



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PRÁCTICA PROFESIONAL

MODIFICACIÓN DE SISTEMA DE BUNKER Y CONTROLES DE VELOCIDAD

ACEROS CENTRO CARIBE S.A.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21111397

CARLOS FRANCISCO NIETO ORTEGA

ASESOR:

ING. HEGEL MERLÍN LÓPEZ GARCÍA

CAMPUS SAN PEDRO SULA;

JUNIO, 2018

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, Carlos Francisco Nieto Ortega, de San Pedro Sula autor del trabajo de grado titulado: Implementación de Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado, Acero Centro Caribe S.A., presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero en Mecatrónica, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 22 días del mes de junio de dos mil ocho.

22 de junio de 2018

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Dedico esta investigación primeramente a Dios, por siempre darme la fortaleza y energía para poder culminar esta etapa de mis estudios, seguidamente están mis padres Pedro Francisco Nieto y Mercedes Asunción Ortega porque a pesar de sus limitaciones económicas siempre se esforzaron y me guiaron en mis estudios para que pudiera obtener una buena educación.

Agradezco a mi novia y futura esposa por siempre comprenderme y ayudarme a que culminara mis estudios.

También doy gracias a mi hermana porque con su ejemplo de dedicación al estudio siempre fue mi guía para demostrarme que yo también podía alcanzar esta meta.

Doy gracias a mis amigos y compañeros por darme el ánimo para que pudiera continuar hasta culminar mis estudios.

RESUMEN EJECUTIVO

Aceros Centro Caribe es una empresa que trabaja con un horno el cual el combustible es bunker.

Su sistema actual comprende de un tanque principal de almacenamiento de 20,000 galones y un tanque secundario de 10,000 galones de aquí se transfiere a unos tanques de trabajo con capacidad de 1500 y 2000 galones.

El bunker es precalentado para luego ser extraído de estos tanques por unas bombas de 3.7 KW de 55 gal/min con las que se inyecta bunker en dos áreas que son los quemadores laterales y los quemadores frontales, los quemadores laterales son 4 quemadores ubicados 2 en la parte derecha y 2 en la parte izquierda del horno y los quemadores frontales son 3 ubicados en la parte frontal del horno el operador del horno debe de estar pendiente de ambas presiones en el horno cosa que actualmente se hace de forma manual ya que las bombas solamente cuentan con un arranque directo y la presión se regula mediante una válvula de retorno en la cual el operador visualiza mediante manómetros las presiones de los circuitos.

En este trabajo se vio la dificultad que tiene el hornero para regular el horno de forma eficiente por lo que Aceros Centro Caribe ha decidido hacer una mejora en todo el sistema de bunker unificando los circuitos.

Dejando así un solo circuito para los 7 quemadores y controlando la presión desde la cabina de control mediante un variador en el que regule la velocidad de la bomba y un transmisor de presión para poder ver la lectura de presión en la cabina de control.

Facilitando así la operación del horno para el operador y mejorando así la inyección de bunker al horno por lo que se podrá controlar la cantidad de bunker necesaria para que el horno se mantenga a una temperatura de 1200 grados centígrados.

También se logró mejorar el proceso controlando de forma semiautomática la velocidad de los motores de corriente directa de la línea intermedia de los castillos de laminación facilitando así poder bajar y subir velocidad en cascada de todo el tren de laminación y con esto poder controlar la velocidad a la que se produce la varilla de construcción.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	2
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
2.1.1 Misión:	2
2.1.2 Visión:	2
2.1.3 Política de Calidad:.....	2
2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD	3
2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
2.4 OBJETIVOS	4
2.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 PROCESO BÁSICO DE COMBUSTIÓN.	4
3.2 BUNKER C (FUEL OIL)	5
3.2.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL BUNKER C (FUEL OIL)	6
3.3 EL USO DE TERMOPARES.....	8
3.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS TERMOPARES	8
3.5 POSIBLE INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN	11
3.6 CABLES DE CONEXIÓN PARA TERMOPARES.	11
3.7 PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOPARES.....	12
3.8 CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE	13

