

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE BOMBAS REFRIGERANTES (CHILLER) PARA PROCESO DE ESTAÑADO ELECTROLÍTICO.

John Alejandro Quintero Marin

Ingeniería Mecatrónica

Dirigido por:

Leonardo Duque Muñoz

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2019

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

RESUMEN

RESUMEN:

Este trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo de bombas refrigerantes (chiller) para proceso de estañado electrolítico en la empresa Mecánicos Unidos (MU) S.A.S.

Mediante el monitoreo constante de las variables como temperatura, tiempo, presión y otros factores, le permite al producto obtener un acabado mucho más competitivo y en menor tiempo, garantizando seguridad al personal que opere en el área.

El proceso de implementación de este sistema hizo parte de la práctica empresarial realizada en dicha empresa para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico. El diseño del sistema de control y monitoreo fue validado a través de los diferentes softwares de programación y simulación de sistemas electrónicos.

Palabras clave: diseño eléctrico, software, chiller, control, monitoreo.

ABSTRACT

This work presents the design and implementation of a control and monitoring system for cooling pumps (chiller) for the electrolytic bursting process in the company Mechanics Unidos (MU) S.A.S.

Through constant monitoring of variables such as temperature, time, pressure and other factors, we allow you to obtain a product to obtain a better competitive result and in the shortest time, guaranteeing personal and operational safety in the area.

The process of the implementation of this system The part of the practice.

The implementation process of this system was part of the internship carried out in the company to fulfill the requirements of Mechatronic Engineer degree. The design of the control and monitoring system was validated through different simulation and software of electronic systems.

Keywords: electrical design, software, chiller, control, monitoring.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, mi eterna gratitud a Dios porque ha regalado la vida y me acompaña siempre en el camino, cuidándome y entregándome fortaleza para escalar cada peldaño de mi vida y la carrera profesional.

A mis padres John Jairo Quintero, Diana María Marin y al resto de mi familia por el amor y apoyo incondicional ante todos los obstáculos, alegrías que se colocaron en mi camino de la vida, por los valores inculcados y por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida y más aún, por ser un ejemplo a seguir.

A mis profesores, quienes compartieron de manera desmedida su conocimiento para mi formación como profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida académica, a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles, algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y mi corazón, sin importar en donde estén, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO TEÓRICO	7
3. METODOLOGÍA	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	27
6. REFERENCIAS	29

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de enfriamiento son utilizados en empresas en cuyo proceso es necesario el control de cierta temperatura para servir como refrigerante, evitar el recalentamiento de piezas mecánicas o máquinas y fundamental para procesos químicos o eléctricos que se incluyen en los sistemas de producción.

El recubrimiento electrolítico es un proceso químico o electroquímico que consiste en aplicar una capa metálica al producto, níquel para protegerlo contra la corrosión, cromo duro para mejorar las propiedades de la superficie o plata y oro para embellecerla. El producto, conectado como cátodo, y un ánodo del metal a depositar se sumergen en una disolución electrolítica y se conecta externamente a una fuente de corriente continua. Los cationes con carga positiva del ánodo metálico migran hacia el cátodo, donde son reducidos al metal y depositados en forma de capa delgada. Este principio se presenta mediante el agua la cual debe tener propiedades estándar para obtener el mejor resultado, uno de ellos a regular es la temperatura de este líquido por debajo de los 10°C. (METALURGIA Y METALISTERIA. (2015). insht [PDF file]. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/82.pdf>)

Mecánicos Unidos (MU) S.A.S. es una empresa Colombia dedicada a fundición de metales, en especial, el hierro gris. Fabricación de productos marca propia Victoria. Dentro de los procesos de calidad más importantes para la empresa está el recubrimiento electrolítico ya mencionado con anterioridad por lo cual es fundamental el control de los sistemas de chiller (es un equipo de refrigeración que está compuesto por compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador. Las variaciones en estos componentes dan lugar a diferentes tipos de enfriadores de agua). (Chiller. (2012). SKYCHILLERS [PDF file].)

