

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES EN LA

EMPRESA EDESA S.A.

AUTOR:

EFRÉN EDISON QUINGATUÑA QUINGATUÑA

DIRECTOR:

LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito, septiembre del 2016

Cesión de derechos de autor

Yo Efrén Edison Quingatuña Quingatuña, con documento de identificación N° 1721869947, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES EN LA EMPRESA EDESA S.A.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Efrén Edison Quingatuña Quingatuña

CI.: 1721869947

Quito, septiembre del 2016

Declaratoria de coautoría del docente tutor/a

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES EN LA EMPRESA EDESA S.A.”, realizado por Efrén Edison Quingatuña Quingatuña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso', written over a horizontal dotted line.

Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso

C.I.: 1710953967

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación principalmente a mis amados padres Luis y Carmela por haber sido siempre pilares fundamentales en mi dedicación y por ser quienes confiaron en mí brindando su confianza y apoyo incondicional en todo momento, a las personas que formaron parte de mi carrera estudiantil que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Efrén

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Ingeniera Luisa Fernanda Sotomayor por su grandiosa labor y ayuda para la culminación de este proyecto de titulación, y a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme educado durante mi formación académica y profesional.

Efrén

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos:	3
1.3.1 Objetivo General:.....	3
1.3.2 Objetivos específicos:	3
1.4 Beneficiarios	4
CAPÍTULO 2	5
FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1 Introducción.	5
2.1.1 Misión	5
2.1.2 Visión.....	5
2.2 Proceso de fabricación.	5
2.3 Proceso área moldes.....	8
2.4 Secadero de moldes.....	9
CAPÍTULO 3	12
CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES	12
3.1 Caracterización del sistema de control.....	12
3.1.1 Tablero eléctrico.....	12
3.1.2 PLC ABB 07KR51 Basic Unit.....	13
3.1.3 Variador de frecuencia ABB ACS 143-2K7-3-U	16
3.1.4 Fuente alimentación 24VDC.....	19
3.2 Caracterización del sistema de fuerza	19
3.2.1 Actuadores AF24 y LF 24-SR Belimo.....	19
3.2.2 Humidity/Temperature Transmitter 657-1	20

3.2.3 Motor AC	21
3.3 Caracterización de la interfaz y control	26
3.3.1 Set Point curvas de temperatura y humedad relativa	26
3.3.2 Variables principales dentro del proceso	27
3.3.3 Interfaz funcionamiento secadero moldes.....	28
CAPÍTULO 4	29
OPTIMIZACIÓN Y RESULTADOS DEL PROCESO SECADERO DE MOLDES	29
4.1 Funcionamiento y optimización del Proceso	29
4.1.1 Análisis con GNL combustible alternativo	40
4.2 Optimización de la interfaz de acceso al control del secadero de moldes	44
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del proceso de fabricación en la planta Edesa S.A.	8
Figura 2: Diagrama de flujo del Secadero Moldes.....	11
Figura 3: Tablero Eléctrico Secadero Moldes 3.....	12
Figura 4: (a) PLC ABB AC31 07KR51, Módulos XI16E1, XO08R1, XE08B5.....	15
Figura 5: Variador de Frecuencia ABB ACS 143-2K7-3-U.....	17
Figura 6: Fuente alimentación 24VDC siemens LOGO Power 6ep1332-1sh42.	19
Figura 7: (a) Actuador AF24 Belimo, (b) Actuador LF 24-SR Belimo.....	20
Figura 8: (a) Transmisor HR/T, (b) Sonda de acero inoxidable	21
Figura 9: Motores (a) Main Fan, (b) Dry Flex Fan, (c) Recirculador, (d) Exhaust Fan,	23
Figura 10: Quemador Secadero Moldes.....	24
Figura 11: Válvula para paso GLP.....	25
Figura 12: Válvula genera presión para paso de GNL.	25
Figura 13: Set Points (a TEMPERATURA, (b) HUMERDAD RELATIVA.....	26
Figura 14: Variables con los valores establecidos para el funcionamiento.	27
Figura 15: Interfaz accionamiento secadero.	28
Figura 16: PLC ABB presenta falla continua.	29
Figura 17: Conexión sin protección.	30
Figura 18: Bornera de conexión a tierra.....	31
Figura 19: Curvas antes y después de manipular secadero.	33
Figura 20: Funcionamiento total del secadero (curva errónea).....	34
Figura 21: Compuerta Semiabierta.	35
Figura 22: Manipulación del actuador.	36
Figura 23: Modificación SP temperatura.	37
Figura 24: Pruebas modificación SP temperatura.....	38
Figura 25: Pruebas modificación SP temperatura segunda parte.....	39
Figura 26: Variables y tiempos modificados para el proceso.	39
Figura 27: Temperatura no alcanza SP_T, humedad relativa no cumple con los valores.	40
Figura 28: Curva final al uso de GNL.....	41
Figura 29: Barras HR Real vs HR Teórica.....	43

Figura 30: Grafica del error mostrado en porcentaje.	44
Figura 31: (a) Ventana principal, (b) Botón salir del sistema.	45
Figura 32: Diagrama de flujo Menú Principal sin modificación.	46
Figura 33: Se establece el tipo de seguridad.	48
Figura 34: Selección de seguridad inTouch.	49
Figura 35: Creación de usuarios.	50
Figura 36: Modificación nueva interfaz.	50
Figura 37: Código para el condicionamiento de acceso.	51
Figura 38: Ventana modificada.	52
Figura 39: Accesos confirmados (a) súper usuario, (b) usuario común.	53
Figura 40: Diagrama de flujo con nivel de acceso.	53
Figura 41: Ventana de acceso a los secaderos.	54
Figura 42: Diagrama de flujo para la selección de secadero.	54
Figura 43: Ventana de acceso a los accionamientos de los dispositivos del secadero.	55
Figura 44: Diagrama de flujo Accionamientos manuales.	55
Figura 45: Variables del proceso.	57
Figura 46 : Diagrama de flujo variables del proceso secadero 3.	57
Figura 47: Ventana principal de funcionamiento.	58
Figura 48: Ventana de alarmas.	58
Figura 49: Diagrama de flujo ventana principal y alarmas.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades ABB: PLC y módulos de extensión.....	15
Tabla 2. Variador de Frecuencia ABB	18
Tabla 3. Motores del secadero de moldes	21
Tabla 4. Proceso de optimización secadero moldes.....	42
Tabla 5. Botones de acceso del Menú Principal	47
Tabla 6. Cuadros de texto usuarios y contraseñas.....	52
Tabla 7. Ventana accionamientos manuales	56
Tabla 8. Ventana de alarmas	59

RESUMEN

Este proyecto técnico se centra en el proceso de secado de moldes en la planta EDESA S.A., el tiempo de vida de este sistema es de 20 años, en los cuales se ha intervenido en los quemadores, y no un mantenimiento preventivo general, se ha realizado un estudio para mejorarlo.

Para su optimización se ha realizado la caracterización de la máquina, identificando sus principales elementos, para reconocer las variables que intervienen en la solución y mejorar el rendimiento del mismo.

La humedad generada en el proceso de secado no se extrae correctamente, debido al mecanismo de una compuerta y el motor de extracción, para mejorar este sistema se rediseñó la parte eléctrica como protecciones, nuevo cableado y reemplazo de elementos obsoletos o dañados de acuerdo a normas eléctricas que rigen en nuestro país a través de planos eléctricos.

En la parte de control del proceso se modificó la interfaz existente, mejorándolo mediante el acceso por claves para evitar su mala manipulación, las curvas de set point de temperatura también fueron modificadas para que trabaje con el posicionamiento de la compuerta modificada.

Los tiempos de activación del quemador fueron alterados para que el extractor pueda actuar con la compuerta en forma conjunta lo que mejoró todo el proceso y las curvas de funcionamiento se visualicen con un rango apreciable. Se realizó una comparación de funcionamiento antes y después de la implementación de este proyecto, obteniendo una disminución del error de 70 % al 3.33 %, lo que valida todo lo desarrollado.

ABSTRACT

This technical project focuses on the process of drying of molds in the EDESA SA plant, the lifetime of this system is 20 years, which has intervened in the burners, and not a general preventive maintenance has been performed a study to improve it.

For optimization was performed characterization of the machine, identifying its main elements, to recognize the variables involved in the solution and improve performance.

The humidity generated in the drying process is not extracted correctly, due to the mechanism of a gate and the extraction engine, to improve this system the electrical part as protection, new wiring and replacing obsolete or damaged items according to standards was redesigned. They are governing power in our country through electrical drawings.

Referring to the process control, it was modified by the existing interface, getting better through the access by keys to avoid the wrong manipulation of them, it was modified the set point curves of temperature to work with the position of the modified gate.

The activation times were altered burner so that the extractor can act jointly gate which improved the process and performance curves are displayed with an appreciable range. A comparison operation was performed before and after implementation of this project, resulting in a decrease of error 70% to 3.33%, which validates everything developed.

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales cada vez más están llevándose a cabo por máquinas inteligentes, por lo que su óptimo rendimiento dependerá del mantenimiento y repotenciación, según las tendencias tecnológicas.

El presente trabajo de titulación dará a conocer la optimización del proceso de un secadero de moldes en la planta EDESA S.A., cabe recalcar que máquinas como ésta existen varias, a diferencia que se ha enfocado en el área de moldes, debido a la demanda en la fabricación y entrega de diferentes modelos a las distintas áreas.

El proceso del secadero de moldes está reflejado en un desarrollo de fabricación anterior, llegando al último paso que es el secado de las piezas, de acuerdo a las tendencias del cliente, éstas cambiarán repentinamente por lo que el óptimo funcionamiento de la máquina es de gran importancia en la planta.

La optimización de la máquina abarca la realización de la caracterización de ésta, pues su tecnología es ya obsoleta, y el funcionamiento de la misma no va acorde con el tiempo estimado de entregas, además las piezas no tienen una óptima calidad, por lo que no cumplen un tiempo útil de trabajo y deben ser reemplazadas constantemente.

El presente proyecto contiene los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Detalla el problema presente dentro del proceso de secado de moldes y la justificación de este desarrollo.

Capítulo 2: Es una descripción breve de la planta en donde se lleva a cabo el proyecto de titulación, además del proceso de fabricación desarrolladas en sus distintas áreas.

Capítulo 3: Presenta la caracterización y reconocimiento del equipo y sus elementos principales, tanto hardware como software dentro del proceso de secado.

Capítulo 4: El proceso de optimización, pruebas y resultados del sistema de secadero de moldes.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

En el control de procesos es importante asegurar que las variables a utilizar trabajen estrictamente de acuerdo a sus rangos de funcionamiento, en el mejor de los casos con márgenes de error por bajo lo establecido. Si esto no sucede el proceso es afectado, disminuyendo su calidad y el coste, en casos extremos la planta deja de funcionar.

En la actualidad la empresa Edesa S.A. situada en la ciudad de Quito, especializada en la fabricación de sanitarios, juegos de griferías y demás artículos de baño, cuenta con diferentes procesos para la creación de cada uno de estos productos, el área encargada de la elaboración de moldes es una de ellas, ésta se encarga del llenado de yeso procesado y tratado sobre moldes de fibra, además de tener su propia área de secado de piezas, en esta última se detecta una falla, lo que ocasiona que las piezas tengan una calidad inferior a la deseada.

El presente proyecto técnico pretende mejorar el control del sistema de secado de las piezas, actualizando la parte eléctrica del proceso.

1.2 Justificación

La empresa Edesa S.A. ha sido desde hace muchos años un referente de calidad en la fabricación de sanitarios y griferías a nivel nacional e internacional, por lo que sus procesos requieren estar al día en tecnología para que cumplan con las normas de calidad establecidas.

El proceso de secado de moldes no está funcionando de manera correcta, desde hace algún tiempo, éste debe cumplir tiempos determinados de secado bajo condiciones de temperatura y humedad relativa establecidos, una solución provisional es la extensión del tiempo de secado dentro de la máquina y otro tiempo adicional fuera de ésta, a una temperatura ambiente, lo que disminuye la producción y aumenta los costes de fabricación por lo que se ve en la necesidad de poner énfasis en la solución de esta problemática, pues no es el único secadero con falla, además de la dificultad en la solución de estos por la tecnología ya obsoleta tanto en hardware como software.

El presente proyecto técnico obtiene la caracterización del secadero como primer punto, verificando el funcionamiento de los sensores, así como los diferentes elementos que componen el funcionamiento de este proceso, con estos datos se analiza cómo el control funciona, para realizar una nueva automatización que permita mejorar la producción que en la actualidad existe.

Se caracteriza el proceso de secado de moldes que no está funcionando correctamente, se verifica el funcionamiento de los diferentes sensores, procesadores y actuadores que están presentes en el proceso.

Con estos se procede a diseñar los sistemas de protección, de potencia y control, mejorando la producción que en la actualidad existe.

El sistema cuenta con extractores, ventiladores, compuertas y el quemador, cuya potencia es alta al funcionar conjuntamente, por lo que es importante tomar en cuenta sus protecciones, tanto como fusibles, relés, guarda motores y relés térmicos para los contactores, todo estos dispositivos se componen dentro del tablero eléctrico, además

de las protecciones tableros y subtableros desde la red eléctrica de 22 KV hasta la distribución dentro de la empresa de 460 V para los diferentes equipos y que en el caso del Secadero de moldes es de 440 V / 60 A.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo General:

Optimizar el proceso de secado de moldes de sanitarios en la empresa Edesa S.A. priorizando a variables de temperatura y humedad relativa como puntos de partida, para que la calidad de los moldes no se vea afectada.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Obtener la caracterización del proceso de secado de moldes de sanitarios, adquiriendo datos de su funcionamiento para optimizar la elaboración de estos.
- Diseñar el sistema eléctrico y electrónico, analizando cada una de las partes que conforman el procedimiento de secado de moldes de sanitarios para su óptimo funcionamiento.
- Renovar el HMI del proceso de secado de moldes para que cumplan con las necesidades del usuario.
- Realizar un cuadro comparativo del funcionamiento del secadero de moldes, tomando datos de las variables temperatura y humedad relativa, además de sus gráficas y tiempos de trabajo, durante el proceso de optimización.

1.4 Beneficiarios

Se puede definir un aspecto muy importante cuando se detalla al o los consumidores, pues al desarrollar un determinado proyecto, se busca facilitar la cotidianidad o la forma de vivir de un grupo de personas. Para el presente proyecto el beneficiario principal es la empresa EDESA S.A. que al intervenir en el funcionamiento de uno de sus procesos, se intenta disminuir el tiempo de producción ya que ha estado funcionando de manera incorrecta, necesitando un tiempo adicional a temperatura ambiente dentro del proceso de secado de los moldes. Al dar solución a esta problemática, la empresa aumentará la producción en general, además de disminuir los costes en materia prima que en este caso se utiliza el yeso, que al no cumplir con las condiciones establecidas, éste sufre daños rápidamente, teniendo así que cambiar moldes constantemente.

Se considera también como beneficiarias a todas las personas a las que llega el producto final, que al cumplir tiempos de proceso correctos, se puede crear nuevos moldes, para así cumplir con las exigencias de los clientes, tanto en gusto como en calidad.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Introducción.

Actualmente, Edesa S.A. está conformada por alrededor de 1000 trabajadores, además cumple las regulaciones aplicables o aceptados en los mercados a los cuales vende por más de 40 años, Canadá con la normas CSA, Estados Unidos IAPMO, ajustables para los mercados de Centro América, Colombia, Perú y otros países de América del Sur, e INEN, sello de calidad para el Ecuador (Aguas, 2016).

