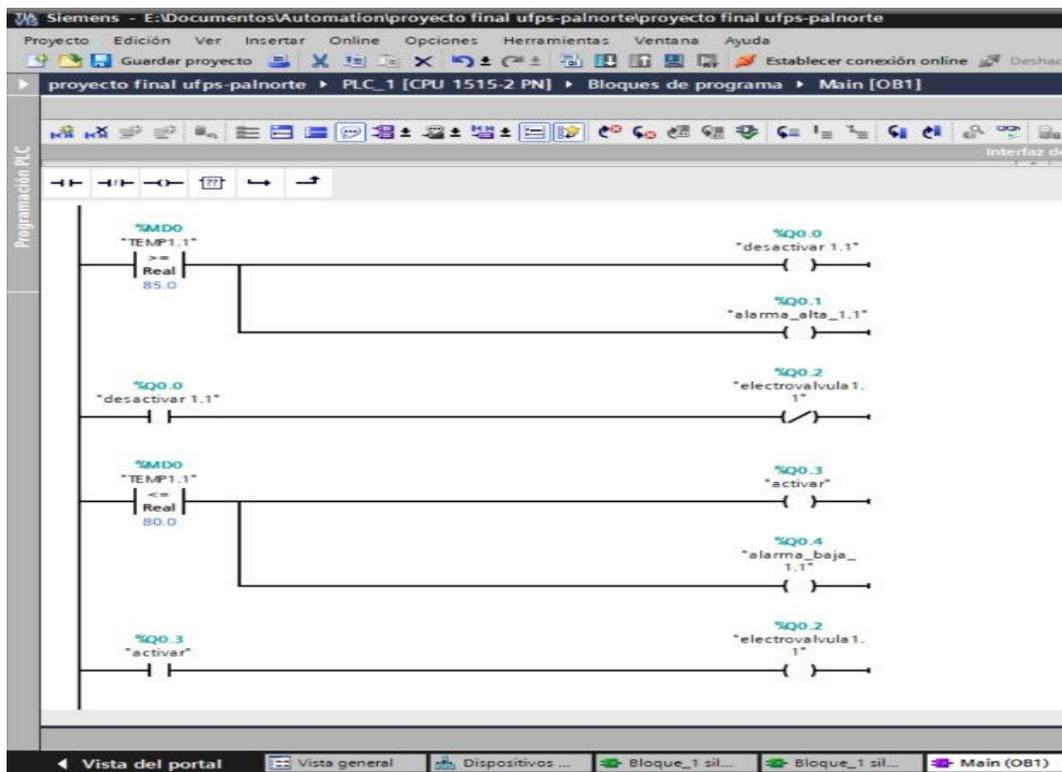
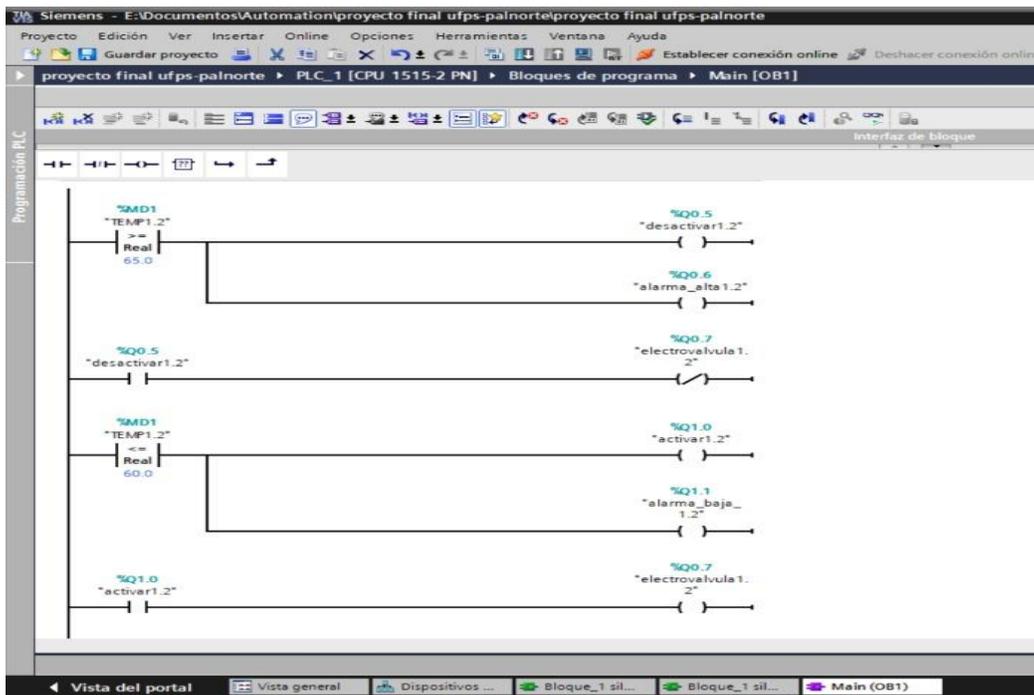