Dicho lo anterior se procede a la fabricación del cuadro de control para dos bombas de refrigeración (chiller), permitiendo el enfriamiento a su vez de dos tanques en el proceso de estañado electrolítico para piezas que vienen del método de granallado, en el área de producción. Logrando satisfacer la necesidad de monitorear la temperatura, el nivel de agua en el tanque, y sistema de alertas. Otra de las grandes ventajas es la eliminación de paros constantes e inadvertidos en el sistema que podían producir daño en la pieza y la más importante el recorte de tiempo utilizado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Objetivo general

Diseñar, fabricar e interpretar las variables en un sistema autónomo en control para la empresa Mecánicos Unidos S.A.S, capaz de ser autosuficiente en mantener la intervención y monitoreo de variables como temperatura, nivel de agua en el tanque, alerta de cambio de refrigerante, presión de los compresores, entre otras muchas más; todo esto en el proceso de limpieza por recubrimiento electrolítico que se le aplica a los dos principales productos de exportación como lo son el molino de grano y la Tortilladora Pataconera de Ø (6,5",8,0"), también para algunas piezas de ensamble de otros productos a pedido y propios.

Objetivos específicos

- Definir diseño y ubicación del tablero de control y sus componentes electrónicos.
- Calcular las dimensiones de la tubería y cableado.
- Generar listado de materiales a comprar y piezas que se pueden adecuar al nuevo montaje.
- Definir el diseño del circuito eléctrico para la implementación de los respectivos sensores solenoides, sirena de alarma, presión, nivel.
- Realizar la respectiva adecuación de la nueva tubería.
- Probar y evaluar el desempeño del control implementando en el entorno de trabajo real.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante la realización de mis estudios en Ingeniería Mecatrónica en aplicaciones reales.

Justificación de la práctica

La práctica es un proceso y un espacio que permite al estudiante, ubicar claramente la tendencia profesional acorde a la formación y el perfil profesional, desarrollando y afianzando actitudes, habilidades y destrezas en los contextos donde le corresponde actuar e intervenir. Además de interactuar con la realidad laboral, donde se pone a prueba la solidez, coherencia y pertinencia de los enfoques teóricos, metodológicos e

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

investigativos aplicables al objeto de conocimiento específico de estudio, que ha sido adquirido durante la formación.

Siendo partícipe de la familia Mecánicos Únicos (MU) S.A.S, me ayudó a escuchar las diferentes problemáticas que tenían desde los entes administrativos hasta los operarios, la que más me llamó la atención fue el disgusto del área de estañado electrolítico ya que en varias oportunidades se veían obligados a parar sus labores mientras que el sistema se recuperaba por irregularidades en la temperatura o presión del agua, lo cual me llevó a indagar más sobre el tema, al ir a constatar el sistema de control de temperatura note que no era ordenado y algunos componentes no funcionaban por lo cual no daba valores asertivos para tomar decisiones. Se presenta un proyecto al comité administrativo el cual luego de constatar la necesidad y los beneficios que les trajo aceptaron.

Mi experiencia de prácticas profesionales en Mecánicos Unidos (MU) S.A.S, me ha permitido integrar conocimientos teórico-prácticos obtenidos a través de los años de mi vida y en especial en el periodo tan corto y maravilloso que fue la Universidad; ofreciendo soluciones inmediatas a la realidad que enfrenta la empresa. Permitiendo por consiguiente desarrollar una serie de habilidades blandas como competencias investigativas, ayudando a un mejor acercamiento a la profesión de Ingeniero Mecatrónico en el contexto colombiano. Además, logre llevar a cabo un desarrollo de control automático para la planta de producción (Limpieza) posibilitando ampliar el enfoque de conocimientos y la importancia de integrar tecnologías emergentes ya en los últimos años no competimos a nivel nacional, ni mucho menos departamental, sino a manera mundial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de control.

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. En la ingeniería estos sistemas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

son desarrollados en primera instancia por medio de un diagrama de bloques que nos permite visualizar y ordenar por completo nuestro sistema.

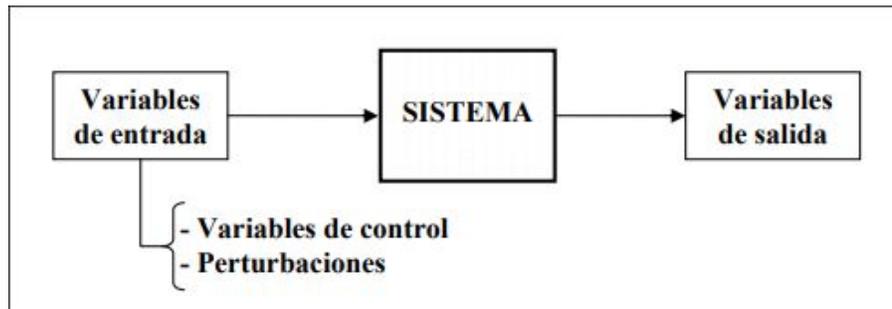


Figura 1. Ilustración sistema de control en diagrama de bloques (Tesisaglobal)