2.1.1 Misión

“Establecer y promover prácticas aceptables que logren mantener un ambiente de trabajo, seguro, saludable y confortable, desarrollando programas orientados a prevenir accidentes e incidentes de trabajo, así como promocionar la buena salud física y mental de los trabajadores” (Aguas, 2016).

2.1.2 Visión

“Empresa dinámica, innovadora, competitiva, con la mejor oferta de ambientes para baño en los mercados local e internacional.” (Aguas, 2016)

2.2 Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación comprendido en diferentes áreas, son explicadas brevemente a continuación:

Preparación Pasta: La materia prima (material barro, arcilla) se almacena bajo cubiertas, que son tratadas, procesadas y clasificadas, para continuar con un proceso de pulverización dentro de molinos de distintas clases, esta es mezclada con agua tratada para crear una especie de pasta, que cumple con normas establecidas.

Preparación Esmalte: Esta área se encarga de la realización del esmalte de diferente color, dependiendo de las exigencias del consumidor, como tonalidades, densidad y calidad, las cuales deben cumplir los estándares, para trasladarse a otras áreas.

Moldes: El área dedicada a la realización de los distintos modelos de sanitarios lavamanos pedestales, etc., dependiendo de las tendencias mundiales, por lo que cada cierto tiempo se diseñan nuevos modelos.

Vaciado: En esta área la pasta procesada se traslada mediante un circuito de tuberías hacia las distintas máquinas, una vez almacenada en tanques y cisternas, ésta es llenada dentro de los moldes, cumpliendo un tiempo estimado para la creación de nuevas piezas. Al retirar de los respectivos moldes, la pieza es colocada en una especie de área de ventilación junto a la máquina de vaciado, para transportarse a otra área.

Parqueaderos: Las piezas que se retiran de los moldes, llegan a estas áreas donde a base de ventiladores de aspas cumplen la función de ventilar el área y secar de manera simple las piezas.

Secaderos: Son máquinas en donde las piezas entran a un proceso el cual cumple rangos de temperatura, humedad y tiempos establecidos, las piezas se secan y toman una consistencia adecuada para la continuación de su fabricación.

Inspección Cruda: Una vez secadas las piezas, llegan al área que realiza una inspección en crudo, es decir verifica anomalías, roturas e imperfecciones de la pieza para poder continuar a otro proceso.

Esmaltado: El área destinada para el esmaltado, donde las piezas ya inspeccionadas son procesadas con las diferentes tonalidades de esmaltes, y que son separadas por modelo y color en coches de tracción manual.

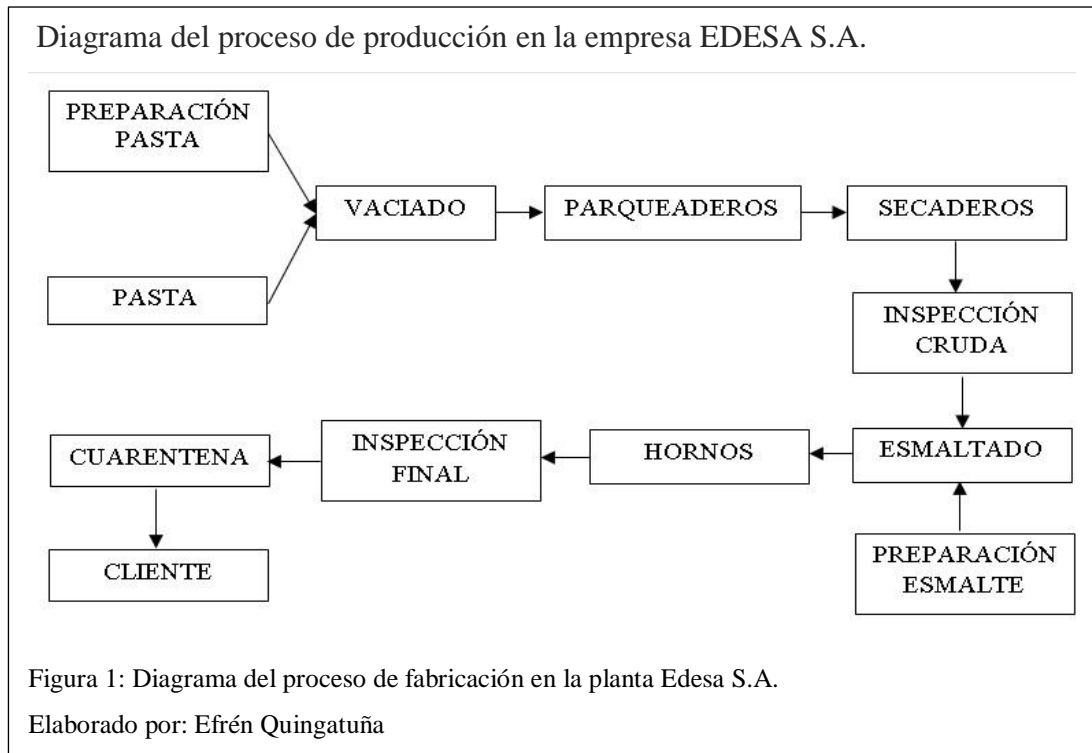
Hornos: El área encargada de procesar a una temperatura adecuada, cada una de las piezas, que ingresan en vagonetas, que pasan por un ciclo de trabajo antes inspeccionado. Además de ser el sector más importante de la planta, debido a esto la empresa no para su producción durante 4 años seguidos, hasta cumplir este periodo, la paralización total de la planta tiene como objetivo la programación del mantenimiento de todos los equipos, en especial de los motores que componen cada uno de los hornos.

Inspección Final y Embalaje: Las piezas que salen de los hornos, están listas para su inspección: revisión de roturas, imperfecciones y color de estas, que pueden ser reparadas o desechadas dependiendo de la clase o categoría que se consideren, es decir de exportación, de primera y segunda calidad.

Inspección de la calidad: Las piezas que se seleccionan dentro de un grupo determinado llegan a un reconocimiento riguroso con instrumentos de alta tecnología, para revisión de su funcionamiento, y así considerar un producto calidad.

Cuarentena: Ésta área simplemente es la que almacena el producto listo para ser transportado a las distintas bodegas dentro y fuera de la ciudad o en su mayor parte hacia los contenedores que son vendidos al exterior.

En la Figura 1 se puede observar el flujo del proceso antes descrito.



2.3 Proceso área moldes

El área de moldes comprende varias sub áreas para lograr que el proceso sea modular, y son: Matricería que se encarga del estudio, proceso y creación de los distintos modelos de las piezas; Vaciado y llenado es el área destinada para el relleno del material previamente tratado, dentro de los moldes, y que cumple un tiempo determinado dentro de éstos.

La siguiente área no tiene nombre específico, pero cumple el rol de almacenar las piezas que son retiradas de los moldes, en lo posterior son colocados dentro de un secadero por medio de montacargas.

Para el presente proyecto se caracteriza y optimiza el secadero de moldes de sanitarios.

2.4 Secadero de moldes

El secadero de moldes descrito anteriormente cumple el siguiente procedimiento:

1. Al iniciar el ciclo que dura aproximadamente 5400 minutos se encienden varios equipos, que son motores principalmente, quemador, compuertas, recirculadores, y extractores.
2. Se enciende el quemador que podría funcionar con gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural licuado (GNL), actualmente se trabaja con GLP, con una temperatura establecida previamente.
3. Iniciado el ciclo actúan también los ventiladores de los conos, que se encargan de distribuir el aire caliente generado por el quemador, dentro de toda el área y así obtener una mejor distribución.
4. Conforme aumenta la temperatura dentro de la máquina, existe el set point (SP) tanto para la temperatura (T) como para la humedad relativa (HR), la temperatura aumenta de 75°C a 80.1 °C para luego descender a los 66.4°C, la humedad relativa disminuye del 50.5% al 9.1 %, dependiendo del tiempo que se encuentren los moldes dentro de la máquina.
5. Al alcanzar la temperatura requerida el quemador pasa de llama alta a llama baja, para mantener este nivel.

6. Durante este proceso el ambiente se torna húmedo, por medio de un sensor de humedad, se activa una compuerta para desfogar el aire caliente y extraer la humedad generada, esto hace que la temperatura descienda por lo que el quemador nuevamente pasara a llama alta para recuperar temperatura perdida.

7. Al pasar el quemador a llama alta, nuevamente se desactiva el extractor y la compuerta, permitiendo así que recircule el aire caliente únicamente dentro del área.

Este proceso aproximadamente dura 5 segundos, puesto que la temperatura debe mantener su rango y no permite que ésta descienda, haciendo que las piezas no cumplan con las exigencias de calidad. Todo este proceso se lo puede simplificar con el siguiente diagrama de flujo Figura 2.

Diagrama de flujo proceso de secadero Moldes

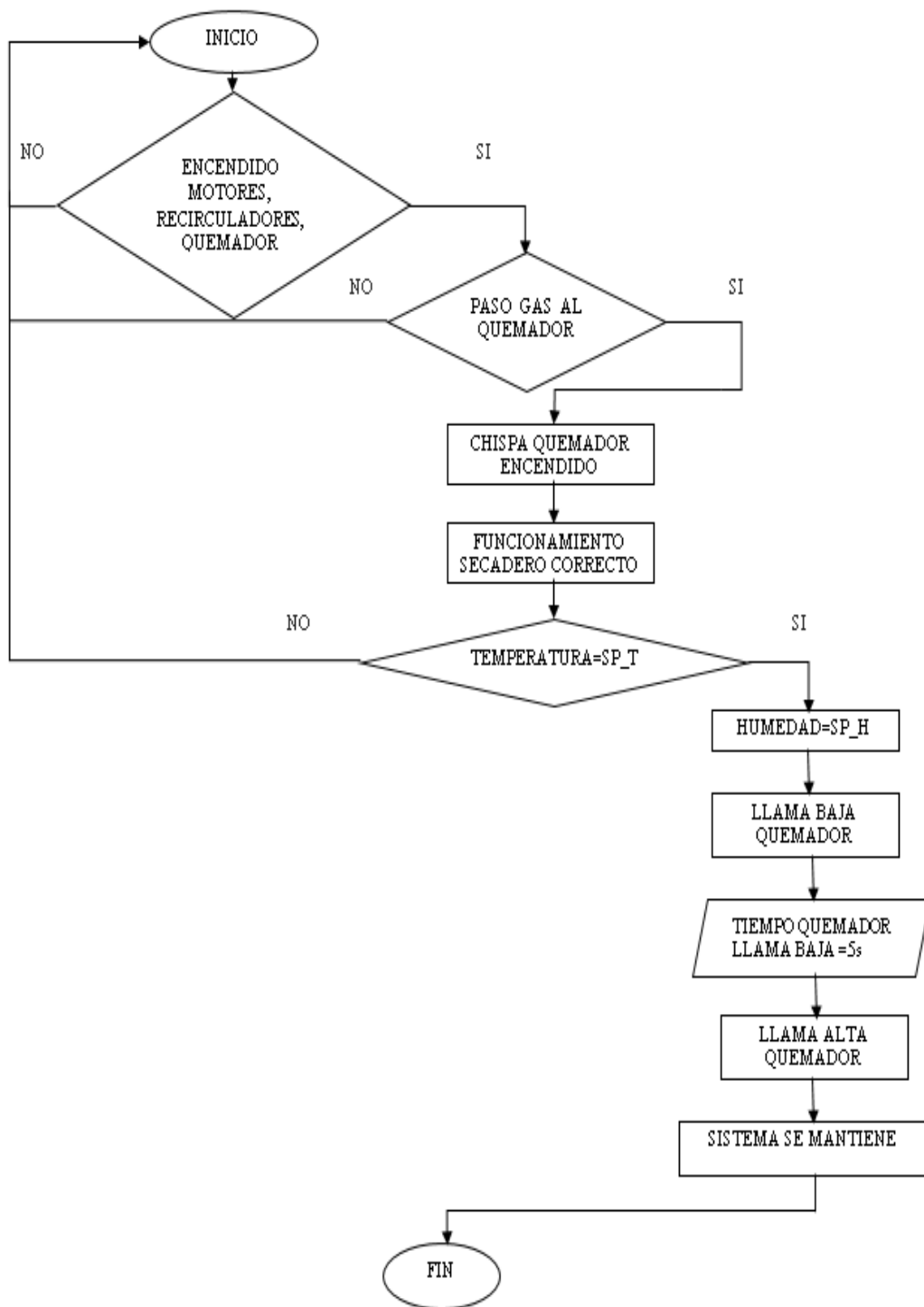


Figura 2: Diagrama de flujo del Secadero Moldes.

Elaborado por: Efrén Quingatuña

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES

En el presente capítulo se ejecuta la caracterización de la máquina y su funcionamiento antes de realizar este proyecto, esto es la parte eléctrica y control del secadero de moldes y los problemas que existen en su funcionamiento.

3.1 Caracterización del sistema de control

3.1.1 Tablero eléctrico

En el tablero de control se encuentra distintos dispositivos eléctricos como son: Fuente 24VDC, Controlador Lógico Programable (PLC), módulos de extensión, contactores con bobinas 110V, relés 110VAC y 24VDC, guarda motores, fusibles de protección y variador de frecuencia, ver Figura 3: Tablero Eléctrico Secadero Moldes 3.

Tablero de control



Figura 3: Tablero Eléctrico Secadero Moldes 3
Fuente: EDESA S.A.

Debido al ambiente industrial, a las grandes cargas de voltaje y por ende a las caídas y subidas de tensión, el sistema de protección del circuito eléctrico consta de fusibles en cada línea de alimentación, relés y además para motores, actuadores, PLC, etc. A continuación se detalla los dispositivos con mayor importancia dentro de este tablero, sin dejar de lado el resto de dispositivos eléctricos.

3.1.2 PLC ABB 07KR51 Basic Unit

El sistema de automatización utilizado para operar PLCs de la marca ABB despliega accesibilidad tanto a los inexpertos como a adiestrados usuarios en el campo de la automatización, para distintas aplicaciones con 14 a 1000 entradas / salidas, mediante el uso de módulos.

Desde un proceso con funciones básicas hasta grandes instalaciones cubriendo distancias magnas, inclusive kilómetros y que es viable efectuar aplicaciones distribuidas a lo largo de cualquier espacio industrial, o una máquina donde cada elemento (unidad central, unidad de entrada / salida) se encuentre cerca de los sensores / actuadores. El desarrollo en este campo es proceso a pasos (ABB ADVANT CONTROLLER 31 Manual técnico, págs. 1-2).

En el tablero existe además del AC31 07KR51 Basic Unit, 6 módulos de extensión, XI16E1, XO08R1, XE08B5, ICMK14N1 Remote Unit, XM06B5, que están dedicados al control de temperatura y al de humedad relativa, como se mostró en la Figura 4: (a) PLC ABB AC31 07KR51, Módulos XI16E1, XO08R1, XE08B5., cuyas características se pueden observar en la Tabla 1.

El protocolo de comunicación utilizado para el PLC 07KR51 es en modo MODBUS, enlazado con el computador con una interfaz RS232, este modo es un maestro esclavos y funciona de tal manera que el PLC maestro envía pedidos y espera por respuestas del o los esclavos. (ABB ADVANT CONTROLLER 31 Manual técnico, págs. 7-3)

PLC AC31 y módulos de extensión



(a)



(b)

Figura 4: (a) PLC ABB AC31 07KR51, Módulos XI16E1, XO08R1, XE08B5.