3.8.1 Características de Calibrador Fluke.	13
3.9 BOMBAS CENTRIFUGAS.	14
3.9.1 principios de Funcionamiento.....	14
3.9.2 Por qué fallan las bombas	15
3.9.3 Cómo retrasar las fallas	16
3.9.4 Mantenimiento	17
3.9.5 Alineación	19
3.10 INDICADOR DE PRESIONES CON DEFORMÍMETRO.	19
3.10.1 Sensores Piezoeléctricos	22
3.11 TRANSMISOR DE PRESIÓN WIKA S20	24
3.11.1 Aplicaciones	24
3.11.2 Características	24
3.11.3 Descripción	24
3.12 VARIADORES DE FRECUENCIA	26
3.12.1 Conceptos y definiciones básicas	26
3.12.2 Conceptos Básicos sobre Variadores para Motores Trifásicos.	28
3.13 VARIADOR MICROMASTER 440	29
3.13.1 Características Principales.....	29
3.13.2 Puesta en Servicio Rápida.....	30
4.1. Hipótesis y/o Variables de Investigación	33
4.2 Enfoque y Métodos	33
4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados.	33
4.5 Unidad de análisis y Respuesta.	34
4.4 Fuentes de Información	34

4.5 Cronograma de Actividades	35
5.1 Semana 1	35
5.2 Semana 2	37
5.3 Semana 3	40
5.4 Semana 4	41
5.5 Semana 5	42
5.6 Semana 6	44
5.7 Semana 7	44
5.8 Semana 8	44
5.9 Semana 9	45
5.10 Semana 10.....	45
VI. CONCLUSIONES	45
Anexo 1: Lecturas de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica Mes Mayo	48
Anexo 2: Lecturas de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica Mes Junio	49
Anexo 3: Plano para la Conexión del Circuito de Bunker	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Partes de un termopar.....	8
Ilustración 2: Puntos de medición de un termopar.....	9
Ilustración 3: Curvas de Tensión Termoeléctricas.....	10
Ilustración 4: Código de colores de los cables de extensión y de los cables de compensación. ...	12
Ilustración 5: Diafragma liso y corrugado	21
Ilustración 6: Deformímetro de Diafragma	21
Ilustración 7: Transmisor WIKA S20	24

Ilustración 8: Esquemas de Conexión	26
Ilustración 9: Estructura de un Variador de Frecuencia	27
Ilustración 10: Diagrama en Bloques de un Variador	28
Ilustración 11: Velocidad de Trabajo vrs Par de Motor	29
Ilustración 12: Habilidad de Ciclo Cizalla CV3	36
Ilustración 13: Habilidad Modulo de Cola	37
Ilustración 14: Daño en el convertidor	38
Ilustración 15: Cambio de Diodos SCR	38
Ilustración 16: Instalación de Nueva Canasta Digital	39
Ilustración 17: Nuevos SCR instalados	40
Ilustración 18: Instalación de Nuevo Variador Bomba de Bunker	41
Ilustración 19: Instalación de Módulos de Salidas Análogas 0-10 V	42
Ilustración 20: Habilidad para regulación Velocidad Solo o Cascada	43
Ilustración 21: Envío de Referencia de Velocidad	43
Ilustración 22: Botella de Quemador Modificada	44

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Propiedades Físicas y Químicas del Bunker	6
Tabla 2: Tabla de Conversión de la Viscosidad	7
Tabla 3: Aleación Termocupla Tipo K	10
Tabla 4: Rangos de Medición Sensor S20	25

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Carga de un sensor piezoeléctrico	22
Ecuación 2: Capacitancia de un sensor piezoeléctrico	23
Ecuación 3: Diferencia de Potencial de un sensor piezoeléctrico	23
Ecuación 4: Voltaje Proporcional a la Presión	23

GLOSARIO

Altímetro: Un altímetro es un instrumento de medición que indica la diferencia de altitud entre el punto donde se encuentra localizado y un punto de referencia; habitualmente se utiliza para conocer la altura sobre el nivel del mar de un punto.

Áspero: Que tiene la superficie rugosa, rasposa o con irregularidades, por lo que resulta desagradable al tacto.

Azufre: El azufre es un elemento químico de número atómico 16 y símbolo S (del latín supura). Es un no metal abundante con un color amarillo característico.

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica; el más común mide las variaciones de la presión atmosférica por las deformaciones que experimenta una cajita metálica de tapa flexible, en cuyo interior se ha hecho el vacío.

Carbono: Elemento químico de número atómico 6, masa atómica 12,01 y símbolo C; es un no metal sólido que es el componente fundamental de los compuestos orgánicos y tiene la propiedad de enlazarse con otros átomos de carbono y otras sustancias para formar un número casi infinito de compuestos; en la naturaleza se presenta en tres formas: diamante, grafito y carbono amorfo o carbón; en cada una de estas formas tiene muchas aplicaciones industriales.

Combustión: Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Corrugado: El acero corrugado, varilla corrugada o tetra cero es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado. Se trata de barras de acero que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad.

Cuñero: Las cuñas se usan para evitar el movimiento relativo entre una flecha y elementos de máquinas tales como engranes, poleas, ruedas dentadas, levas, palancas, volantes, impulsores, etc.