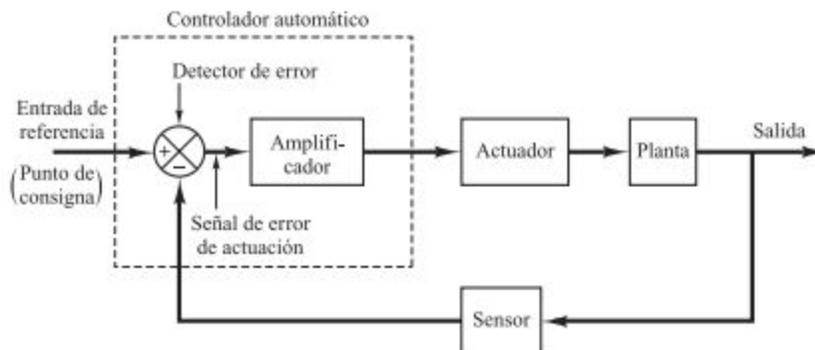
A continuación, se explicará un poco más profundo el tema de diagrama de bloques y su importancia; además de los sistemas de control existentes y se analizará cuál es la técnica más provechosa para un desarrollo óptimo.

2.1.1. Sistema Automático

El sistema da respuesta sin que nadie intervenga de manera directa sobre él, excepto en la introducción de condiciones iniciales o de consigna.

2.2. Diagramas de bloques.

Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar de forma más realista el flujo de las señales del sistema real. (Ogata, 2010)



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Figura 2. Ilustración diagrama de bloques de un sistema de control automático. (Ogata, 2010)

2.3. Sistema de control en lazo cerrado.

Es un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado. Un ejemplo sería el sistema de control de temperatura de una habitación. Midiendo la temperatura real y comparándola con la temperatura de referencia (temperatura deseada), el termostato activa o desactiva el equipo de calefacción o de enfriamiento para asegurar que la temperatura de la habitación se mantiene en un nivel confortable independientemente de las condiciones externas. (Ogata, 2010)

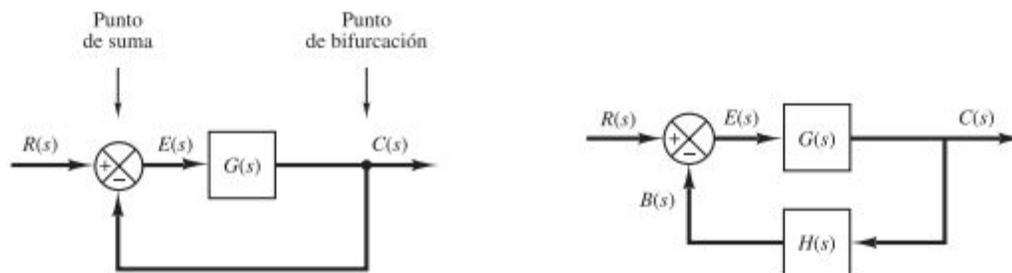


Figura 3. Ilustración diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. (Ogata, 2010)

2.4. Sistema de control en lazo abierto.

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (Ogata, 2010)

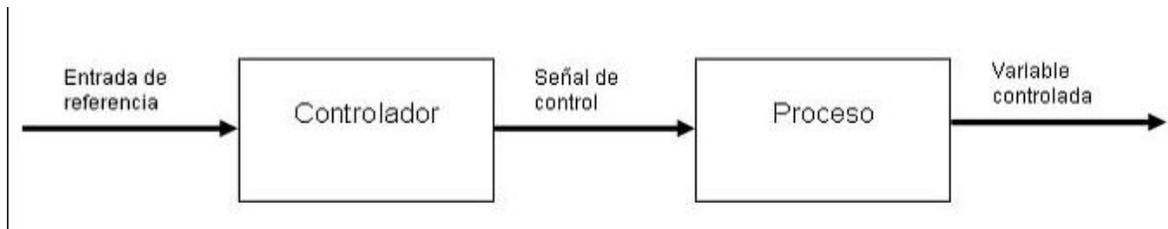


Figura 4. Ilustración diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto. (Ogata, 2010)

2.5 Controlador PI (Proporcional - integral)

Los controladores son elementos que se le agregan al sistema original para mejorar sus características de funcionamiento, con el objetivo de satisfacer las especificaciones de diseño tanto en régimen transitorio como en estado estable.

La primera forma para modificar las características de respuesta de los sistemas es el ajuste de ganancia (lo que posteriormente se definirá como control proporcional). Sin embargo, aunque por lo general el incremento en ganancia mejora el funcionamiento en estado estable, se produce una pobre respuesta en régimen transitorio y viceversa. Por tal motivo, es necesario agregar elementos a la simple variación de ganancia, lo cual da lugar a los diversos tipos de controladores:

- Control proporcional (P).
- Control integral (I).
- Control derivativo (D).