Figura 62 Ladder para el control de las válvulas y las alarmas



La interfaz cuenta con tres silos dos de nuez y uno de almendra donde se muestra la temperatura de cada uno de ellos (parte superior, parte media, parte inferior) posicionados junto a los radiadores.

Figura 63 Crear la interfaz TIA PORTAL

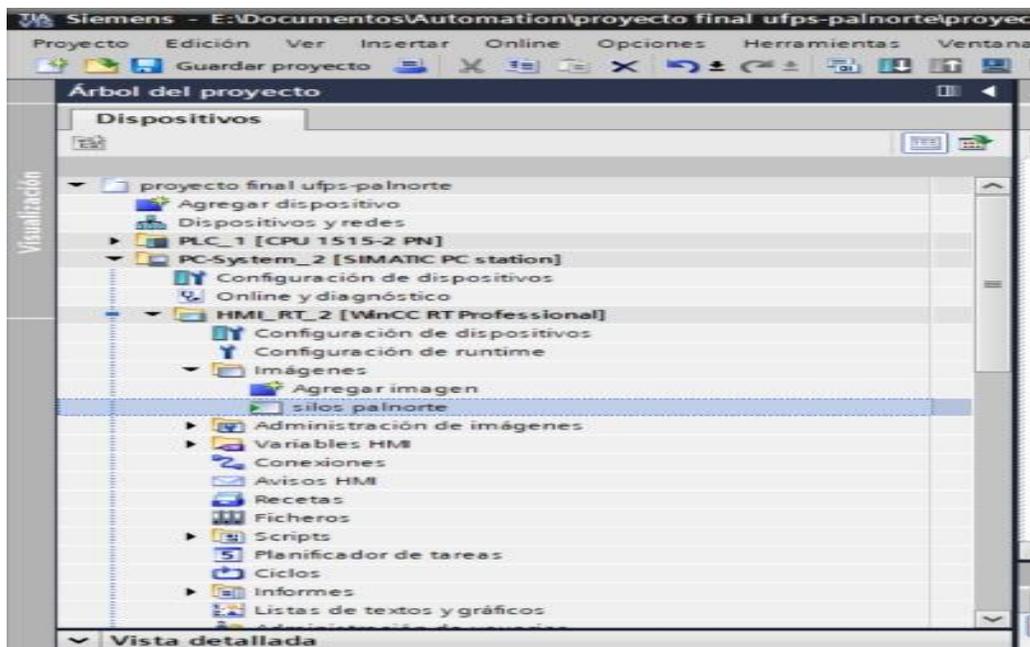
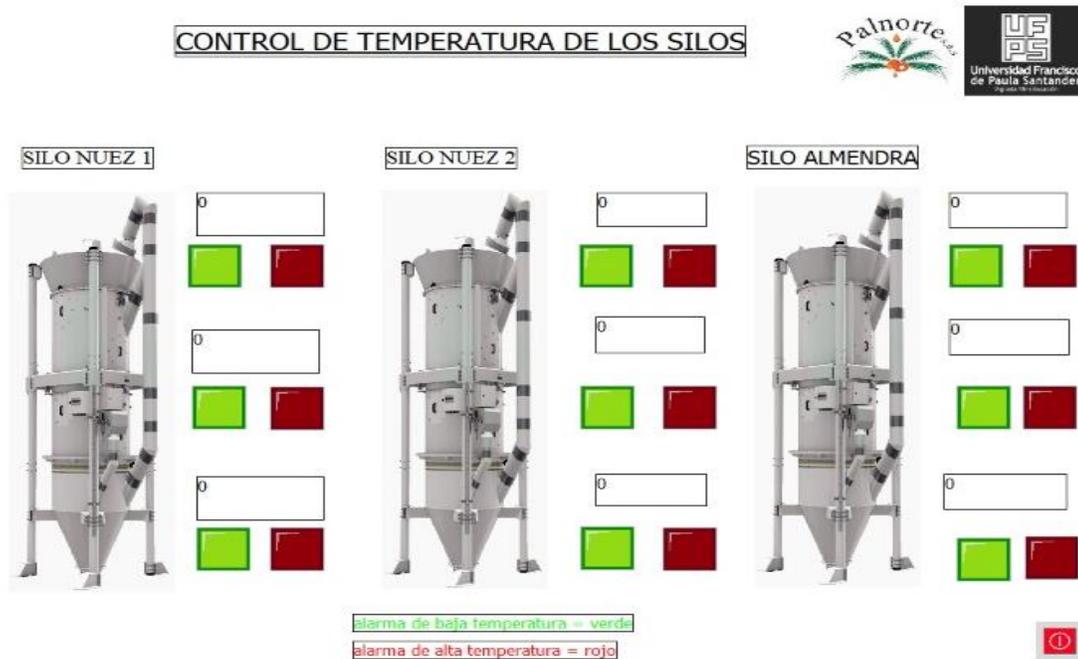