(b) Módulos ICMK14N1 Remote Unit, XM06B5, XM06B5.

Fuente: EDESA S.A.

Tabla 1.

Unidades ABB: PLC y módulos de extensión

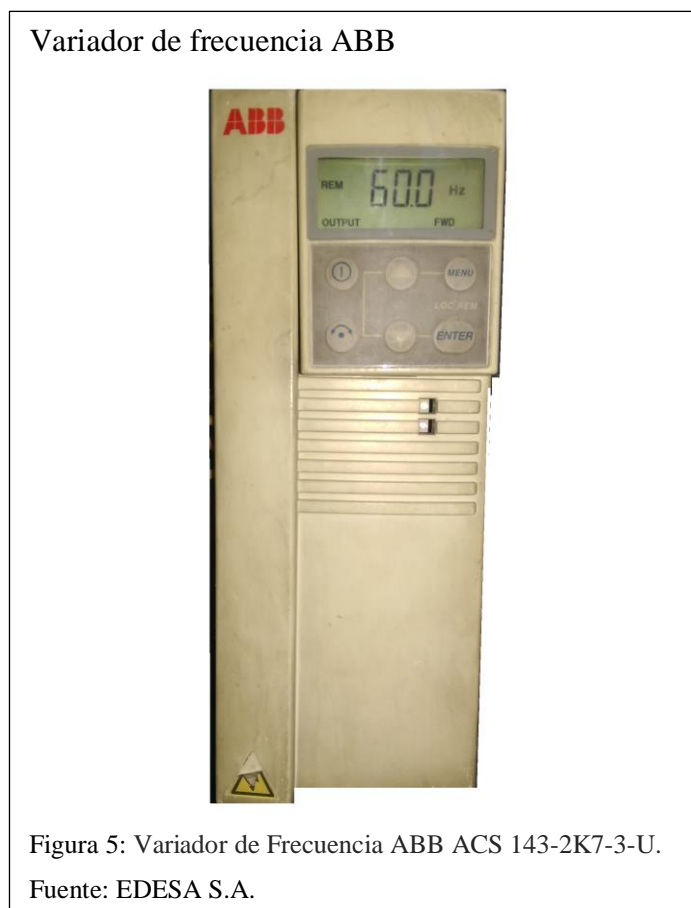
UNIDAD CENTRAL	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
07KR51	Unidad central extensible con bus CS31 con 8 entradas aisladas de 24 VDC y 6 salidas de relé incorporadas para 250 Va.c. / 2 A interfaz RS232 o RS485 para programación o comunicación ASCII o MODBUS Alimentación 24 V d.c.	1SBP260010R1001
UNIDAD REMOTA EXTENSIBLE		
ICMK14N1	Unidad remota extensible con 8 entradas aisladas 24 V d.c. y 6 salidas de relé 250 V a.c. / 2 A Alimentación 24 V d.c.	1SBP260050R1001
EXTENSIONES		
XO08R1	Extensión binaria con 8 salidas de relé 250 V a.c. / 2 A	1SBP260101R1001
XE08B5	Extensión analógica con 8 entradas configurables para corriente / tensión/ Pt 100 / Pt 1000 resolución 12 bits	1SBP260106R1001
XM06B5	Extensión analógica con 4 entradas configurables para corriente / tensión / Pt 100 / Pt 1000 y 2 salidas configurables para corriente / tensión resolución 12 bits	1SBP260103R1001
XI16E1	Extensión binaria con 16 entradas aisladas 24 V d.c.	1SBP260100R1001

Nota: Descripción técnica PLC y módulos de extensión ABB, Fuente: (ABB ADVANT CONTROLLER 31 Manual técnico).

3.1.3 Variador de frecuencia ABB ACS 143-2K7-3-U

Este variador es un dispositivo electrónico capaz de controlar motores de corriente alterna a través del control de la frecuencia de voltaje alimentados a los mismos.

El ACS 143 debe ser instalado en una ambiente nítido y áspero, libre de goteos de agua, material corrosivo y polvo conductor, su aislamiento debe resguardar un cierto grado de contaminación, ver la Figura 5: Variador de Frecuencia ABB ACS 143-2K7-3-U. (ACS 140 User's Manual, pág. 2).



En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se describen los principales datos del variador de frecuencia montado en el tablero eléctrico.

Tabla 2.

Variador de Frecuencia ABB

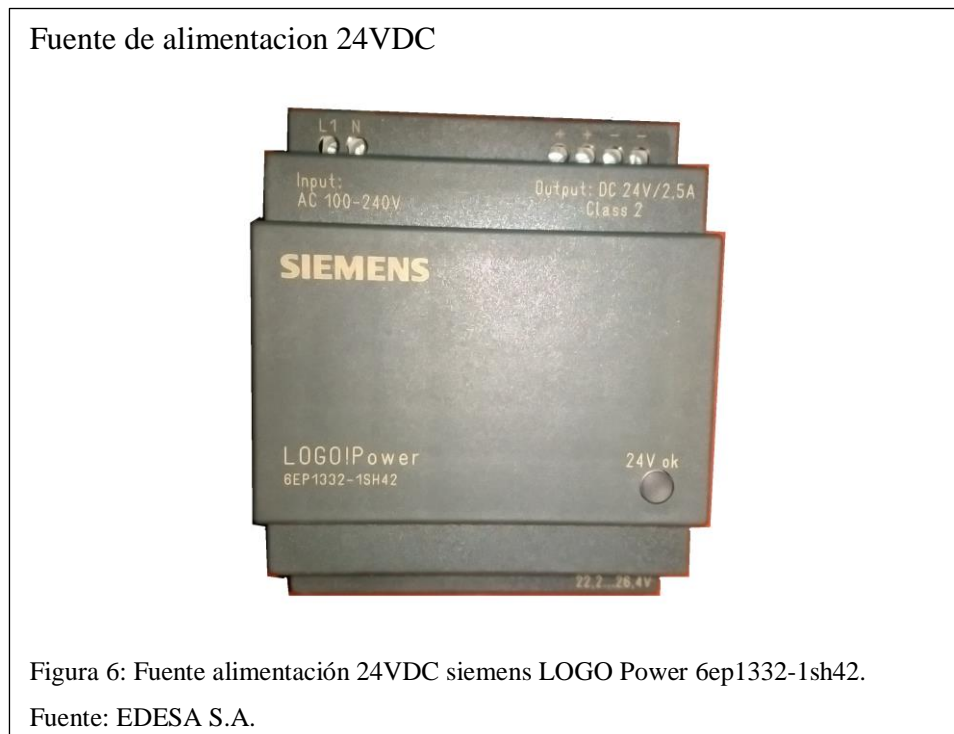
Item Number:	ACS143-2K7-3-U
Brand:	ABB
Item Category:	Drive
Series:	ACS140
Type:	AC
HP(CT):	2
V:	480
A(CT):	3.6
NEMA:	OPEN
IEC:	IP20
Vin:	480
Input Power:	3PH
Height (in):	8.58
Width (in):	3.15
Depth (in):	6.65
Series:	ACS140
H x W x D:	8.58 in x 3.15 in x 6.65 in
Net Weight:	3 lb 5 oz

Nota: Descripción técnica Variador de frecuencia ABB, Fuente: (ACS 140 User's Manual).

3.1.4 Fuente alimentación 24VDC

La fuente de alimentación LOGO! POWER 24V 1,3A - 6EP1331-1SH03 de Siemens tiene una tensión de salida de 24 VDC y una intensidad de 1,3 A. La fuente suministra una gran potencia en un reducido espacio. El provecho de todo el intervalo de carga hasta la baja disipación de energía, avala su poder. La temperatura de funcionamiento de hasta + 70 °C, hace que la fuente de alimentación proporcione un suministro eléctrico fiable, se muestra en la

Figura 6: Fuente alimentación 24VDC siemens LOGO Power 6ep1332-1sh42. (Siemens Data sheet 6EP1331-1SH03).



3.2 Caracterización del sistema de fuerza

3.2.1 Actuadores AF24 y LF 24-SR Belimo

Se aplica para la modulación proporcional de amortiguadores, el tamaño del actuador debe elegirse de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

El actuador está acoplado directamente a un eje de la compuerta hasta 1,05 pulgadas de diámetro por medio de su abrazadera universal. Una biela y varios soportes de montaje están disponibles para aplicaciones en las que el actuador no se puede acoplar claramente al eje de la compuerta, como se muestran en la Figura 7: (a) Actuador AF24 Belimo, (b) Actuador LF 24-SR Belimo (BELIMO AF24-SR US, 2016, pág. 24).

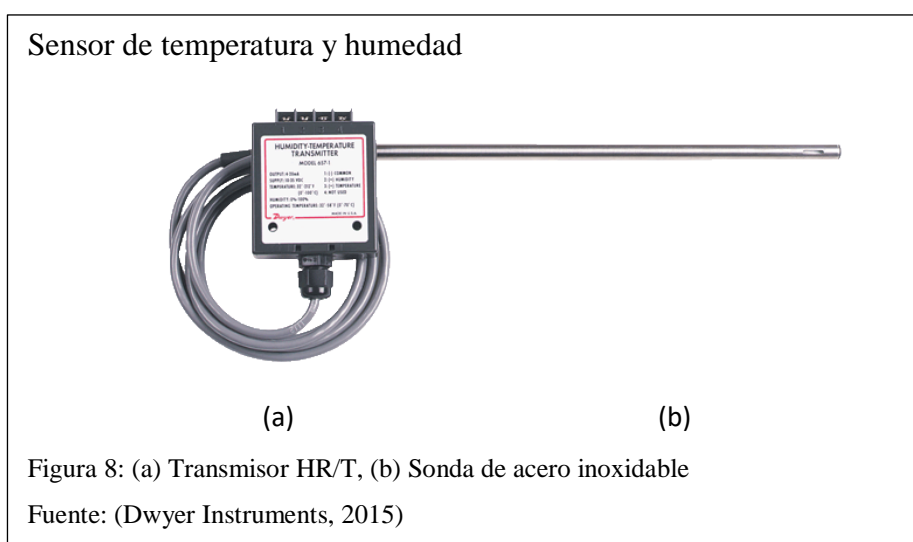
El actuador entra en funcionamiento en respuesta a un voltaje de 2-10 VDC.



3.2.2 Humidity/Temperature Transmitter 657-1

Ofrece dos canales de 4-20 mA para inducir señales de salida separadas de humedad relativa y temperatura. Este dispositivo tiene una exactitud del $\pm 2\%$ para mediciones de humedad y del $\pm 3\%$ para temperatura.

La serie 657-1 tiene un sensor de película de polímero integrada con tecnología de vanguardia, para asegurar gran confiabilidad y estabilidad como se muestra anteriormente en la Figura 8: (a) Transmisor HR/T, (b) Sonda de acero inoxidable (Dwyer Instruments).



3.2.3 Motor AC

En la Tabla 3 se describe los datos de cada motor existente en el secadero de moldes.

Tabla 3.

Motores del secadero de moldes

No.	Descripción	Potencia (HP)	Voltaje (V)	FP	EFF	FLA (A)
1	EXHAUST FAN	-	440	-	-	1.9
2	MAIN FAN	5	230/460	83	87.5	13.2/6.6

3	DRY FLEX FAN 1	5	230/460	85.0	89.5	12.6/6.3
4	DRY FLEX FAN 2	5	230/460	85.0	89.5	12.6/6.3
5	RECIRCULADOR 1	0.12	277/480	-	-	0.75/0.4
6	RECIRCULADOR 2	0.12	277/480	-	-	0.75/0.4
7	MAIN FAN QUEMADOR	0.33	230/460	80.0	74	1.1/0.55

Nota: Descripción datos motores secadero moldes, Elaborado por: Efrén Quingatuña

Un motor es una máquina capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, a través de fenómenos electromagnéticos. Los motores se muestran en la

(e)

Figura 9: Motor (Harper, 2004, pág. 273).

Motores AC



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 9: Motores (a) Main Fan, (b) Dry Flex Fan, (c) Recirculador, (d) Exhaust Fan,
(e) Main Fan Quemador

Fuente: EDESA S.A.

A continuación se explica la Figura 10, el quemador que es el equipo principal dentro del secadero de moldes, pues maneja tanto la temperatura como la humedad generada dentro de la máquina.

Quemador a gas Secadero Moldes



Figura 10: Quemador Secadero Moldes.

Fuente: EDESA S.A.

Está compuesto de varios dispositivos como son: actuadores, sensores de presión, ventilador, válvulas, filtros, controlador de llama, transformador, fotocelda, bujía, entre otros.

El quemador funciona principalmente con GLP, que por su composición, disminuye el tiempo para llegar a la temperatura deseada, en el quemador las válvulas de paso deberán estar abiertas al máximo como se muestra en la Figura 11, por la presión que ejerce.

Posición válvula para GLP



Figura 11: Válvula para paso GLP.

Fuente: EDESA S.A.

A finales del año 2015, por la crisis del petróleo, la empresa se ha visto afectada por los costos del GLP, como alternativa se tiene al GNL, que es una mezcla de gases que se encuentran en yacimientos fósiles, es un compuesto que ayuda al medio ambiente, pero el proceso no se completa en forma eficiente. El uso de GNL en EDESA S.A, tiene fines de prevención y en el caso actual, como fuente principal de funcionamiento por escasez del GLP (TECNUN-Libro Electrónico- CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE, 2016).

Posición válvula para GNL



Figura 12: Válvula genera presión para paso de GNL.

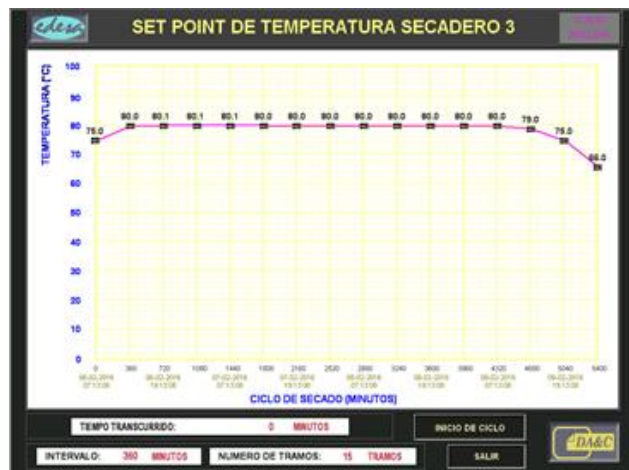
Fuente: EDESA S.A.

En la Figura 12, se muestra la válvula de paso para GNL, ésta se encuentra semiabierto aproximadamente 45 %, debido a que necesita la mayor presión para poder alcanzar la llama deseada.

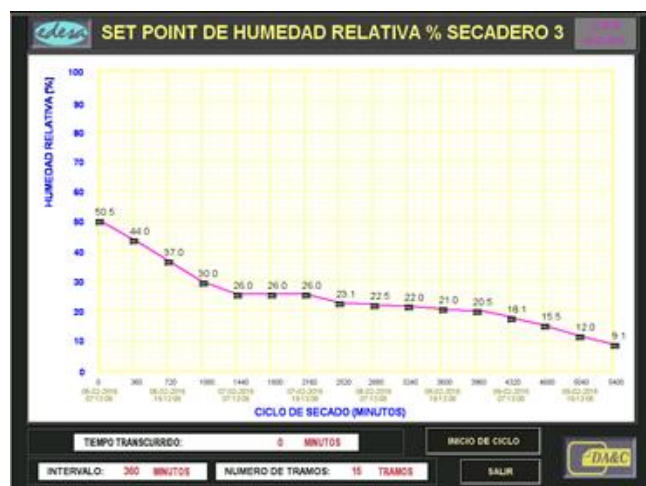
3.3 Caracterización de la interfaz y control

3.3.1 Set Point curvas de temperatura y humedad relativa

Curvas Set Point de temperatura y humedad relativa



(a)



(b)

Figura 13: Set Points (a) TEMPERATURA, (b) HUMERDAD RELATIVA

Fuente: EDESA S.A.