Se dice que un control es de tipo proporcional-integral cuando la salida del controlador $v(t)$ es proporcional al error $e(t)$, sumado a una cantidad proporcional a la integral del error $e(t)$:

$$v(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Figura 5. Ecuación controlador PI. (Gaviño, 2010)

de manera que al expresar la ecuación anterior en el dominio s, se tiene:

$$V(s) = K_p E(s) + \frac{K_p}{T_i s} E(s)$$

$$\therefore G_c(s) = \frac{V(s)}{E(s)} = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} \right] = K_p + \frac{K_p}{T_i s}$$

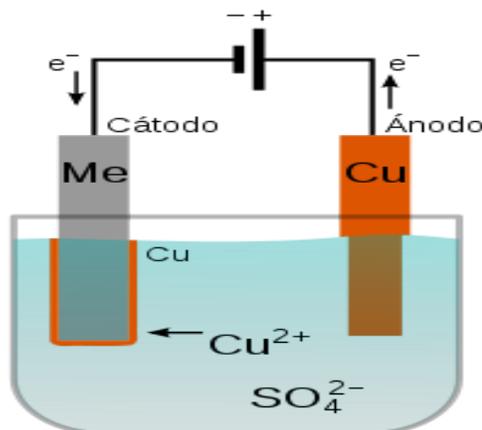
$$G_c(s) = \frac{V(s)}{E(s)} = K_p \left[\frac{s + 1/T_i}{s} \right] = K_p \left[\frac{s + (K_i / K_p)}{s} \right]$$

Figura 6. Ecuación controlador PI. (Gaviño, 2010)

La ecuación de la figura 5. corresponde a un factor proporcional K_p que actúa junto con un cero ubicado en $z = -1/T_i$ (cuya posición es ajustable sobre el eje real a la izquierda del origen) y un polo en el origen. Esto es la representación en el plano s de los elementos que forman el control PI, y la implementación del control PI. (Gaviño, 2010)

2.6 Estañado Electrolytic (REFINAMIENTO)

Se utiliza para la purificación completa de la mayoría de los metales no ferrosos. Refinación electrolítica con ánodos solubles implica la disolución del ánodo de los metales a ser purificados y la deposición de los metales puros en el cátodo, en este proceso, los electrones del circuito externo son capturados por iones del metal principal. La electrólisis puede ser utilizado para separar los metales debido a que el principal metal y mezclas de los tienen diferentes potenciales electroquímicos. (Economía Circular y Minería Urbana)



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Figura 7. Proceso de Galvanización (Materiales Dow Electronic-2017)

2.7. CHILLER

Un Chiller es una unidad enfriadora de líquidos. Un chiller es capaz de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados y deshumidificadores, enfría el agua, aceite o cualquier otro fluido. Esta solución enfriada puede ser usada en un amplio rango de operaciones. Los Chillers pueden ser enfriadores de aire o agua. Los chillers para enfriar el agua, incorporan el uso de torres de enfriamiento las cuales mejoran la termodinámica de los chillers en comparación con los chillers para enfriar aire. (QuimiNet.com-2006)

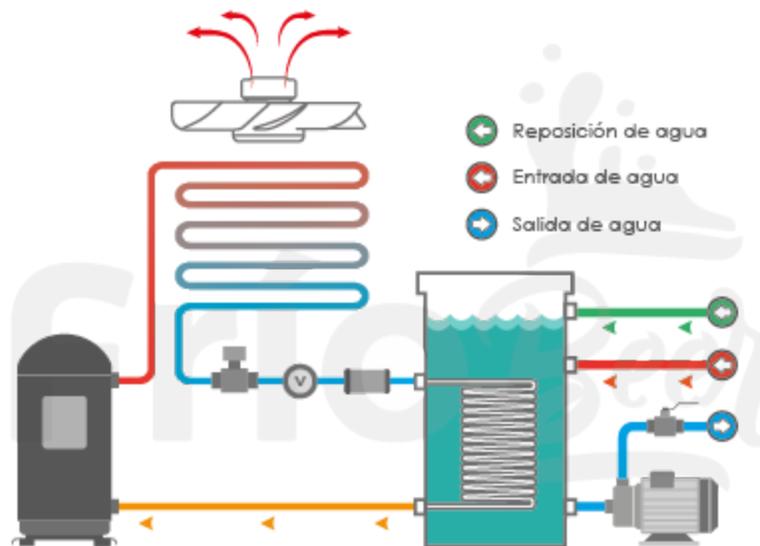


Figura 8. Proceso Chiller (Frio-Beer)