Figura 64 Interfaz de los silos



Figura 65 Simulación de la interfaz a la espera de la de los pt100señal



4.5 Establecer presupuesto de la implementación del proyecto.

Plc S7-1500 la empresa ya posee uno entonces no es necesario saber el valor de este artículo.

Válvula servoaccionada..... 240.000 \$

Pt100..... 47.500 \$

TIA PORTAL la empresa posee el programa con su respectiva licencia legal no es necesario el costo

Módulos de entradas análogas..... 672.963,43 \$

Módulo de salidas digitales..... 251.240 \$

Base principal para los módulos E/S..... 33.517 \$

Cable encauchado de 4x16 AWG x metros..... 3.035 \$

Los precios de toda la instrumentación se encuentran en el anexo 6.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta como está el proceso actualmente del secado en los silos se puede idear una manera más eficaz que pueda mejorar esta parte del proceso de secado de la nuez y almendra, como paso siguiente se busca el control que mejor se posicionará para este tipo de procesos, al tener muchas alternativas se optó por una que es muy utilizada y que busca la comodidad, tanto en facilidad de realización como en costos de implementación, el proyecto además de eso tiene un nivel de exactitud permisible para este tipo de procesos, este tipo de control encaja bien en el proceso ya que al ser de temperatura su rango de trabajo en tiempo es amplio y no es tan preciso, además el silo mantiene la temperatura debido a su forma y el material con el que está hecho. Es por esto que el control ON/OFF ensambla bien en el ámbito del proyecto, cabe agregar que un control PID podría realizar el trabajo de una mejor manera si se llegara a implementar en un futuro.

Para una mayor interpretación del proceso se manejará una interfaz la cual mantendrá alerta al operario del cuarto de control, sobre fallas o abruptos en la temperatura como lo son temperaturas bajas y altas dentro del silo, se establece una buena interpretación a la hora de analizar la interfaz, el programa TIA PORTAL presenta las mejores opciones en cuanto a programación de este tipo de PLCs y procesos en plantas.