Deformímetro: Instrumento que muestra las diferencias superficiales, deformaciones, que puede presentar una pieza.

Densidad: La densidad es la cualidad de lo denso, o la acumulación de gran cantidad de elementos o individuos en un espacio determinado.

Diodos SCR: El rectificador controlado de silicio SCR, es un semiconductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro está en corte (bloqueo directo, bloqueo inverso y conducción directa).

Fuelle: Instrumento para recoger aire y lanzarlo con dirección determinada, aviva la lumbre con el fuelle.

Hidrocarburos: Se conoce como hidrocarburo al compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono.

Hidrogeno: Elemento químico de número atómico 1, masa atómica 1,007 y símbolo H; es un gas incoloro, inodoro y muy reactivo que se halla en todos los componentes de la materia viva y en muchos minerales, siendo el elemento más abundante en el universo; se utiliza para soldaduras, en la síntesis de productos químicos, etc., y, por ser el gas menos pesado que existe, se ha usado para inflar globos y dirigibles, aunque arde fácilmente, por lo que se suele sustituir por helio.

Ignición: Circunstancia de estar una materia en combustión o incandescencia.

Inflamabilidad: Característica de los hidrocarburos que indica la mayor o menor facilidad con que éstos se auto encienden bajo el efecto de presiones y temperaturas elevadas.

Palanquilla: Una palanquilla es una barra de acero fabricada a partir de acero crudo que no tiene las esquinas pulidas. Su utilidad reside en la mayor facilidad para ser vendido para comenzar a trabajar con ellas.

PLC: Controlador Lógico Programable son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. Programable Logic Controller o Controlador lógico programable.

Pulverización: Reducir a polvo o a partículas muy pequeñas una cosa sólida.

Quemadores: Los quemadores son los equipos donde se realiza la combustión, por tanto, deben contener los tres vértices del triángulo de combustión, es decir que deben lograr la mezcla íntima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.

Termopar: es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los mili voltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado

Viscoso: Se refiere a la sustancia que es muy espesa y pegajosa.

I. INTRODUCCIÓN

El control de velocidad en los motores hoy en día es muy importante para las empresas ya que facilita en gran medida los procesos de producción además de hacer mucho más eficientes los motores ya sea por variadores de velocidad para los motores de corriente alterna, o por medio de convertidores para los motores de corriente directa.

Aceros Centro Caribe es una empresa que tiene muchos procesos manuales que pueden ser automatizados en vista de esto han decidido en hacer una inversión en controles de velocidad para poder regular la velocidad de algunos motores que son importantes para la producción de la varilla de construcción.

En estos motores se encuentra lo que es el sistema de bunker que se pretende mejorar de manera completa por lo que para esto se requiere de una bomba con una mayor potencia que la que se encontraba anteriormente.

Ha esto se le agrega un variador de velocidad MICROMASTER 440 con el que se pretende controlar la presión de bunker que se inyecta a los quemadores.

Otro proceso a mejorar es el control de velocidad de los motores de laminación de la línea intermedia los cuales son motores DC controlados por Diodos SCR y un convertidor por módulos de placa estos convertidores ya instalados no tenían la referencia de velocidad externa por lo que para regular su velocidad el técnico debía regularla mediante el potenciómetro de control de velocidad ubicado en el panel del convertidor, se pretende que esto lo pueda realizar el operador del tren de laminación mediante pulsadores ubicados en la cabina de control así hacer este proceso mucho más sencillo.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Aceros Centro Caribe es una empresa dedicada a la producción de varilla de construcción realizando diámetros desde 3/8" hasta 1 ¼" para la producción de la varilla necesitan la materia prima llamada palanquilla cuyas dimensiones son de 200x200x4500mm estas se calientan a 120 grados centígrados en un horno y luego es extraída para su laminación en caliente la cual es deformada reduciendo su espesor a través de castillos de laminación y llevándola a los diámetros de varilla de construcción deseados.

2.1.1 Misión:

Aplicar las mejores prácticas para producir con eficiencia varillas de acero de diversos perfiles, así como comercializar otros productos de la industria metal mecánica, los cuales proporcionen la calidad y requerimientos que satisfagan las necesidades y exigencias de los clientes a nivel nacional e internacional.

2.1.2 Visión:

Elevar la eficiencia y calidad en la producción de varillas y comercialización de otros productos, lo cual nos garantice una mayor participación y continuo crecimiento en el mercado, y así proporcionar la satisfacción total a los clientes nacionales e internacionales con precios competitivos.