2.8. DATOS NOMINALES

2.8.2. Chiller #1

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Modelo	CWA-Y-060
Serie	S0402K01188
Volt	220 VAC
Amp	14
Fase	3
Mot. Ventiladores	0.05mth
H.P.	1/4
Volt	220 VAC
Amp	1.3
Fase	1



Figura 9. Fotografía Placa con datos nominales chiller #1

2.8.3. Chiller #2

Modelo	E15ae.060.hi
Serie	B980766
Volt	208-230 VAC
Amp	19.6
Hz	60
Fase	3
H.P.	1/4
Volt	208-230 VAC
Amp	1.45
Fase	1

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27



Figura 10. Fotografía Placa con datos nominales chiller #2

2.8.4. Bomba de Chiller #1

Mod	TE01C0X0J0000100646
Date	13DEZ14
Volt	220/440 VAC
Amp	4.08/2.04
Hz	60
Fase	3
H.P.	1.5
RPM	3440

Figura 11. Fotografía Placa con datos nominales Bomba de chiller #1



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

2.8.5. Bomba Chiller #2 – Bombas para tubería de transporte líquido

Mod	MO0IC0S0X0000101332
Date	26NOV15
Volt	115/230 VAC
Amp	15.60/7.80
Hz	60
Fase	1
H.P.	1
RPM	3470



Figura 12. Bomba Chiller #2

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

3. METODOLOGÍA

3.1 Funcionamiento

En un proceso de estañado electrolítico es necesario mantener la temperatura del agua por debajo de 10°C permitiendo en el tanque de almacenamiento conservar y distribuir dicho fluido a través de las tuberías y tanques donde se genera el principal proceso.

El desarrollo termina en los tanques de estañado electrolítico donde el material gana características, como son la dureza, resistividad y en especial la limpieza.

Se aplica una corriente eléctrica continua mediante un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación eléctrica y sumergidos en la disolución; la energía necesaria para separar los iones e incrementar su concentración en los electrodos terminan definiendo una reacción de oxidación-reducción.

Lo expresado anteriormente genera una subida de temperatura en los fluidos utilizados alterando el producto final, por ello se hace una circulación por medio de una bomba que impulsa el fluido a través de la tubería hasta llegar al sistema de CHILLER el cual por medio de su sistema eléctrico de control y refrigerantes lo acondicionan a la temperatura adecuada; al terminar otras dos bombas recirculan el fluido ya refrigerado manteniendo la temperatura estándar en todo el desarrollo.

3.1.1 Sistema de Enfriamiento

Chiller #1

- Tubería de alta y baja presión.
- Condensador.
- Ventilador de condensador.
- Evaporador.
- Presostato de alta y baja.
- Sensor de temperatura
- Electroválvula paso refrigerante.
- Filtro sistema de enfriamiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

- Válvula de expansión térmica.

Chiller #2

- Tubería de alta y baja presión.
- Condensador.
- Ventilador de condensador.
- Evaporador.
- Presostato de alta y baja.
- Sensor de temperatura
- Electroválvula paso refrigerante.
- Filtro sistema de enfriamiento.
- Válvula de expansión térmica.

3.1.2. Sistema de Almacenamiento

- Tanque de almacenamiento.

3.1.3. Sistema de Bombeo

- Bomba chiller #1
- Bomba chiller #2
- Bomba #3
- Bomba #4
- Tubería transporte del líquido

3.1.4. Sistema de Control

- Contactores con su respectivo relé térmico ---- Schneider
- Relevos auxiliares ----- VCP
- Breaker tripolar ----- LS
- Controlador temperatura
- Transformador 220/27 VAC
- Guardamotor ----- Schneider

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

3.2. Mantenimiento

3.2.1. Herramientas

- Soplador
- Llave mixta 8mm
- Amperímetro
- Multímetro
- Destornillador de pala
- Destornillador de estrella
- Medidor de presión (Manifold)
- Refrigerante

3.2.2. Protección personal

- Guantes
- Casco
- Calzado dieléctrico
- Gafas
- Tapabocas.