Las gráficas que se encuentran en la Figura 13 muestran la referencia con respecto al tiempo, para la temperatura y el porcentaje de la humedad relativa, cuyo funcionamiento es de la siguiente manera.

Conforme transcurra el tiempo el set point varía automáticamente, el funcionamiento está basado principalmente en la temperatura, ya que al encenderse el secadero empieza el quemador a activarse en llama alta, es decir a su máxima capacidad, hasta llegar a ese valor, para que active a los dispositivos que tienen la función de extraer la humedad siguiendo así la curva set point de humedad relativa.

3.3.2 Variables principales dentro del proceso

Las variables que se manejan principalmente en este proceso, se las detalla en la Figura 14, en donde se aprecia los valores y la función que cumplen cada una de ellas.

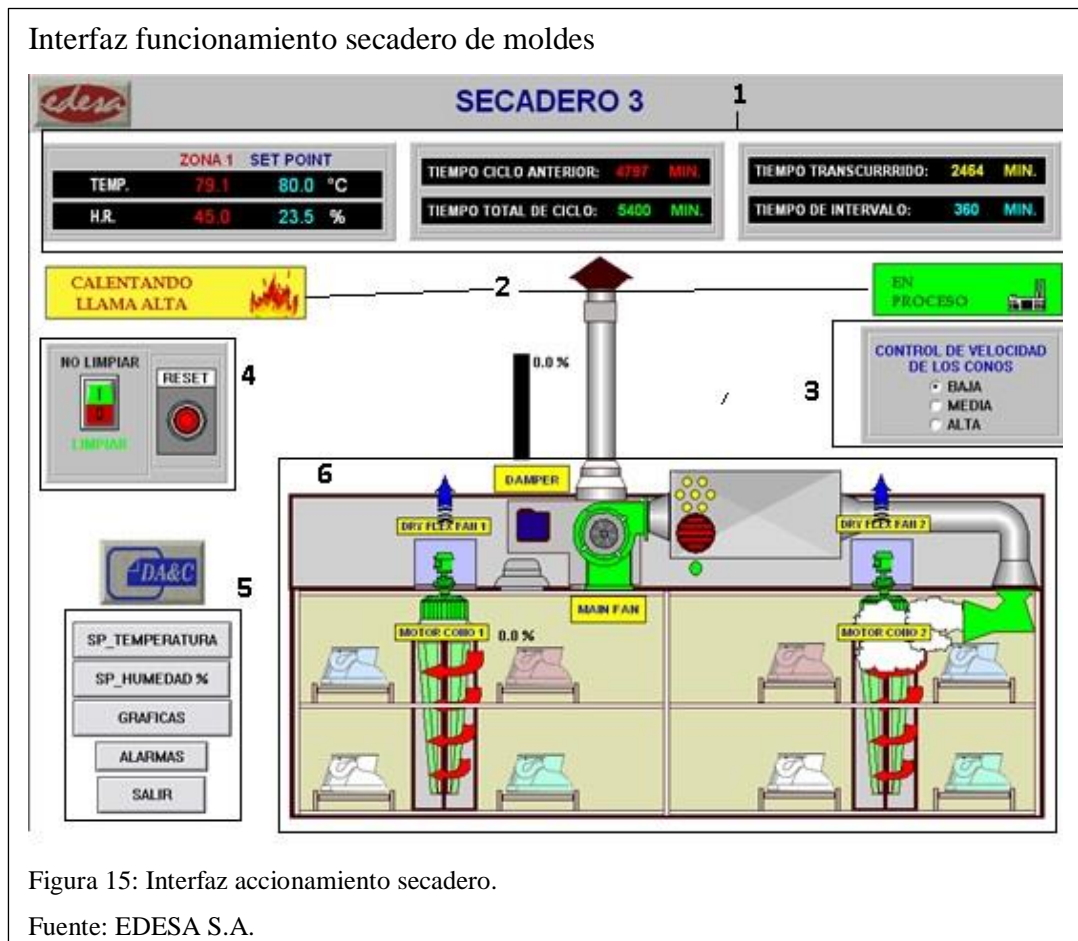
Variables del proceso	
CONTROL DE PROCESO SECADERO 3	
0.6	DT1: DELTA T PARA PRENDER EL QUEMADOR EN LLAMA BAJA
0.6	DT2: DELTA T PARA PRENDER QUEMADOR EN LLAMA ALTA
0.1	DT3: DELTA T PARA APAGAR QUEMADORES
6.0	DT4: TEMPERATURA >= SP-DT4 PARA ACTIVAR DEHUMIDIFICACION
0.2	DT5: DELTA DE TEMPERATURA SOBRE SP PARA PRENDER EXTRACCION
2.0	DHR: DELTA HR PARA DEHUMIDIFICAR
2.5	LIMITE PARA DETERMINAR SI SP_HR ES BAJO
0.5	AJUSTE_T: AJUSTE DE T PARA MEDICION DE TEMPERATURA
0.1	AJUSTE_HR: AJUSTE DE HR PARA MEDICION DE HR
60	TIEMPO DE LIMPIEZA EN SEGUNDOS

Figura 14: Variables con los valores establecidos para el funcionamiento.
Fuente: EDESA S.A.

3.3.3 Interfaz funcionamiento secadero moldes

El secadero de moldes se activa mediante un computador, su manipulación es accesible al usuario, en la Figura 15 están bien definidos sus partes y a continuación se detallan:

1. Variables y datos valores medidos, Setpoints, tiempos de funcionamiento.
2. Mensajes de funcionamiento Secadero.
3. Control velocidad motores recirculadores.
4. Opción: limpieza, extracción humedad y calor del secadero.
5. Botones acceso de ventanas emergentes del proceso.
6. Secadero de moldes (denominación dispositivos en color amarillo).



CAPÍTULO 4

OPTIMIZACIÓN Y RESULTADOS DEL PROCESO SECADERO DE MOLDES

En este capítulo se presenta el estudio, proceso y resultados de la optimización de funcionamiento del sistema de secadero de moldes. Una vez realizada la caracterización de las partes fundamentales que conforman el proceso de secado, se procede a verificar y comprobar el funcionamiento de estos elementos.

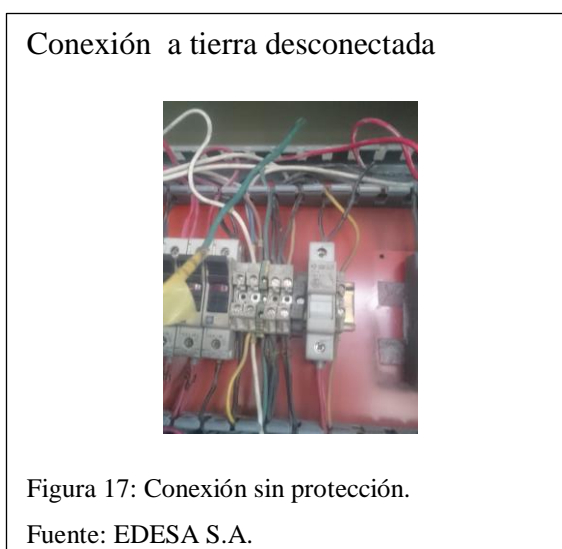
4.1 Funcionamiento y optimización del Proceso

El primer punto es la revisión del funcionamiento del PLC y sus módulos de extensión, estos presentan una falla constante y se representa en la Figura 16, los módulos dedicados a la lectura de los valores tanto de temperatura como humedad repercuten en el funcionamiento del sistema de secado de moldes



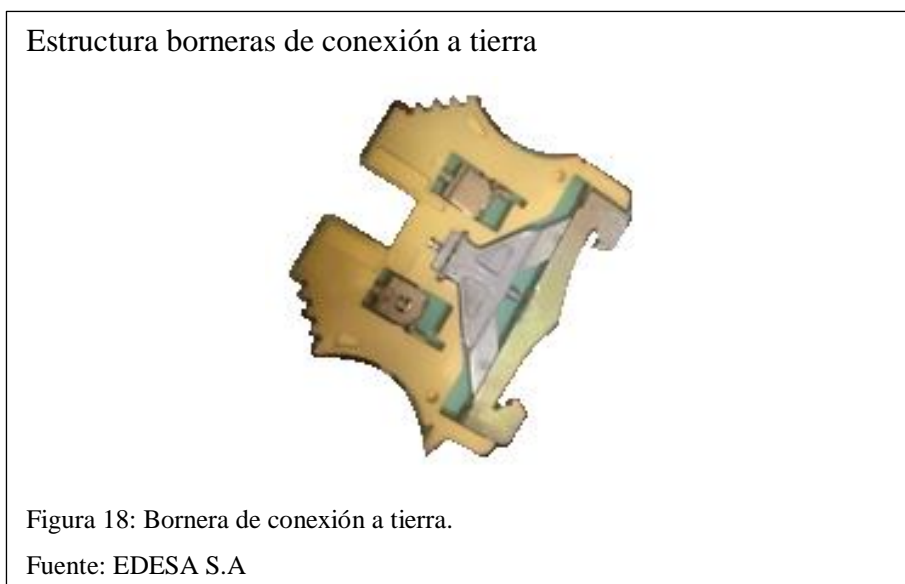
Se realiza la comprobación, obteniendo resultados de forma normal, activando las salidas respectivas a los diferentes dispositivos, por lo que hasta el momento se podría descartar un problema interno en PLC y sus módulos.

Luego de verificar las conexiones del PLC, se procede a realizar un seguimiento riguroso de éstas, en todo el tablero eléctrico, como resultado se observa que los cables de fuerza de un guarda motor están sulfatados y recalentados, por motivo de un mal reajuste del cable en el dispositivo, que hace que se genere esta falla común en ambientes industriales.



Al continuar con la revisión se halla el cable de conexión a tierra desconectado, que se muestra en la Figura 17, es de suma importancia dentro de un sistema esta puesta a tierra, por protección a las personas, equipos, instalaciones ante problemas generados por descargas y evitar el ruido eléctrico principalmente.

Los cables que se encuentran desconectados, mediante los permisos respectivos son retirados, y otros aislados, en el caso del cableado de conexión a tierra, se encuentran algunos cables interconectados entre sí, esto es innecesario debido a que la estructura de la bornera como se muestra en la Figura 18, está diseñada para hacer contacto directo con la parte metálica del tablero, esta se encuentra con puesta a tierra.



A partir del seguimiento de todas las líneas dentro del tablero de secado de moldes se procede a efectuar el levantamiento del circuito de control y fuerza para así facilitar la identificación de elementos y posibles fallas dentro del proceso, mediante la elaboración de planos eléctricos mostrados en los anexos.

Otro problema encontrado es un relé de 24 VDC quemado, que cumple la función de activar la compuerta, como al variador que pone en funcionamiento al extractor, una vez realizado el cambio se resetea todo el sistema y el PLC no muestra la falla, por lo que se procede a verificar su funcionamiento.

La confirmación del funcionamiento se lo hace mediante curvas, en la Figura 19 se muestra el registro de la señal obtenida luego de realizar los procesos.

La parte **(a)** es tomada del 19 al 20 de Septiembre del 2015 con el PLC mostrando falla, se puede apreciar que aunque la curva de temperatura sigue a su set point, la de humedad relativa no lo hace; la parte **(b)** fue tomada del 22 al 23 del mismo mes, con el PLC sin falla, se aprecia que el valor de temperatura está más cerca de su set point, pero el de humedad relativa tiene un error apreciable aunque ya llega cerca del valor final, en comparación con la parte **(a)**.

Para calcular el error se toma un punto referencial que es 30% como valor teórico en la recta de humedad relativa y que será tomada en cuenta para su comparación durante el proceso.

$$x[\%] = \frac{\text{Valor teórico} - \text{Valor real}}{\text{Valor teórico}} \times 100 \quad (4.1)$$

Curvas de funcionamiento parcial

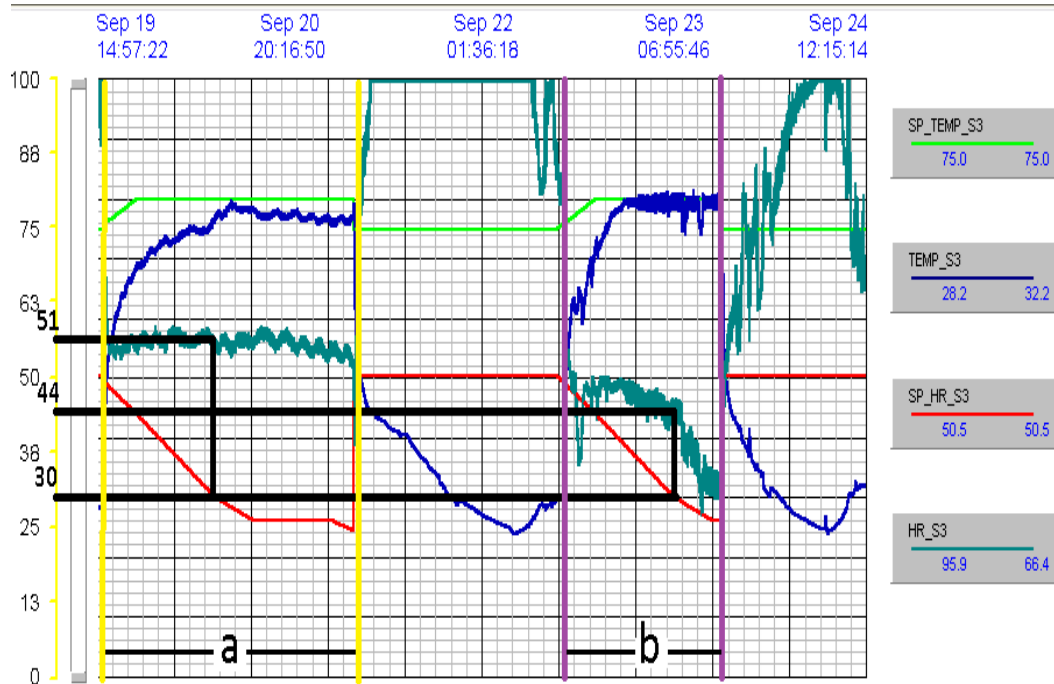


Figura 19: Curvas antes y después de manipular secadero.

Fuente: EDESA S.A.

Para la parte **a**, antes detallada el error generado se calcula a partir de la ecuación (4.1)

$$x[\%] = \frac{30 - 51}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 70$$

Para la parte **b** el error que se presenta es menor como se muestra a continuación.