2.1.3 Política de Calidad:

ACCSA asume el compromiso de fabricar y comercializar varillas de aceros para construcción y uso ornamental bajo estándares internacionales de calidad, así como la prestación de servicios de conformación de las mismas y la comercialización de productos en general, sustentado en el cumplimiento de la legislación vigente, realizando una permanente Gestión de Calidad orientada al mejoramiento continuo de procesos y productos, satisfaciendo y superando las necesidades y expectativas de sus clientes, empleados y accionistas.

Para lograr este propósito ACCSA orienta su gestión a:

- Aplicar y mantener un Sistema de Gestión de Calidad.
- Asegurar la correcta aplicación del sistema a través de la comprometida participación de su personal en el mejoramiento continuo y una constante motivación y capacitación.
- Implementar el uso de nuevas tecnologías en sus procesos.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento de mantenimiento en ACCSA es el departamento encargado de realizar las mejoras y rediseños de las máquinas de producción, así como es el encargado de mantenerlas en óptimas condiciones de trabajo para poder obtener de ellas la mayor utilidad posible.

Previendo así paros no planificados en la producción, además es el encargado de mejorar el proceso de producción de la fábrica implementando nuevas tecnologías en la maquinaria y haciendo el proceso cada vez más autónomo para cuidar de la calidad del producto y brindarle una mayor seguridad en las operaciones de trabajo a nuestros empleados.

2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Aceros Centro Caribe ha tenido problemas con poder regular el horno de manera que trabaje eficientemente, esto se debe a no tener un control completamente autónomo del bunker que se inyecta a los quemadores, regulando así la presión de una manera manual generando así demasiadas emisiones de humo ya que al no tener el control de la presión de bunker es casi imposible poder crear una combustión ideal para que el horno pueda funcionar de manera eficiente.

Aceros Centro Caribe tenía la alimentación de bunker dividida en dos circuitos uno para los quemadores laterales del horno y otro para los quemadores frontales lo que hacía mucho más complicado para el operador poder regular la presión del bunker.

Además del control del bunker Aceros Centro Caribe había tenido un problema de control de velocidad en algunos castillos de laminación ya que al no poseer de una referencia de velocidad enviada desde el PLC el técnico eléctrico debía de ir a regular la velocidad del motor al panel del convertidor cada vez que se requería.

Por lo que esto generaba una pérdida de tiempo para la producción, estos convertidores trabajan con una referencia de 0-10V por lo que la empresa no disponía de salidas análogas en el módulo de comunicación que se encuentra cerca de estos paneles para poder realizar de una manera más practica la regulación de velocidad y que sea el operador del tren de laminación el que tenga el control para poder subir o bajar la velocidad de estos.

Además, este problema impide poder subir o bajar la velocidad en forma de cascada o simultáneamente de todo el tren de laminación y de esta manera poder controlar la velocidad a la que se produce la varilla de construcción.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evitar las emisiones de humo generadas en el horno debido al mal control de inyección de bunker a los quemadores y con esto generar un ahorro en energía eléctrica y bunker.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalación y programación del variador MICROMASTER 440 para controlar la velocidad de la bomba de bunker mediante su módulo profibus y visualización en una pantalla PROFACE de SCHNEIDER.
- Instalación y programación de la lectura de presión de un sensor de 4 a 20 mA para monitorear la presión del bunker.
- Programación para agilizar y ordenar el proceso de transportación de la palanquilla de entrada al horno.
- Instalación y programación de termopares tipo K para el control de temperatura del intercambiador de calor.
- Instalación y cableado de las salidas análogas y pulsadores para el control de velocidad de los motores línea intermedia del tren de laminación.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 PROCESO BÁSICO DE COMBUSTIÓN.

“El proceso básico de combustión es una forma especial de oxidación en que el oxígeno del aire se combina con elementos combustibles, que generalmente son carbono, hidrogeno y en menor medida azufre.” (Kohan, 2000, p. 409).

Se necesita una mezcla adecuada de combustible y aire, así como una temperatura de ignición para que el proceso de combustión continúe. El combustible debe prepararse de forma que se haga posible dicho proceso a través de la mezcla de combustible y aire. El termino inflamabilidad se utiliza para describir la capacidad de quemarse, o realmente su habilidad para convertirse en gas de forma que la combustión pueda tener lugar.

Las reacciones químicas deben satisfacer tres condiciones para que tengan lugar en el proceso de combustión:

1. Es necesaria una adecuada proporción entre combustible y oxígeno (o aire) con los elementos combustibles.

2. La mezcla de combustible y oxígeno (o aire) debe llevarse a cabo, de modo que una mezcla uniforme esté presente en la zona de combustión y así cada partícula de combustible tenga aire alrededor para ayudar en la combustión.