3.3. Mantenimiento Preventivo

3.3.1. Chillers

- Limpieza Condensador (Serpentín).
- Reapretado de conexiones.
- Limpieza externa e interna (Tablero de control).
- Limpieza equipo general.
- Medición de corriente a motores.
- Medición de presión tanto alta como baja.
- Verificar posibles fugas en tubería.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Nota: Con una regularidad de una vez por mes (2 horas)

3.3.2. Tanque

- Limpieza interna y externa
- Verificar fugas

Nota: Con una regularidad de dos veces por día (2 horas)

3.3.3. Bombas

- Cambio o revisión de rodamientos.
- Cambio o revisión de sello mecánico.
- Revisión de impeler
- Medición de corriente motor.
- Medición voltaje de alimentación.

Nota : Con una regularidad de una vez por mes (2 horas)

Cada una de los mantenimientos preventivo nos permitirá saber el estado actual del equipo, contribuyendo con el mejoramiento y preparándonos para algún daño futuro tanto interno como externo (Mantenimiento Correctivo Programado.).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

3.4. Problema

El sistema que funcionaba contaba con componentes que debido a su uso constante ya habían cumplido su vida útil por lo cual no generaba variables significativas por ende muchas veces el proceso se veía afectado por recalentamiento excesivo o falta de agua para mantener el flujo adecuado; lo provocaba retrasos en los horarios, tiempo indefinidos de espera, gastos de luz innecesarios.

Se cuenta con fugas constantes de agua por lo cual también se verá afectada la presión en los equipos. Condensador y ventilador trabajando sobre la corriente permitida por el motor, desgaste.

3.5. Tabla con pedido detallado para mejoramiento del sistema.

Descripción	Cantidad
Tablero electrico con pintura electrostática 80cm ancho x 70cm largo x 30cm fondo	1 unid
Portafusibles Klemsan Rf AVK4FS 4mm ²	10 unid
Autoperforante 3/4" x 3/16" cabeza paraguas	100 unid
Bornera Control Klemsan Rf AVK4 4mm ² Para cable calibre 16 awg	10 unid
Bornera Tierra Klemsan Rf AVK 2.5/4T	10 unid
Rele 24 VAC la bobina Rf VRLP11-024VAC 11 PINES CON BASE. Marca VCP	5 unid
Pulsador NO D: 22mm Color rojo Marca YHZ con bloque de contactos	6 unid
Pulsador NC D: 22mm Color rojo Marca YHZ con bloque de contactos	6 unid
Temporizador Bobina 24 VAC Lovato TM-M2 Rango 0.1seg-10 dias	2 unid
Riel Omega	3 mts
Canaleta ranurada 40mm x 40mm	6 mts
Bornera Rf AVK-10 10mm ² Klemsan	30 unid
Bornera tierra Rf AVK 6/10T 10mm ² Klemsan	10 unid
Cable Vehicular Negro 16AWG	200 mts
Cable Vehicular Blanco 16AWG	50 mts
Terminal tipo puntera color negro Rf VTPU-15010	200 unid
Contactador Bobina 24VAC Rf LC1 D12 Schneider electric	2 unid
Relay termico mitsubishi TH-N20 Kp03 de 1A-1.6A	2 unid
Breaker trifasico 32amp Gewiss	2 unid
Breaker trifasico 20amp Gewiss	1 unid
Flotador	1 unid

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Sirena 24VAC	1 unid
Indicador luminoso color verde 24VAC D: 22mm VCP	6 unid
Indicador luminoso color rojo 24VAC D:22mm VCP	5 unid
Perno expansivo 3/8" x 2"	50 unid
Freno bornera Klemsan KD3	20 unid
Tapa terminal bornera Rf NPP-2.5/10	10 unid
Cable encauchetado 4x12 AWG	46 mts
Cable encauchetado 8x18 AWG	17 mts
Cable encauchetado 4x10 AWG	30 mts
Cable encauchetado 3x18 AWG	4 mts
Tubería EMT 1 1/2"	30 mts
Tubería EMT 3/4"	3 mts
Entradas a caja 1 1/2"	26 unid
Entradas a caja 3/4"	3 unid
Conduleta "L" 1 1/2"	10 unid
Conduleta "L" 3/4"	1 unid
Conector Recto 1 1/2"	6 unid
Reducción 1 1/2" a 3/4"	1 unid
Reducción 3/4" a 1/2"	4 unid
Caja plastica intemperie 20x20cm	2 unid
Unión 1 1/2"	17 unid
Conduleta "T" 1 1/2"	4 unid
Mecano 4x4cm	6 mts
Coraza 1 1/2"	6 mts
Conectores Curvos 1 1/2"	3 unid
Cable Vehicular rígido 10 AWG	30 mts
Sujetadores de tubería al perfil Rf FPAG112	15 unid
Parada de emergencia D: 22mm NC Marca YHZ	1 unid
Amarres plasticos 10cm Negros	300 unid