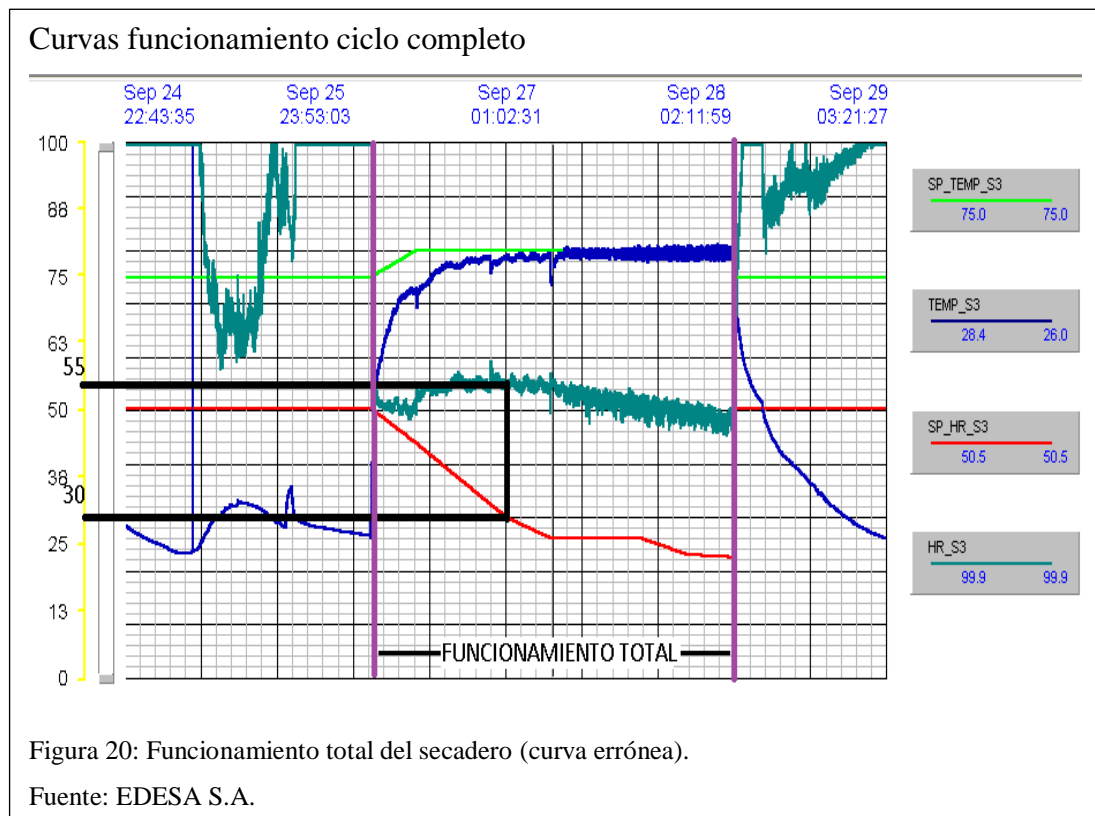
$$x[\%] = \frac{30 - 44}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 46.66$$

En lo posterior se pone en funcionamiento al proceso para una prueba total, cumpliendo con el ciclo completo cuya curva se puede observar en la Figura 20.

En la gráfica se observa un punto relevante en la temperatura que al alcanzar su SP, empiezan a trabajar la compuerta y extractor respectivamente, que sirven para disminuir la humedad generada por el calor, el quemador pasa de llama alta a baja, mientras se encienden estos elementos, el tiempo de activación es 5 segundos máximo.

Esto hace que la curva se mantenga y no alcance al SP de humedad relativa mientras que la de temperatura sigue su curva respectiva. El error de humedad relativa es el siguiente.



$$x[\%] = \frac{30 - 55}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 83.33$$

Para mejorar el funcionamiento, se deduce que la compuerta debe estar semiabierta y no cerrada al inicio del proceso, como se observa en la Figura 21, esto ayuda a que la humedad relativa no aumente significativamente mientras la temperatura alcanza el valor de su SP y así el proceso no se vea afectado por una humedad extremadamente alta.



Para esta prueba se procede al desmontaje y manipulación del actuador AF24, que tiene la función de abrir y cerrar la compuerta, se coloca de una manera inclinada, es decir que se encuentre semiabierto como se muestra en la Figura 22.

Manipulación actuador compuerta del extractor



Figura 22: Manipulación del actuador.

Fuente: EDESA S.A.

Mediante la realización de las pruebas se ha optado por la modificación de la curva de temperatura que se muestra en la Figura 13 (a), haciendo que el SP inicial sea más bajo en un principio suba de 75 a 35, para que así la curva de la humedad relativa disminuya conforme al SP y el proceso sea acorde a las especificaciones, tal y como se muestra en la Figura 23.

Al cambiar las curvas de temperatura de la inicial a la propuesta, mejora el funcionamiento de secado, el tiempo de subida de la curva aumenta pero no así el tiempo del proceso de secado.

Curva SP temperatura modificada



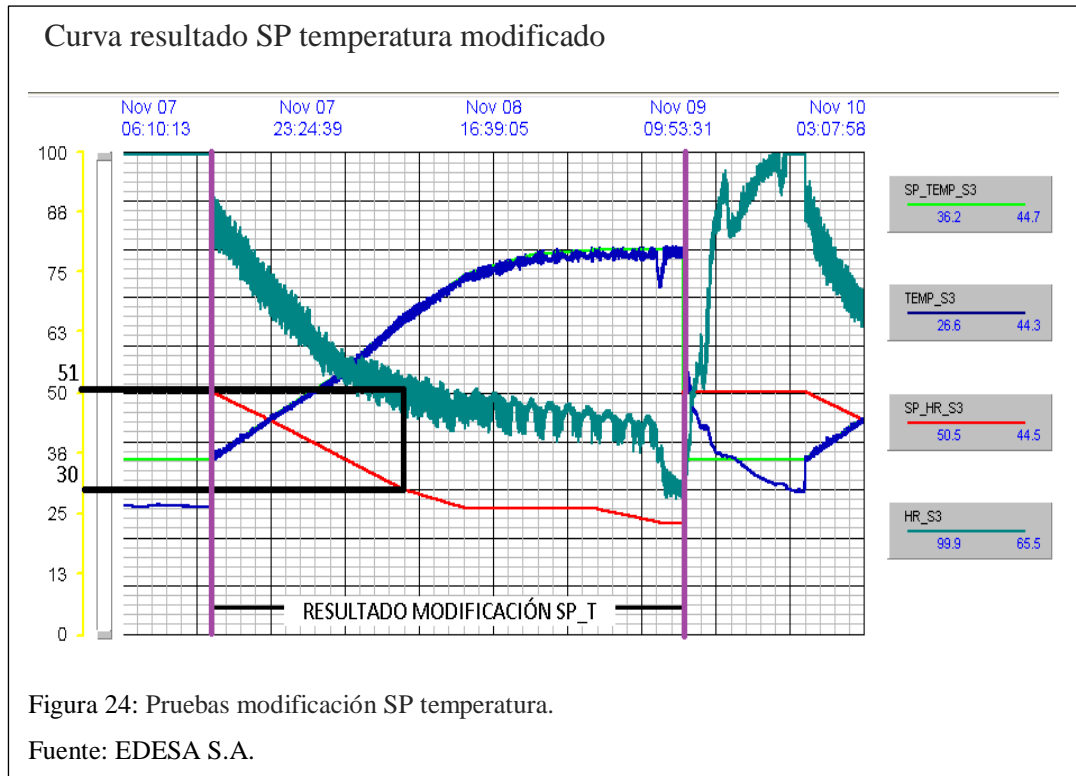
Figura 23: Modificación SP temperatura.

Fuente: EDESA S.A.

Al realizar la modificación se procede a encender el equipo, dando como resultado la señal de la Figura 24 y se puede observar que la curva de humedad relativa sigue a su SP, haciendo el análisis de error en el mismo SP de humedad (30 %) se tiene un valor real de 70% en promedio, con los cambios realizados el error es del 83.33 % que es una mejora al cálculo inicial, la curva ya sigue al SP que era el objetivo primordial.

$$x[\%] = \frac{30 - 51}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 70$$



Al notar un avance en la curva, se ha optado por colocar el actuador de la compuerta en la posición original, y realizar nuevas pruebas.

Los resultados obtenidos que se muestran en la Figura 25, se realizan pruebas y registros seguidos dando como resultado el correcto funcionamiento del secadero, se calcula el error en el punto de 31% y se obtiene un error 3.33 % que es un valor aproximado a las especificaciones del sensor.

$$x[\%] = \frac{30 - 31}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 3.33$$

Curva funcionamiento compuerta en posición original

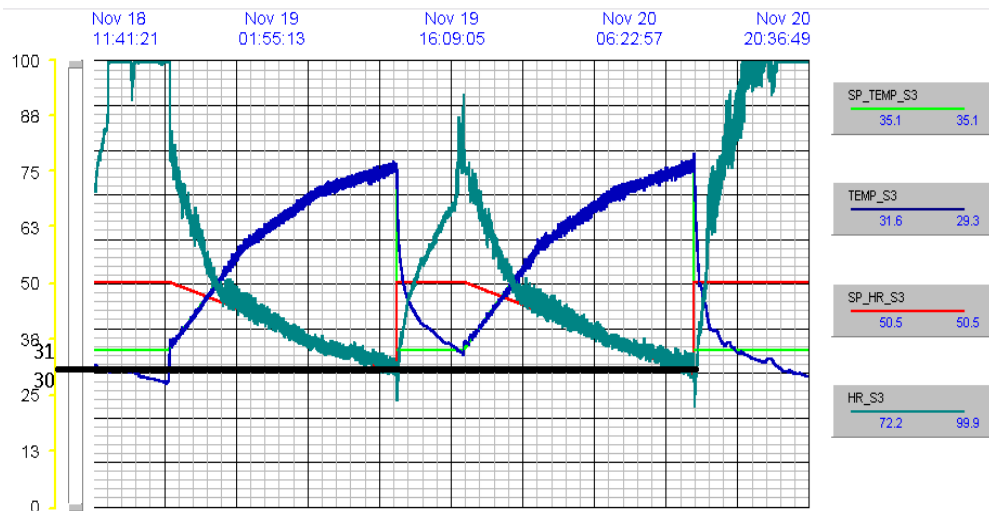


Figura 25: Pruebas modificación SP temperatura segunda parte.

Fuente: EDESA S.A.

Ya con el proceso funcionando con un margen de error aceptable, se procede a disminuir la distorsión de la curva final, por lo que se interviene en las variables de accionamiento.

Modificación de las variables del proceso

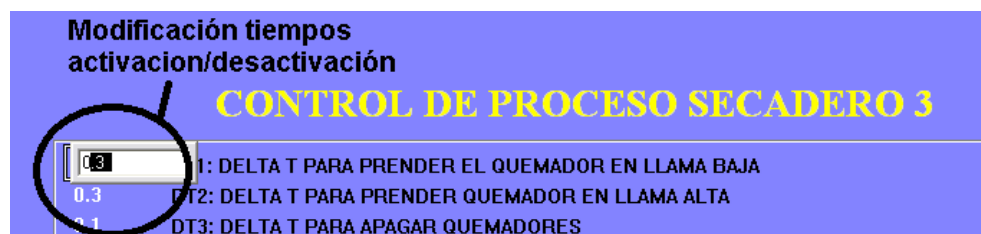


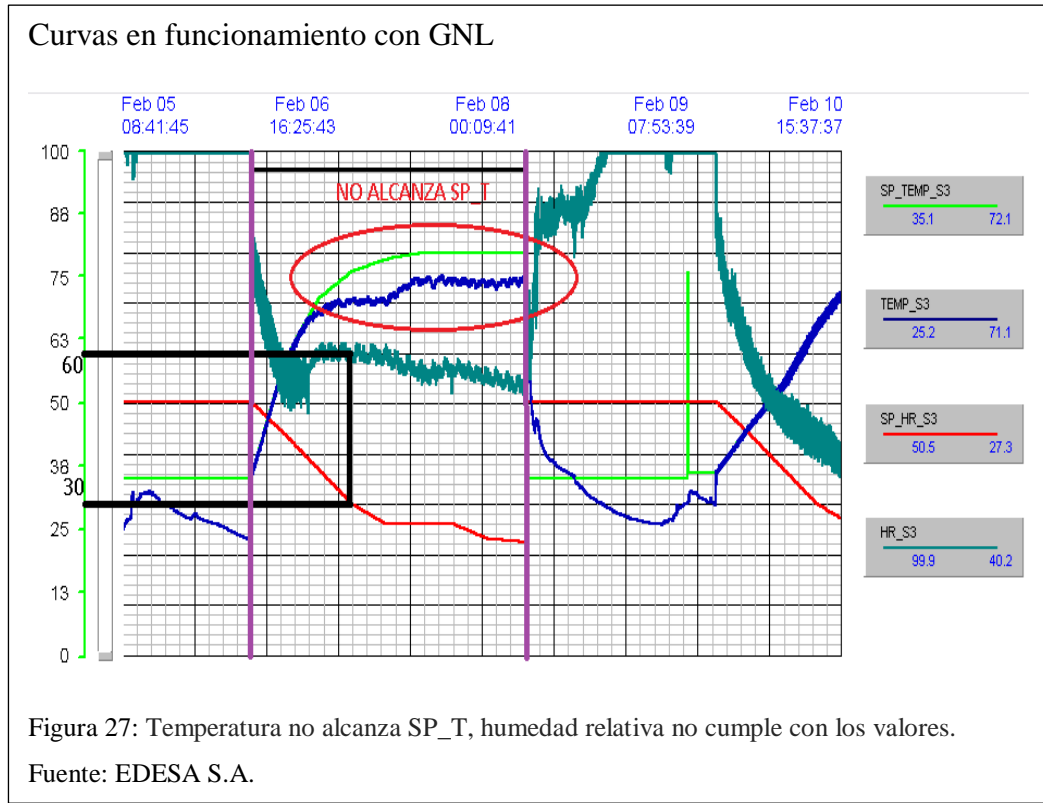
Figura 26: Variables y tiempos modificados para el proceso.

Fuente: EDESA S.A.

Como se menciona en el capítulo 3, se puede utilizar como combustible al GLP y GNL, los resultados obtenidos se realizaron con el combustible GLP.

Se realiza el cambio del intervalo de tiempo de apagado y encendido el quemador de la Figura 14, el tiempo es de 3 segundos en ambos casos y se muestra en la Figura 26, se espera que la curva disminuya su distorsión

4.1.1 Análisis con GNL combustible alternativo



A partir del cierre de la válvula de la Figura 12 se verifica el funcionamiento de la máquina, dando como resultado la curva que se muestra en la Figura 27, el resultado de cambiar el SP de temperatura ayuda al control de la humedad hasta cierto punto, como consecuencia el uso de GNL no hace que se eleve la temperatura hasta el SP deseado y por lo tanto no se activarán los dispositivos para extraer la humedad generada.