Los combustibles sólidos normalmente se convierten primero en gas por el calor y la presencia de aire. Los combustibles líquidos se vaporizan a gas y después arden. La atomización de los líquidos incrementa su mezcla con aire y la vaporización a gas. La pulverización del carbón tendrá el mismo efecto.

3. La temperatura de ignición se establece y será monitorizada de forma que el combustible continúe su ignición sin calor externo cuando la combustión arranque.

3.2 BUNKER C (FUEL OIL)

Es un combustible que normalmente proviene de la primera etapa del proceso de refinación (destilación atmosférica), viscoso y con alto contenido energético, lo cual lo hace apto para ser usado en calderas, hornos y para las plantas de generación eléctrica. En los procesos de refinación del fuel oil se obtienen sub productos como aceites, lubricantes y asfaltos. También es utilizado como combustible en motores marinos.

Es un combustible que está formado por grandes cadenas de hidrocarburos, particularmente alcanos, ciclo alcanos y algunos compuestos aromáticos, tiene un color oscuro y olor característico a azufre.

El fuel oil se clasifica con números del 1 al 6, para tal clasificación se considera su punto de ebullición, su composición y su viscosidad. De acuerdo a su número, entre más alto sea este, mayor será su viscosidad.

Para los procesos industriales, generalmente necesita un precalentamiento antes de ser inyectado a la caldera u horno, esta temperatura se recomienda entre 80°C y 100°C, esto

con el fin de evitar que los hidrocarburos livianos sean evaporizados y lograr de esta manera mantener el poder calórico original.

3.2.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL BUNKER C (FUEL OIL)

VISCOSIDAD

Es una de las propiedades físicas que tienen mayor importancia dado que es una medida de la facilidad con que el combustible es bombeado o atomizado en el quemador. La viscosidad aumenta conforme aumenta el número de carbonos en la cadena.

Se han realizado pruebas de variación de viscosidad versus temperatura, como la que se muestra en el gráfico adjunto, donde se observa un decrecimiento acelerado de sus valores, así como una ligera estabilización de la misma en el ámbito de temperatura entre 70°C y 100°C.

Propiedad	Promedio	Mínimo	Máximo	Limite de Especificación	Método
Densidad a 15 °C	936,6	913,6	988,9	Reportar	ASTM D-1298
Fración de volumen agua y sedimento	0,13%	0,03%	1,00%	Máximo 2,00 %	ASTM D-1796
Temperatura de inflamación	110,9 °C	82,0 °C	132,0 °C	Mínimo 60,0 °C	ASTM D-93
Fración de masa de azufre	1,10%	0,76%	2,03%	Máximo 3,00 %	ASTM D-4294
Viscosidad a 50 °C	80,84 SSF ***	33,00 SSF ***	183,00 SSF ***	Máximo 300 SSF	ASTM D-88
Fración de masa residuo carbon conradson	7,68%	3,44%	12,75%	Máximo 20,00 %	ASTM D-4530
Fración de masa de ceniza	0,02%	0,00%	0,07%	Máximo 0,20 %	ASTM D-482
Punto de Fluidez	19,46 °C	0,00 °C	30,00 °C	Máximo 30,0 °C	ASTM D-97

Tabla 1: Propiedades Físicas y Químicas del Bunker

Fuente: (Recope, 2011, p.23)

El incremento de la viscosidad tiene su impacto en los sistemas de manejo del combustible en la industria (tales como bombas, filtros, atomizadores de los quemadores y tuberías en general), por ello se deben tomar las precauciones para el caudal, en especial por baja temperatura.

La mayoría de los quemadores requieren que la viscosidad en el quemador sea entre 100 y 200 SSU a temperatura de 100 °F (37,8 °C) y un combustible con una viscosidad mayor requiere de precalentamiento.

La viscosidad dinámica es la propiedad de los fluidos que se caracteriza por su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas. En el Sistema Internacional se mide en Pascales segundo, pero la unidad más utilizada es el centipoise (cps), equivalente a 1mPa s. (ATPP, 2008 p.1)