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

3.6. Procedimiento

La ejecución inicia generando una descripción del estado de los componentes eléctricos, mecánicos y de transporte-Retención de fluido (Agua) de esta manera se diseña a mano un plano para la adecuación y calibración de sensores y componentes dieléctricos también se pudo determinar un listado como se mostró anteriormente para iniciar la fabricación de la lógica cableada; Se adecua un tablero eléctrico con pintura electroestática de longitudes 80cm ancho x 70cm largo x 30cm fondo , suficiente para que se encargue de controlar todo el sistema. Se cambia toda la tubería por una nueva, también se notó en las pruebas que el sistema químico dieléctrico (ánodo y cátodo) se encontraban con recubrimientos metálicos por lo cual también se desmontaron los tanques dieléctricos y se les hizo limpieza. Se hizo el montaje final, se hicieron las debidas pruebas como el control de variables de temperatura y se entrega el proyecto a los entes directivos de la empresa Mecánicos Unidos S.A.S.

El sistema de control de enfriamiento (CHILLERS) cuenta con dos chillers cada uno con un sistema independiente del control; los componentes eléctricos y mecánicos se han visto afectados a través del tiempo, estos daños se pueden evidenciar en contactores, protecciones eléctricas, fugas de agua y líquido refrigerante, entre algunos más.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

3.6.1. Estado inicial- Diagrama Fotográfica



Tablero Control Encendido-Apagado



Tablero Control Chiller #1



Tubería y presostatos de fluido(agua)



Tablero Control Chiller #2

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27



Tanque de distribución agua refrigerada



Chiller #1 y #2



Desmontaje (Anodo-Catodo) Limpieza



Proceso de Granallado

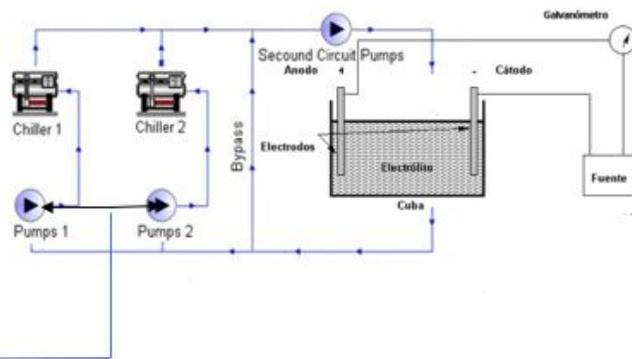
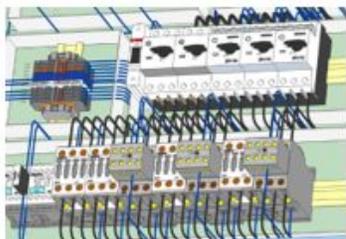
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló un sistema de control para la temperatura de un fluido requerido (En este caso – Agua) a la entrada y salida del proceso, permitiendo de esta manera tomar decisiones automáticas para el encendido y apagado de las chiller garantizando el agua fría para las piezas que están en los tanques de estañado electrolytico. También es facilitadora a la hora de hacerse mantenimiento ya que se mide la presión del fluido, cantidad de refrigerante y un tablero nuevo con todo un desarrollo de forma ordenada.

Teniendo en cuenta lo anterior se precede a ser el montaje de los componentes eléctricos requeridos para el control de los parámetros ya mencionados, entre ellos borneras de control y tierra, portafusibles, relés, pulsadores.

El control del sistema de chiller y la limpieza del sistema químico le permitió al proceso un mejor desempeño y acabado en las piezas de exportación, también le permitió al personal operario no verse obligatorios a hacer paros por recalentamiento del sistema.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Diagrama Fotografía - Estado Final

En esta imagen se muestra el estado final del tablero de control y sus beneficios como son las alertas sonoras y visuales.



Montaje Tablero Control



Conexiones Botonera, Alarma visual



Tablero control Etapa final



Tablero y sus componentes



Control ordenado



En funcionamiento

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- A pesar del tiempo de espera de los materiales requeridos se pudo obtener un sistema para un proceso más eficiente y un acabado cableado impecable. Además contribuir a la limpieza del sistema químico permite que el producto de exportación no presente daños en esta última etapa.
- El sistema de control implementado fue muy útil a la hora de que la empresa no contaba con un gran presupuesto por lo cual el método utilizado se acopló al presupuesto y suple de forma excelente la necesidad además contribuyendo al ahorro en gasto de energía innecesariamente.
- Se reconoce que una de las fases más importantes fue la detección de problemas directamente con los operarios, ya que de esta manera estos antes me comunicaban sus asperezas con los equipos y en especial los paros involuntarios que debían pagar adicionalmente por un defecto del sistema.
- Se concluye que la implementación de este sistema en la empresa Mecanicos Unidos (MU) S.A.S le ha permitido tener un crecimiento productivo permitiendo un flujo continuo de material, un acabado impecable y un ahorro eléctrico considerable.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