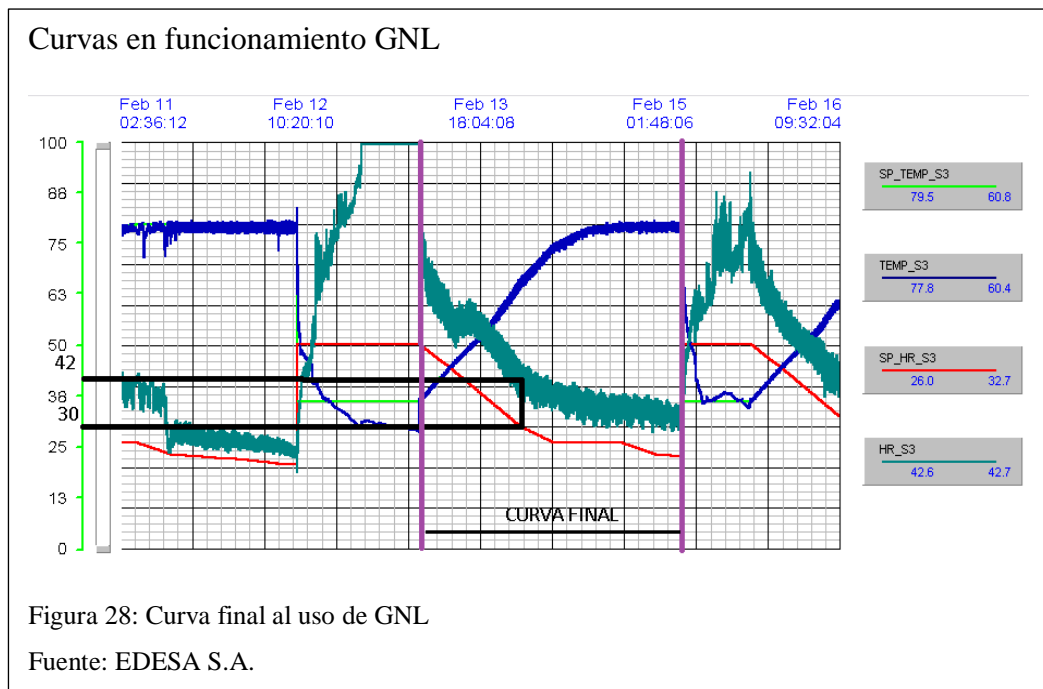
$$x[\%] = \frac{30 - 60}{30} x 100$$

$$x[\%] = 100$$

Al no poder comprobar el funcionamiento con esta prueba, durante algunas modificaciones de temperatura, y variables se tiene la Figura 28 con un error calculado de:

$$x[\%] = \frac{30 - 42}{30} \times 100$$

$$x[\%] = 40$$



Al haber escases de combustible GLP, se cambia a GNL, con los inconvenientes descritos. Se obtiene curvas con distorsión muy alta, por lo que procede a modificar el valor DT1 (Delta de T para encender el quemador en llama baja) valor mostrado en la Figura 14.

En la Tabla 4 se detalla el proceso de optimización y el histórico de valor real y teórico en la Figura 29, se puede observar el margen de error generado en cada intervención dentro del proceso Figura 30, cabe recalcar que al momento el proceso funciona de una manera eficiente, pues cumple el proceso con la diferencia de proporcionar moldes con calidad apreciable, debido a la escasez del producto GLP, explicado anteriormente.

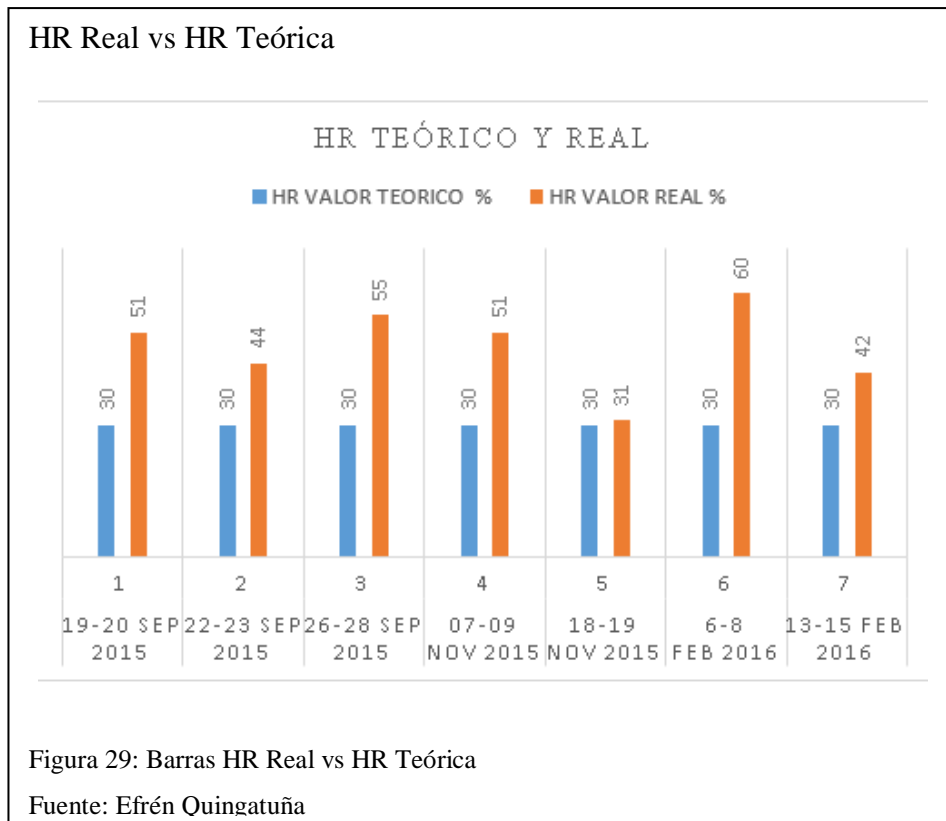
Tabla 4.

Proceso de optimización secadero moldes

FECHA	N° PRUEBA	HR VALOR TEORICO %	HR VALOR REAL %	ERROR %
19-20 Sep 2015	1	30	51	70
22-23 Sep 2015	2	30	44	46.66
26-28 Sep 2015	3	30	55	83.33
07-09 Nov 2015	4	30	51	70
18-19 Nov 2015	5	30	31	3.33
6-8 Feb 2016	6	30	60	100
13-15 Feb 2016	7	30	42	40

Nota: Tabla proceso de optimización secadero, Elaborado por: Efrén Quingatuña

Se puede considerar un funcionamiento correcto no solo con el error generado sino también visualmente como se muestran en cada una de las figuras proporcionadas en cada prueba.

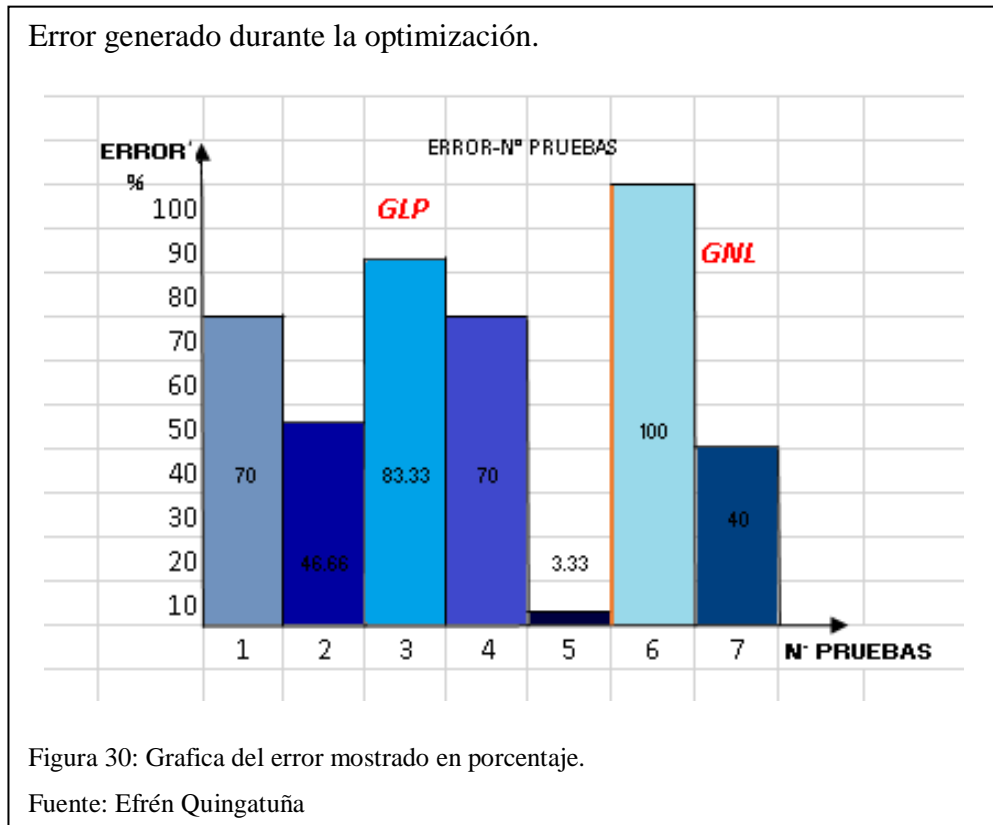


En la Figura 29 se detalla gráficamente la diferencia que existe entre el valor real con el valor teórico de humedad relativa, llegando al 31% de humedad como total de humedad más exacto, esto realizando pruebas con el combustible GLP, debido al cambio de este, la diferencia es mayor en lo posterior, y que además no alcanza a llegar a su SP de temperatura.

Para el error generado se tiene la siguiente figura, detalla el porcentaje en cada prueba realizada, en comparación con los valores mencionados anteriormente, dando como punto más aceptable el 3.33% de error, ya que la diferencia se toma de los valores 31 y 30 valor teórico y real respectivamente.

Este valor está dentro de un margen aceptable de error pues la diferencia es de 1% en pruebas con GLP, para GNL se generan valores altos de error por lo que a partir de estos intentos el equipo funciona por debajo de los estándares de calidad.

En la actualidad el proceso funciona de una manera parcial, ya que se fabrica menor cantidad de moldes, como consecuencia de la baja de producción general de la planta.



4.2 Optimización de la interfaz de acceso al control del secadero de moldes

La ventana principal que maneja el proceso del secadero de moldes se puede observar en la Figura 31 en la cual se puede controlar manipular y visualizar las variables.

El principal problema es la mala manipulación de este HMI, la modificación de valores por error y encendido de la máquina después de cortes de energía durante el funcionamiento.

Ventana principal secadero de moldes EDESA S.A.



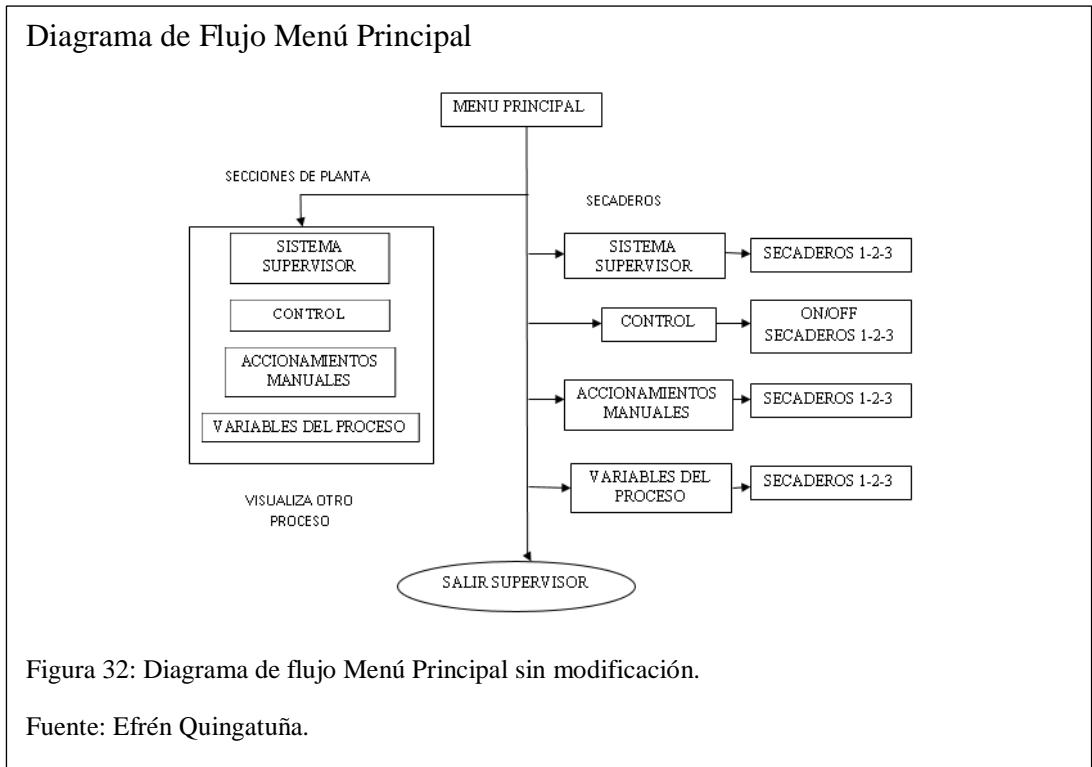
(a)



(b)

Figura 31: (a) Ventana principal, (b) Botón salir del sistema.

Fuente: EDESA S.A.



En la Figura 32 y **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se detallan de manera gráfica y en tabla los ítems de la ventana de acceso.

El manejo de esta ventana se lo detalla a continuación. En la ventana se muestra un mensaje al presionar en el botón “SALIR DEL SUPERVISOR”, teniendo la función de terminar el proceso y salir del programa.

En la parte superior “SECCIONES DE LA PLANTA” Se muestran varias ventanas que acceden a otras máquinas dentro de la planta y no se intervendrá en la funcionalidad de estos botones.

Tabla 5.

Botones de acceso del Menú Principal

ITEM	DESCRIPCIÓN
SISTEMA SUPERVISOR	Botón direcciona a visualización de ventana de control secadero externo
CONTROL	Ventana accionamiento/parada de secadero externo
ACCIONAMIENTOS MANUALES	Ventana manipulación motores secadero externo
VARIABLES DEL PROCESO	Ventana variables utilizadas en el proceso secadero externo
SISTEMA SUPERVISOR	Acceso botones Secaderos de Moldes 1-2-3
CONTROL	Accionamiento/parada Secadero de Moldes 1-2-3
ACCIONAMIENTOS MANUALES	Accionamiento manual motores Secadero de Moldes 1-2-3
VARIABLES DEL PROCESO	Variables Secadero de Moldes 1-2-3
SALIR DE SUPERVISOR	Finalizar el programa

Nota: Descripción botones ventana Menú Principal, Elaborado por: Efrén Quingatuña

A continuación se presenta el proceso de modificación de la interfaz, para el acceso al proceso en modo operador y administrador, cuyas funciones estarán bien definidas.

Operador: Que tiene acceso a la visualización del proceso en tiempo real, y alarmas generadas, curvas de funcionamiento.

Administrador: Tiene acceso a lo anterior, además de poder modificar en forma manual cada uno de los elementos que componen el secadero, además de la modificación de las curva de temperatura como de humedad relativa.

La empresa EDESA S.A. autoriza solo la modificación de la pantalla principal y control de acceso, debido a que esta máquina es parte de un proceso serial de la empresa, y cualquier retraso pararía la producción.

El software Wonderware inTouch posee su propia librería de seguridad y es utilizada en la aplicación, el primer punto es la creación de una ventana al cual se denomina “Principal”, una vez realizada la acción se procede a establecer la seguridad desde la barra de tareas de inTouch como se muestra en la Figura 33.



Al realizar este repaso se activa la selección “Log On...” que al pulsar aparece una ventana de acceso, inTouch por defecto acepta al usuario **Administrator** y con clave de ingreso **wonderware** y un access level de **9999**, es decir un acceso total, mostrado en la

Figura 34.

Los niveles de acceso se definen del 0 al 9999, para realizar una comparación con el ingreso de los usuarios, ya que al definir la función de los botones, permite el acceso mediante condiciones.