TABLA DE CONVERSION DE LA VISCOSIDAD (materiales con peso especifico = 1)														
Centipoise (cps) o Millipascal (mPas)	Poise (P)	Centistokes (cSt)	Stokes (St)	Saybolt Universales (SSU)	Centipoise (cps) o Millipascal (mPas)	Poise (P)	Centistokes (cSt)	Stokes (St)	Saybolt Universales (SSU)	Centipoise (cps) o Millipascal (mPas)	Poise (P)	Centistokes (cSt)	Stokes (St)	Saybolt Universales (SSU)
1	0.01	1	0.01	31	380	3.8	380	3.8	1850	3500	35	3500	35	16500
2	0.02	2	0.02	34	400	4	400	4	1950	4000	40	4000	40	18500
4	0.04	4	0.04	38	420	4.2	420	4.2	2050	4500	45	4500	45	21000
7	0.07	7	0.07	47	440	4.4	440	4.4	2160	5000	50	5000	50	23500
10	0.1	10	0.1	60	460	4.6	460	4.6	2270	5500	55	5500	55	26000
15	0.15	15	0.15	80	480	4.8	480	4.8	2380	6000	60	6000	60	28000
20	0.2	20	0.2	100	500	5	500	5	2480	6500	65	6500	65	30000
25	0.24	25	0.24	130	550	5.5	550	5.5	2660	7000	70	7000	70	32500
30	0.3	30	0.3	160	600	6	600	6	2900	7500	75	7500	75	35000
40	0.4	40	0.4	210	700	7	700	7	3380	8000	80	8000	80	37000
50	0.5	50	0.5	260	800	8	800	8	3880	8500	85	8500	85	39500
60	0.6	60	0.6	320	900	9	900	9	4300	9000	90	9000	90	41080
70	0.7	70	0.7	370	1000	10	1000	10	4600	9500	95	9500	95	43000
80	0.8	80	0.8	430	1100	11	1100	11	5200	15000	150	15000	150	69400
90	0.9	90	0.9	480	1200	12	1200	12	5620	20000	200	20000	200	92500
100	1	100	1	530	1300	13	1300	13	6100	30000	300	30000	300	138500
120	1.2	120	1.2	580	1400	14	1400	14	6480	40000	400	40000	400	185000
140	1.4	140	1.4	690	1500	15	1500	15	7000	50000	500	50000	500	231000
160	1.6	160	1.6	790	1600	16	1600	16	7500	60000	600	60000	600	277500
180	1.8	180	1.8	900	1700	17	1700	17	8000	70000	700	70000	700	323500
200	2	200	2	1000	1800	18	1800	18	8500	80000	800	80000	800	370000
220	2.2	220	2.2	1100	1900	19	1900	19	9000	90000	900	90000	900	415500
240	2.4	240	2.4	1200	2000	20	2000	20	9400	100000	1000	100000	1000	462000
260	2.6	260	2.6	1280	2100	21	2100	21	9850	125000	1250	125000	1250	578000
280	2.8	280	2.8	1380	2200	22	2200	22	10300	150000	1500	150000	1500	694000
300	3	300	3	1475	2300	23	2300	23	10750	175000	1750	175000	1750	810000
320	3.2	320	3.2	1530	2400	24	2400	24	11200	200000	2000	200000	2000	925000
340	3.4	340	3.4	1630	2500	25	2500	25	11600					
360	3.6	360	3.6	1730	3000	30	3000	30	14500					

Tabla 2: Tabla de Conversión de la Viscosidad

Fuente: (ATPP, 2008 p.1)

3.3 EL USO DE TERMOPARES

En la instrumentación eléctrica de temperatura en el sector industrial se utilizan principalmente dos grupos de sensores:

- Termorresistencia (RTD)
- Termopares (TC)

Ambos tipos de sensores tienen sus ventajas y desventajas. El punto fuerte de las termorresistencias mayormente Pt100 se encuentra en el rango de temperatura inferior hasta medio (-200 ... +600 °C). Los termopares, por el contrario, tienen sus ventajas (con solo algunas excepciones) en el rango de temperaturas (hasta 1700 °C).

Algunos termopares pueden registrar temperaturas aún más elevadas (tungsteno-renio, oro-platino o platino-paladio).

3.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS TERMOPARES

Un termopar consta de dos hilos de materiales diferentes, unidos en un extremo para formar un termopar, constituyendo el nodo de unión el punto de medición.

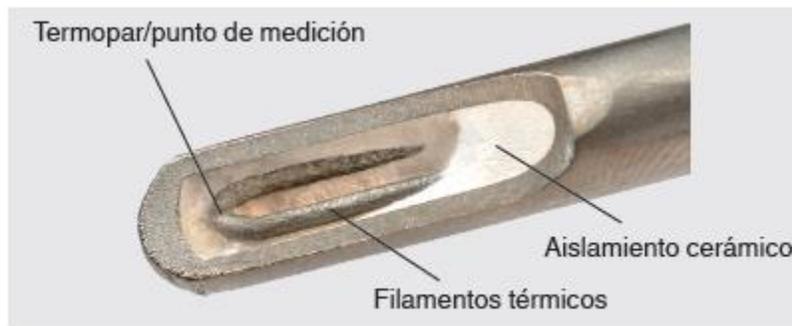


Ilustración 1: Partes de un termopar

Fuente: (Wiegand SE, 2016, p.2)