6. Presupuesto

Tabla 3 Presupuesto global del trabajo dirigido

PRESUPUESTO GLOBAL DEL TRABAJO DE GRADO							
RUBROS	FUENTE DE FINANCIACIÓN						TOTAL
	Estudiante		UFPS		Externa		
Gastos Personales	\$	1'000.000	\$		\$		\$
Materiales y Suministros	\$	500.000	\$		\$		\$
Descripción de equipos.	\$	5'000.000	\$	0	\$		\$
Total	\$	6'500.000	\$	0	\$		\$ 6'500.000

Tabla 4: Gastos personales

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS PERSONALES							
RUBROS	FUENTE DE FINANCIACIÓN						TOTAL
	Estudiante		UFPS		Externa		
Transporte	\$	900.000	\$		\$		\$
Total	\$	900.000	\$		\$		\$ 900.000

Tabla 5: Materiales, Suministros y servicios

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES, SUMINISTROS Y SERVICIOS							
RUBROS	FUENTE DE FINANCIACIÓN						TOTAL
	Estudiante		UFPS		Externa		
Impresiones	\$	100.000	\$		\$		\$
Carpetas y empastado de documentos. Materiales para la presentación de documentos.	\$	40.000	\$		\$		\$
Servicio de internet.	\$	800.000	\$		\$		\$
Total	\$	940.000	\$		\$		\$ 940.000

Tabla 6: Descripción de equipos

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS							
RUBROS	FUENTE DE FINANCIACIÓN					TOTAL	
	Estudiante	UFPS	Externa				
2 computadores personales, con las siguientes características: Windows 10, Procesador Intel Core I5, 5GB RAM, 500 GB, Quemador DVD, Puerto HDMI y USB. Windows 10, procesador Intel Core I5, 8GB RAM, 1 TERA, quemador DVD, puerto HDMI y USB.	\$	2'000.000	\$		\$		\$
Total	\$	2'000.000	\$	0	\$		\$ 2'000.000

7. Referencias Bibliográficas

- Cuervo J, F., & Barrera J, C. (2010). *Cuervo, J. F. B., & Barrera, J. C. V. AUTOMATIZACIÓN Y SUPERVISIÓN DE PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA*. Colombia .
ESTERILIZACION, <http://www.gratisweb.com/procesopalma/esterliza.htm>. [Online]. Available:
<http://www.gratisweb.com/procesopalma/esterliza.htm>
- Galo Guevara , D., & Moreno , J. (s.f.). *Proyecto automatización obtención biodiesel*. PhD. dissertation, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Obtenido de
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8098/1/Proyecto.pdf>
- GUTIERREZ F, J., SANZ U, J., OLIVEROS T , C., & OROZCO H, C. (s.f.). *Ventiladores para secadores de café: diagnostico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos*. Chinchiná: FNC: CENICAFE,2012.56P.
- L V, J., & Durvvin , R. (2007). *Automatización esterilización aceite de palma*. Colombia : PhD. dissertation Universidad de Pamplona.
- León A, D., & Tabares Hurtado, J. (2019). *Desarrollo de un simulador de control automático de procesos en Microsoft Excel para ser utilizado en el laboratorio virtual de control y simulación de procesos*.
- Munévar, F. (1998). *Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia*. Colombia : Palmas, 19, 218-228.
- Ogata, K. (s.f.). *Ingeniería de Control Moderna* . Tercera edición. Editorial Prentice Hall.
- Ortiz Vásquez, J., & Alzate Vargas, G. (2012). *Propuesta para el mejoramiento del proceso de secado de almendra en Oleaginosas Santana* . Ltda.: planta extractora de aceite de palma (Doctoral dissertation).

PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE,

<http://www.gratisweb.com/cultivodepalma/proceso.htm>. [Online]. Available:

<http://www.gratisweb.com/cultivodepalma/proceso.htm>

Reyes Aristizabal, J., & Mora Carrillo, I. (2013). *Diseño De Una Planta De Extracción De Aceite De Palmiste Con Capacidad Para Procesar 30 Ton Almendra/Día*. Doctoral dissertation,

Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Mecánica.

Smith, C., & Corripio, A. (1997). *Control Automático de Procesos Teoría y Práctica*. Limusa.