Ingresar en seguridad inTouch

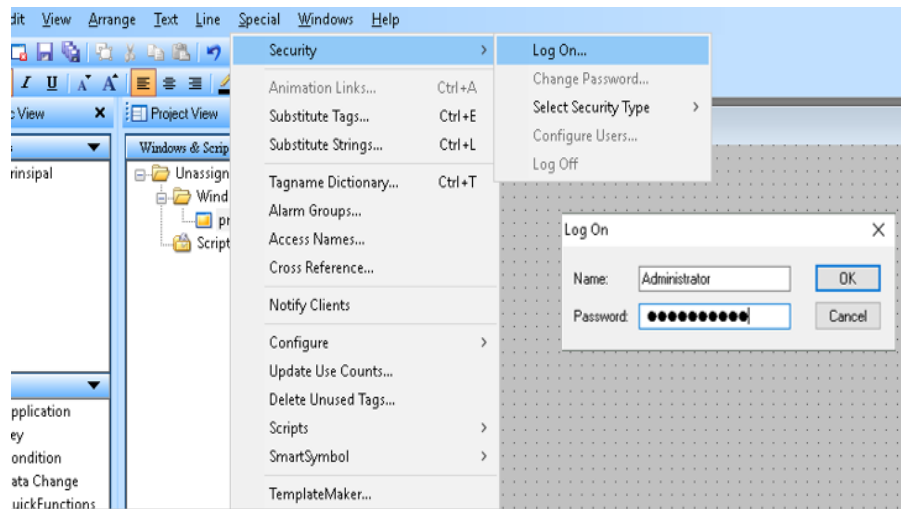


Figura 34: Selección de seguridad inTouch.

Fuente: Efrén Quingatuña

Esto permite seleccionar en el menú “Configure Users...” que es la ventana que se despliega y permite la creación de los usuarios y niveles de acceso con sus respectivas claves, como se muestra en la Figura 35.

Se denominan estos usuarios y claves tomando en cuenta el funcionamiento de acceso a otras máquinas existentes dentro de la planta.

Administrador: joseph

Contraseña: jvc

Operador: supervisor

Contraseña: turno

Configuración de los usuarios

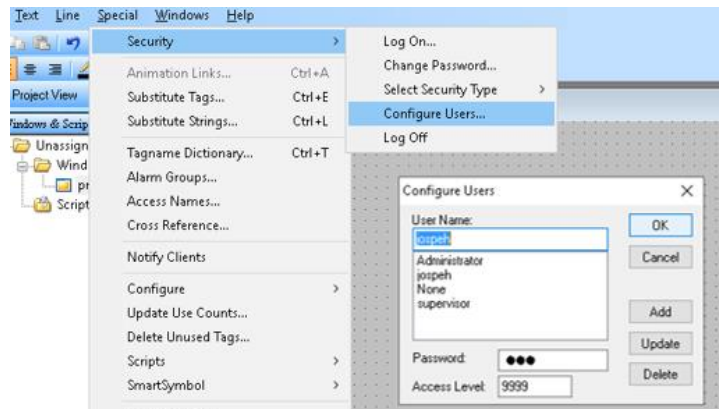


Figura 35: Creación de usuarios

Fuente: Efrén Quingatuña

Una vez establecidos los usuarios, se procede a crear los botones de acceso y cuadros de texto para el ingreso de los mismos, creando una sección denominada “NIVEL DE SEGURIDAD”, que contiene dos bloques de ingreso de texto para “NOMBRE” y “CLAVE”, que se muestra en la Figura 36.

Interfaz de acceso



Figura 36: Modificación nueva interfaz

Fuente: Efrén Quingatuña

Condicionamiento de acceso

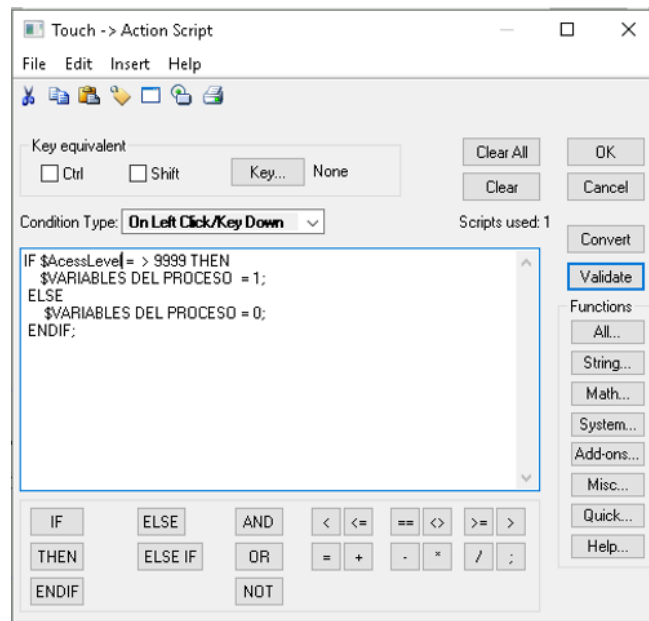


Figura 37: Código para el condicionamiento de acceso.

Fuente: Efrén Quingatuña

Para denegar el acceso a los botones originales, según el usuario ingresado, se procede a digitar el siguiente script (código), pues según los usuarios generados, éste proporciona la condición al acceso a cada uno de los mismos como se muestra en la Figura 37.

Una vez realizado esta acción a cada botón y generada la simulación, se ejecuta la modificación en el programa original, cabe recalcar que debe realizarse una copia de seguridad del programa, pues la versión del software que maneja el proceso es distinta.

Al ejecutar por primera vez el programa como muestra la Figura 38, se nota una diferencia pues el script en esta versión hace que el botón de salir de cada usuario no aparezca sino hasta ingresar en ellos, ver Figura 39.

Presentación venta principal



Figura 38: Ventana modificada.

Fuente: EDESA S.A

En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se muestra los ítems de la ventana que se crean para el acceso al sistema del secadero de moldes.

Tabla 6.

Cuadros de texto usuarios y contraseñas

ITEM	DESCRIPCIÓN
Cuadro de texto Nombre:	Ingreso de usuarios administrador o supervisor
Cuadro de texto Clave:	Ingreso clave de acceso dependiendo del usuario

Nota: Acceso a usuarios en cuadros de texto, Elaborado por: Efrén Quingatuña

El ingreso de los usuarios se da de manera correcta, por lo que se procede a verificar el acceso a los botones dependiendo del usuario.

Acceso correcto de usuarios

NIVEL DE SEGURIDAD

Nombre:

Clave:

(a)

NIVEL DE SEGURIDAD

Nombre:

Clave:

(b)

Figura 39: Accesos confirmados (a) súper usuario, (b) usuario común

Fuente: EDESA S.A

En la Figura 39 y Figura 40 se observa los espacios para el ingreso de datos y diagrama de flujo d la ventana.

Diagrama de flujo Menú Principal con nivel de seguridad

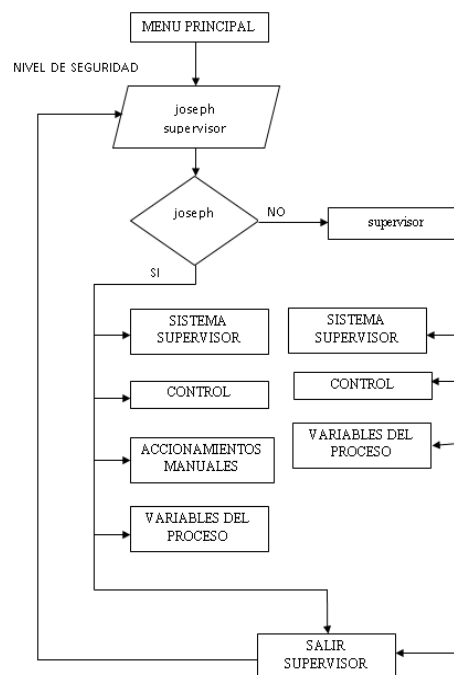
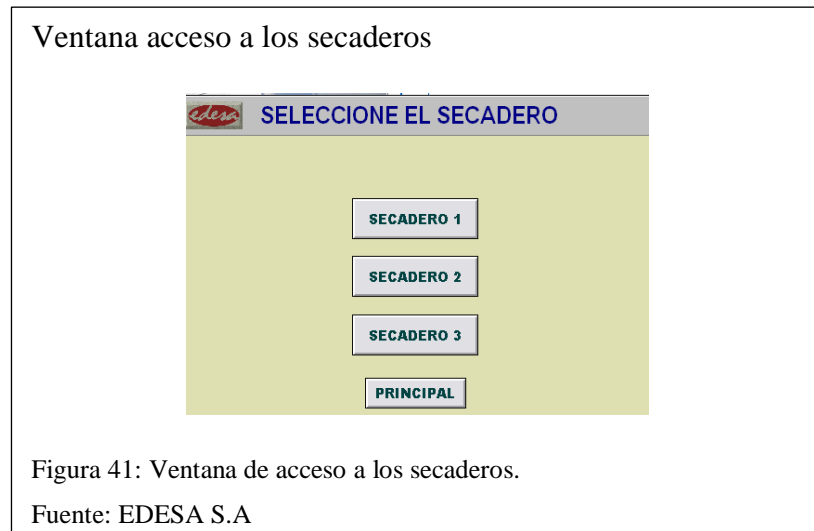


Figura 40: Diagrama de flujo con nivel de acceso

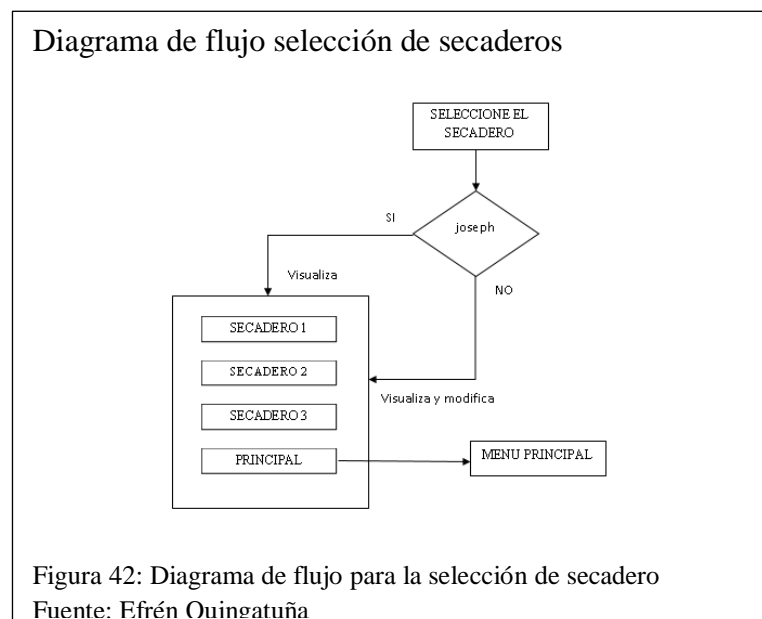
Fuente: Efrén Ouingatuña

La Figura 41 muestra el botón de acceso a los secaderos: 1, 2 y 3, esto para ambos usuarios sin restricción, los botones que nieguen el acceso al usuario simplemente no realizaran actividad alguna por las condiciones IF-ELSE de la Figura 37.

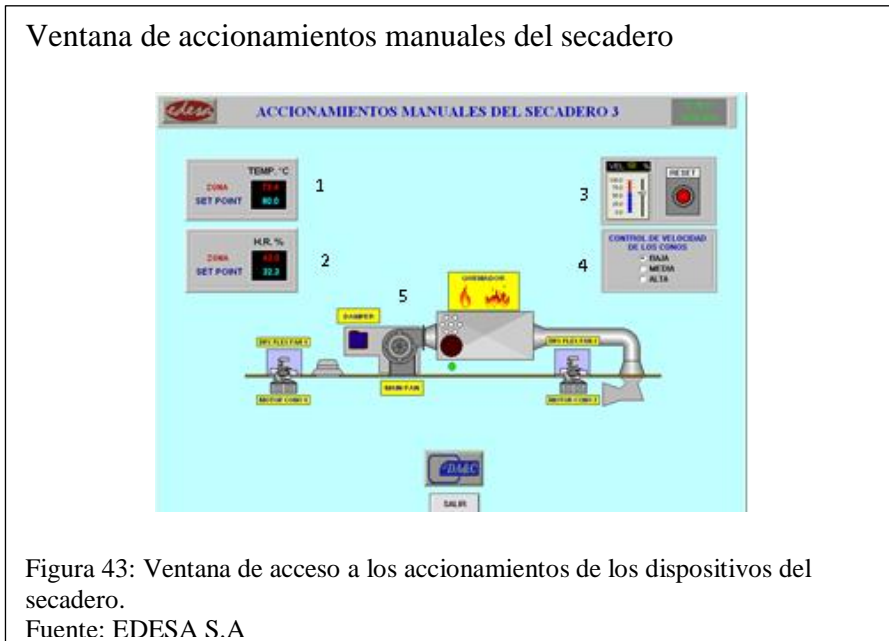
Se enfoca principalmente en el secadero 3, en el que se realiza la optimización.



En la Figura 42 se muestra el diagrama de flujo de la ventana de acceso a los secaderos.



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la ventana de accionamientos Manuales, acceso únicamente para el administrador y que permite la manipulación de los elementos que conforman el funcionamiento del secadero, esto principalmente para el accionamiento y comprobación individual ante posibles fallas.



En la Figura 44 se muestra el diagrama de flujo de la ventana de accionamientos manuales y en Tabla 7. se observa cada uno de los ítems que conforman ésta.

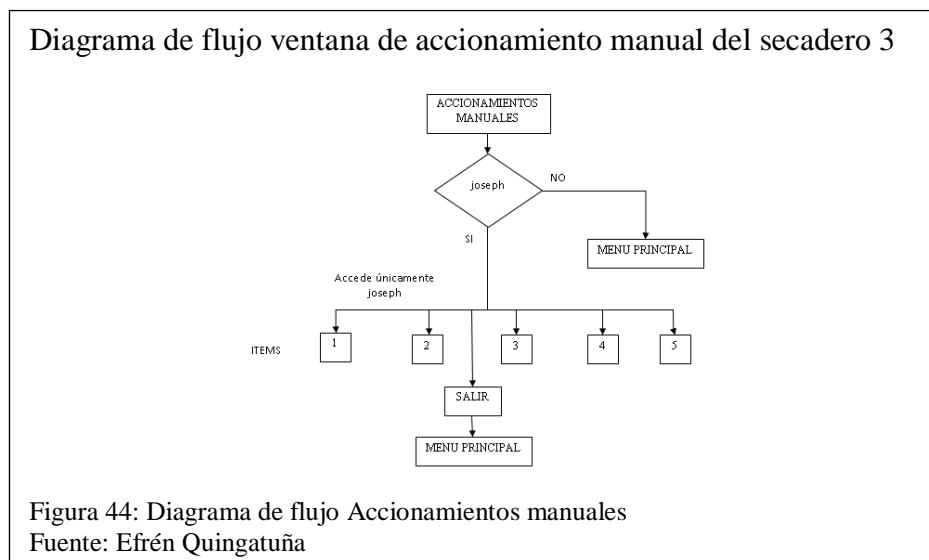


Tabla 7.

Ventana accionamientos manuales

No de visualizador	DESCRIPCIÓN
1	Muestra el SP temperatura y valor medido
2	Muestra el SP_HR y valor medido
3	Actualización de los valores medidos
4	Accionamiento velocidad de los conos del secadero
5	Secadero moldes vista lateral, accionamiento visual de cada motor
SALIR	Regresa a la ventana Menú Principal

Nota: Accionamiento y visualización de elementos del secadero, Elaborado por: Efrén Quingatuña

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el acceso a las ariables del proceso, a esta ventana tiene acceso únicamente el administrador, para visualizarlos o modificarlos.