“Al calentarse el punto de medición, se mide en los extremos de los filamentos (zona fría) una tensión que es aproximadamente proporcional a la temperatura del punto de medición. (efecto termoeléctrico = efecto de Seebeck)” (Wiegand SE, 2016, p.2)

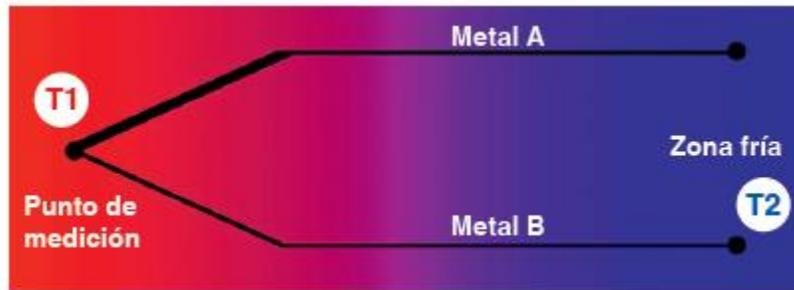


Ilustración 2: Puntos de medición de un termopar

Fuente: (Wiegand, 2016 p.2)

Dicha tensión (FEM = fuerza electro-motriz) se produce por un lado debido a la diferente densidad de electrones de ambos materiales metálicos (diferentes) utilizados en los filamentos, y por otro lado debido a la diferencia de temperatura entre el punto de medición y la zona fría.

Esto significa que un termopar no mide la temperatura absoluta, sino la temperatura diferencial entre el T1: punto de medición (hot junction) y la T2: zona fría (cold junction)

Dado que la medición de la tensión se realiza frecuentemente a temperatura ambiente, la tensión indicada sería inferior en un valor equivalente a la tensión de la temperatura ambiente. Para obtener el valor absoluto de la temperatura del punto de medición se aplica la llamada "compensación de la zona fría".

Ello se logró en el pasado (y aún hoy en día en el laboratorio de calibración) mediante un baño de hielo, al cual se sometía la toma del instrumento medidor de la tensión en la zona fría del termopar.

Los instrumentos actuales con entrada para termopar (p. ej. transmisores, medidores manuales o dispositivos para montaje en paneles, etc.) llevan incorporada una compensación electrónica de zona fría en su circuito.

■ IEC 60584-1

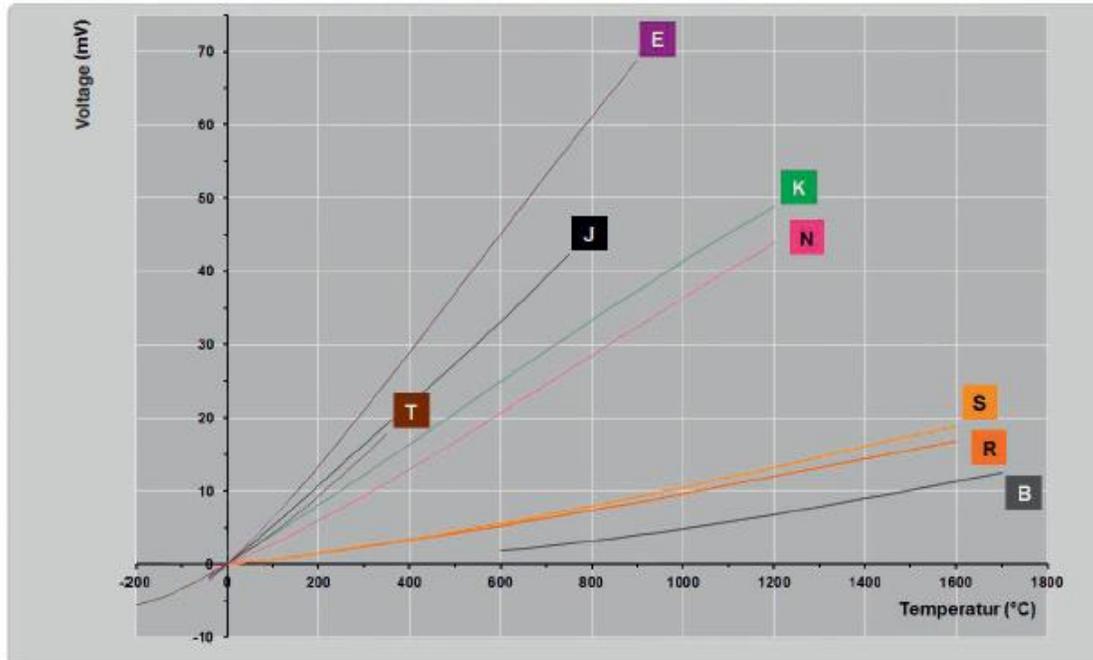


Ilustración 3: Curvas de Tensión Termoeléctricas

Fuente: (Wiegand SE, 2016, p.13)