Recomendaciones

- Elaborar un manual y planos eléctricos de todo el sistema para futuras reparaciones o entendimiento de técnicos.
- Realizar mantenimiento correctivo a la carcasa de las chiller ya que esta se encuentra en un mal estado y se encuentran casi en la intemperie por lo cual recibe golpes del agua y sol.

Trabajo Futuro

Se recomienda a la empresa la implementación de conexión al tablero principal del área permitiendo de esta manera recolectar información basada en hechos irregulares en todo el sistema para generar una célula de aprendizaje.

Referencias

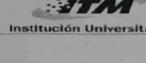
Instituto Argentino de Automación Industrial,(), Introducción al control automático de procesos.

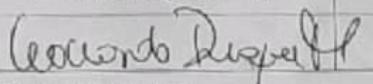
CARLOS A. SMITH,(Primera edición: 1991), Control Automático de procesos Teoría-Práctica

QuimiNet,(14/12/2006), Aplicaciones de los chillers

Michael McCann,(2/12/18), INDUSTRIAS MANUFACTURERAS,METALURGIA Y METALISTERIA.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27

 Institución Universitaria	EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES		Código	FDE 090
			Versión	04
			Fecha	2015-10-05
INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO				
1. Título:				
SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE BOMBAS REFRIGERANTES (CHILLER) PARA PROCESO DE ESTANADO ELECTROLÍTICO.				
Programa Académico: <input type="checkbox"/> Tecnología <input type="checkbox"/> Ingeniería <input checked="" type="checkbox"/>				
2. Modalidad Trabajo de Grado:				
Proyecto de Grado	<input type="checkbox"/>	Práctica Profesional	<input checked="" type="checkbox"/>	Emprendimiento
Producto de Investigación	<input type="checkbox"/>	Producto obtenido en Talleres o Laboratorios ITM	<input type="checkbox"/>	Pasantías
Certificación	<input type="checkbox"/>	Reconocimiento Laboral	<input type="checkbox"/>	Cursos de Posgrado
Ingeniería para la Gente	<input type="checkbox"/>			
Grupo de investigación:		Código proyecto		
Tipo de Informe	<input type="checkbox"/>	Propuesta de Proyecto de Grado	<input type="checkbox"/>	Informe Final de Proyecto de Grado <input checked="" type="checkbox"/>
3. Información estudiante(s):				
Nombre	Cédula		Correo electrónico	
John Alejandro Quintero Marín	1041150918		alejandroquinteromarin5@gmail.com	
4. Información asesor:				
Nombre	Institución		Correo electrónico	
Alejandro Gómez	Mecánicos Unidos		servicioalcliente@victoria.com.co 312 6575006	
CONCEPTO DEL JURADO EVALUADOR				
Concepto inicial sobre el trabajo de grado				
Aprobado sin modificaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Se requieren modificaciones	<input type="checkbox"/>	Mención honorífica
Observaciones				
Se puede anexar hojas adicionales para una descripción más amplia de las observaciones. Justificar en esta parte por qué otorgar mención honorífica.				
El estudiante realizó su trabajo de grado en la empresa Mecánicos Unidos (MU) S.A.S. El jefe directo manifestó que fue un aprendiz muy dedicado y que su trabajo en la empresa correspondía con el perfil profesional.				
En cuanto al proyecto realizado, el estudiante apropió el conocimiento requerido para la intervención de procesos críticos a nivel industrial. En este caso aplicó el conocimiento adquirido en las asignaturas de control y habilidades como cableado estructural entre otros.				

 Institución Universitaria	EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES		Código	FDE 090
			Versión	04
			Fecha	2015-10-05
<p>apuesta a nivel tecnológico, el estudiante apropió el conocimiento requerido para la intervención de procesos críticos a nivel industrial. En este caso aplicó el conocimiento adquirido en las asignaturas de control y habilidades como cableado estructural entre otros.</p> <p>El informe presentado se encuentra al nivel de pregrado.</p>				
Nombre jurados evaluadores	Leonardo Duque Muñoz		leonardoduque@itm.edu.co	
Firma	 FECHA: 07/12/2018			

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 074
		Versión	06
		Fecha	2018-11-27