VARIABLES MANIPULABLES EN EL SISTEMA



Figura 45: Variables del proceso

Fuente: EDESA S.A

Diagrama de flujo ventana variables del proceso

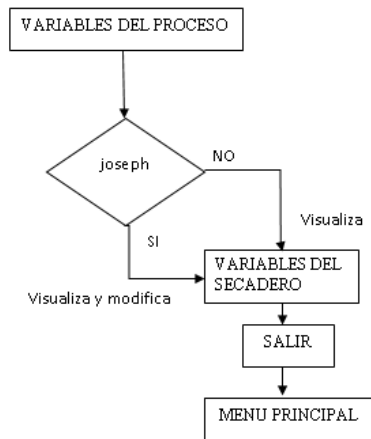


Figura 46 : Diagrama de flujo variables del proceso secadero 3

Fuente: Efrén Quingatuña

En la Figura 46 : Diagrama de flujo variables del proceso secadero 3 se muestra el diagrama de flujo de la ventana de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que

uestra el funcionamiento en tiempo real de la máquina, acceden ambos usuarios, y que se explica en la Figura 15 del capítulo 3, y en la Tabla 8..

Interfaz principal de funcionamiento

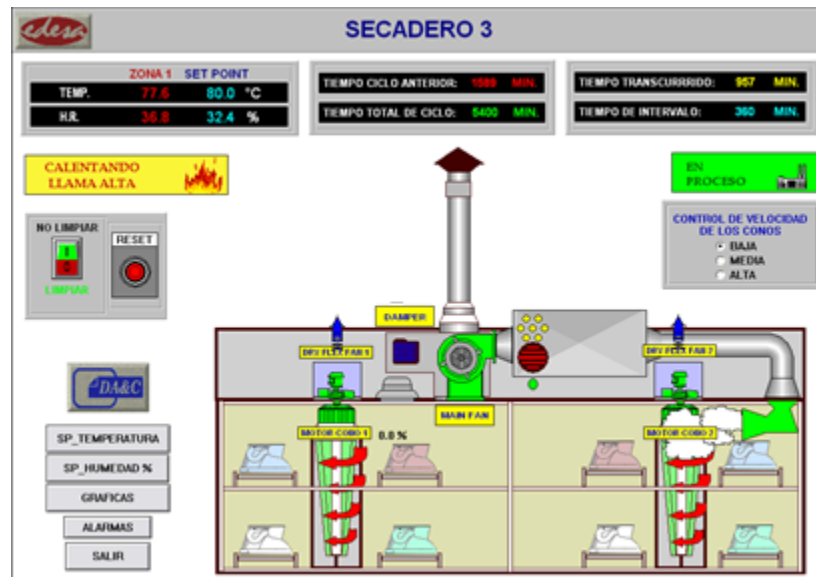


Figura 47: Ventana principal de funcionamiento

Fuente: EDESA S.A

Alarmas



Figura 48: Ventana de alarmas

Fuente: EDESA S.A

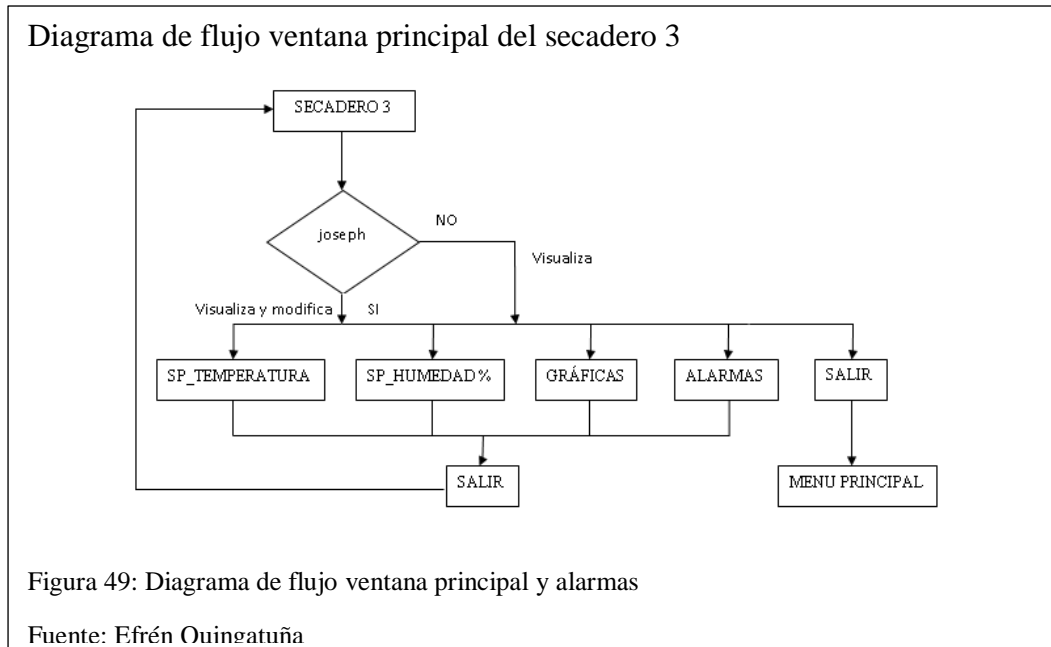
Los botones direccionan a la visualización de la curva de SP de temperatura y humedad relativa (ver la Figura 13), el botón GRÁFICAS que muestra el funcionamiento del secadero en curvas que se muestra a lo largo de la realización del presente proyecto, ALARMAS que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el botón SALIR que direcciona a la pantalla principal dependiendo del usuario en el que se halle.

Tabla 8.

Ventana de alarmas

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Muestra menú errores, alarmas a corregir
2	Área de mensajes mostrados de cada error generado
3	Nivel de acceso para visualización de errores, es decir alarmas de ambos usuarios.
RECONOCER GRUPO	Limpiar mensajes de alarmas que se muestran en el área 2.
SALIR	Regresa a la ventana Principal

Nota: Se muestran errores, avisos generados durante la ejecución, Elaborado por: Efrén Quingatuña



En la Tabla 8.Figura 49 y Tabla 8 muestran el diagrama de flujo de la ventana de alarmas y los ítems que conforman la ventana de alarmas.

La máquina de secado de moldes abarca un sistema de control de 3 procesos y que uno de ellos se encuentra inhabilitado totalmente, lo que llevo a la alteración de un subproceso dentro de la máquina y que para su optimización completa se deberá intervenir en todos estos.

Las modificaciones realizadas tanto en el proceso como en el HMI implementados, están funcionando de manera satisfactoria en la empresa, el análisis de costos se realiza cada 9 meses y no es parte de este proyecto. La optimización del proceso se lo puede relacionar con el tiempo de entrega de moldes a las diferentes áreas de vaciado, acorde a las tendencias del mercado.

CONCLUSIONES

- Se realizó la optimización del proceso de secado de moldes en la empresa Edesa S.A., mediante el estudio y caracterización de los dispositivos principales que lo conforman, para comprender el trabajo y función de cada uno de estos.
- La realización de los planos físicos, de instrumentación, de control y fuerza brindará soporte técnico, además de instruir al personal de mantenimiento de la planta y disminuir el tiempo en la detección de errores en las máquinas que tienen el mismo principio.
- Se modificó la interfaz que acciona independientemente a cada uno de los secaderos, no se realizó en su totalidad, debido a los permisos que la empresa proporcionó, se generó una codificación para el acceso a su control total y parcial del mismo, evitando principalmente la manipulación incorrecta de la máquina.
- Se tomó como referencia el 30 % de humedad relativa teórica para el cálculo del error en cada proceso, éste inició con 51 % sin que siga la curva del SP respectivo, a un error del 70 % siguiendo la curva hasta optimizar a un valor del 3.33 % con el combustible GLP, que está cerca del rango de funcionamiento del humidity/temperature transmitter 657-1.
- Al realizar el cambio de combustible al GNL, por escases del GLP, los errores en humedad relativa que se obtienen fue del 40 %, debido a las propiedades

físicas y químicas del combustible, lo que provocó la disminución en la fabricación y cantidad de moldes.

- Durante el proceso de optimización del secadero de moldes, existe interferencia eléctrica que afecta a la visualización de las curvas de funcionamiento, se trató de reducir las perturbaciones, sin tener resultados favorables. La humedad presentó un error del 40%, indicando que es una variable que cambia muy rápido.
- Al realizar la modificación mecánica de la compuerta extractora de humedad, se apreció la mejora de la curva, debido a que desde el inicio del proceso la humedad fugará inmediatamente, lo mismo que dio la modificación del SP de temperatura, disminuyendo para que el proceso de extracción se dé acorde a lo establecido dentro del funcionamiento, es decir se activa la compuerta y extractor cuando la temperatura alcance a su SP respectivo, colocando la compuerta en su posición original.

RECOMENDACIONES

- Es indispensable el uso de un supresor de señales en ambientes industriales para eliminar el ruido e interferencias en las señales y obtener una óptima visualización del funcionamiento
- Se puede proporcionar información a los supervisores encargados del mantenimiento eléctrico de las máquinas, en el ahorro de material y espacio en los tablero eléctricos, pues el sistema de fuerza para los motores se encuentra en el siguiente orden, breaker, contactor, relé térmico, pues en la actualidad el dispositivo que puede reemplazar a un breaker y relé térmico en conjunto es el guarda motor, que funciona como protección mucho más eficiente dentro de los circuitos industriales, además de tener un rango de amperaje de funcionamiento, protección, y reacción mucho más rápida ante fallas de sobre corriente y sobre temperatura.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo y periódico de la máquina, esto para mantener la fiabilidad del proceso, evitando las paradas innecesarias por fallas graves.
- Para la optimización definitiva del proceso se deberá realizar un nuevo y total cambio de su interfaz, circuitos de control y fuerza, ahorrando espacio y dinero para el proceso de secado de moldes, pues el sistema comprende un controlador lógico programable (PLC) con dos unidades remotas para 2 secaderos más y que uno de ellos esta deshabilitado totalmente.

REFERENCIAS

ABB ADVANT CONTROLLER 31 Manual técnico. (13 de Diciembre de 2015). *ABB Power and productivity for a better word*. Obtenido de <http://new.abb.com/plc/es/productos-antiguos>

ACS 140 User's Manual. (15 de Diciembre de 2015). *ABB Power and productivity for a better word*. Obtenido de https://library.e.abb.com/public/5a6341a27dac0beec12571c40047e6f8/ACS140U_US_04_Web.pdf

Barbado, J. (2013). *Automatismos industriales*. México D.F.: Alfaomega.

Blanco, A. (2011). *Seguridad en las instalaciones de sistemas automáticos*. Madrid: Paraninfo.

BELIMO AF24-SR US. (20 de Enero de 2016). *midwestbas*. Obtenido de http://www.midwestbas.com/store/media/pdf/belimo/AF24_SR.pdf

Chapman, S. (2005). *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill.

Creus, A. (2011). *Instrumentación industrial*. México D.F.: Alfaomega; Barcelona: Marcombo.

Duran, J. (2012). *Automatismos eléctricos e industriales: CFGM instalaciones eléctricas y automáticas*. Barcelona: Marcombo; Altamar.

Dwyer Instruments. (15 de Diciembre de 2015). *DWYER Manufacturing Excellence*.
Obtenido de <https://www.dwyer-inst.com/Product/AirQuality/Humidity-TemperatureTransmitters/Model657-1>

Harper, E. (2015). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. México D.F.:
Limusa.

Harper, E. (2004). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. Mexico: Limusa.

Prim, L. E. (20 de Enero de 2016). *TECNUN-Libro Electrónico- CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/120PetrolGases.htm>

Siemens Data sheet 6EP1331-1SH03. (15 de Diciembre de 2015). *SIEMENS Ingenuity for life*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?control=%3C%3Fxml+version%3D%221.0%22+encoding%3D%22UTF->


8%22%3F%3E%3Cpdf_generator_control%3E%3Cmode%3EPDF%3C%2F
mode%3E%3Cpdmsystem%3EPMD%3C%2Fpdmsystem%3E%3Ctemplate_
selectio

ANEXOS

Anexo 1. Optimización visible del proceso de secado de moldes

Proceso de Optimización	
 A photograph showing a large industrial warehouse filled with numerous white, cylindrical molds stacked on metal shelving units. The molds are arranged in long rows, and the warehouse has a high ceiling with industrial lighting. A sign on the wall reads "MOLDES EN SECA".	<p>Área de Moldes con productos secando al exterior.</p> <p>Los moldes tenían que permanecer fuera del secadero o volver a entrar en proceso de secado antes de ser instalados en las diferentes máquinas de llenado.</p>
 A photograph of a different area in the same industrial facility. It shows a large, open space with a concrete floor and a high ceiling. There are several metal shelving units and some equipment, but no molds are visible. The area appears to be used for storage or other industrial purposes.	<p>Área de Moldes sin productos secándose a la intemperie.</p> <p>El área es actualmente utilizada para almacenamiento de yeso, que es utilizado en la fabricación de los moldes, cabe recalcar que existe materia prima almacenada por la baja producción.</p> <p>Los moldes cumplen el ciclo de secado normalmente.</p>

Anexo 2. Validación del tablero eléctrico y funcionamiento del secadero

HOJA DE CHEQUEO DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO ELÉCTRICO, CONEXIONES ELÉCTRICAS, MOTORES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL SECADERO DE MOLDES 3		
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MOLDES EN LA EMPRESA EDESA S.A.		
ELABORADO POR: Efrén Quingatuña		CLIENTE: EDESA S.A.
FECHA: 27/06/2016		REV No.: 01
ITEM	Chequeo general del Secadero de Moldes 3	RESULTADO
1	Chequear que el área del tablero eléctrico se encuentre limpio, libre de impurezas	APROBADO
2	Inspeccionar que los contactos de los elementos del tablero no se encuentren flameados o dañados	APROBADO
3	Revisar limpieza de dispositivos como son: motores, quemador, sensor transmisor y computador (HMI)	APROBADO
4	Chequear seguridad de fijación de los elementos en tablero eléctrico	APROBADO
5	Chequear que las tierras estén de acuerdo a la filosofía	APROBADO
6	Verificar que los voltajes y corrientes en cada uno de los motores se encuentren dentro del rango de funcionamiento según tabla de datos.	APROBADO
7	Verificar estado de los aislantes de los cables que no presenten deterioro por recalentamiento	APROBADO
8	Verificar el aislamiento de conexiones, cables dentro y fuera del tablero eléctrico	APROBADO
9	Verificar que el acceso al control del sistema se encuentre siempre en modo operador (supervisor/acceso limitado)	APROBADO
10	Verificar funcionamiento del sistema	APROBADO

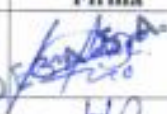
OBSERVACIONES:

EL SISTEMA SE ENCUENTRA FUNCIONANDO DE MANERA EFICIENTE.

.....

.....

.....

	Nombre	Cargo	Firma
REVISADO POR	Tlgo. Juan Cayambe	Técnico/mantenimiento eléctrico	
APROBADO POR	Ing. Vinicio Reyes	Ingeniero en Proyectos/Sup. área eléctrica	

Anexo 6. Diagrama de Instrumentación