3.4.1 TERMOPAR TIPO K

Aleación Tipo K

Polo +	Polo -
NiCr	NiAl
Cromo-níquel	Aluminio-níquel (magnético)

Tabla 3: Aleación Termocupla Tipo K

Wiegand SE (2016) afirma:

Los termopares de NiCr-NiAl son ideales para utilización en atmósferas oxidantes o de gas inerte hasta 1200 °C (ASTM E230: 1260 °C) con el máximo espesor de filamento.

Proteger los termopares de atmósferas que contengan azufre. Dado que su susceptibilidad a la oxidación es menor que la de termopares de otro material, se utilizan mayormente para temperaturas superiores a 550 °C. (p.8)

3.5 POSIBLE INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Factores importantes que contrarrestan la estabilidad a largo plazo de termopares

- Envejecimiento/contaminaciones
- Los procesos de oxidación provocan distorsiones de las curvas características en termopares sin protección adecuada (conductores térmicos “pelados”).
- Los átomos de impurezas entradas por difusión (contaminación) producen modificaciones en las aleaciones originales, distorsionando por lo tanto la curva característica.
- La influencia de hidrógeno conduce a la fragilización de los termopares.

3.6 CABLES DE CONEXIÓN PARA TERMOPARES.

Para cubrir la distancia entre termopar y unidad de evaluación, deben utilizarse cables especiales.

Se diferencia aquí entre cables de extensión (el material del conductor corresponde a los materiales originales del termopar) y los llamados cables de compensación. En los cables de compensación, el material del conductor corresponde, en un rango de temperatura restringido, a las características termoeléctricas del termopar original. Esos límites de temperatura están realizados según IEC 60584-3 o ASTM E230. Allí están disponibles también informaciones sobre las clases de exactitud de los cables. La utilización de estos materiales especiales de conductores es necesario para evitar “elementos parásitos” en los puntos de conexión termopar-cable de conexión.

Cable de extensión

Los conductores del cable de extensión están fabricados del material original del termopar (por razones de costes, no disponibles para termopares nobles).

Cable de compensación

Los conductores internos del cable de compensación están fabricados de materiales que corresponden a las características termoeléctricas del termopar original. Esto vale en un rango de temperatura definido en la norma IEC 60584 / ASTM E230 en la zona de transición cable termopar, así como en todo el trayecto del cable.

	ASTM E230 Cable térmico	ASTM E230 Cable de compensación	BS 1843	DIN 43714	ISC1610-198	NF C42-323	IEC 60584-3	IEC 60584-3 Seguridad intrínseca
N								
J								
K								
E								
T								
R								
S								
B								

Ilustración 4: Código de colores de los cables de extensión y de los cables de compensación.

Fuente: (Wiegand SE, 2016, p.4)

3.7 PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOPARES.

- Introducir el termopar de referencia, el patrón de chequeo y el termopar IBC.
- Conectar los cables del termopar en un switch adecuado
- Conectar la salida del multímetro al switch
- El circuito de medición se comprueba y corrige para cualquier fem residual midiendo el circuito cuando el termopar se reemplaza por un corto circuito en los terminales de entrada

- Determinar el efecto de inhomogenidad variando la profundidad de inmersión del termopar IBC en el punto de hielo.
- Si hay necesidad de cables de compensación evaluar el efecto tomando mediciones con y sin cables de compensación
- Comenzar la calibración al punto más bajo e incrementado la temperatura
- Una vez se alcance la estabilidad térmica comenzar el registro de datos. Las medidas eléctricas se realizan usando el multímetro calibrado en todo el rango requerido de fem/temperatura
- Registrar los coeficientes de sensibilidad en la hoja de cálculo de acuerdo al tipo de termopar usando los valores de la monografía 175 del NIST [1]
- Incluya en el certificado la profundidad de inmersión y el software de adquisición de datos si aplica (Ciro A. Sánchez, 2003)

3.8 CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE

Calibrador Multifunción de Precisión para medir y generar mA, Voltios, Temperatura (RTD y termopares), Frecuencia, Ohmios y Presión (módulos de presión opcionales).

Fluke Europe B.V., la organización de ventas y servicio en Europa de Fluke Corporation, ha desarrollado el calibrador de procesos multifunción 726, especialmente diseñado para ofrecer el rendimiento y precisión para la calibración de procesos industriales.

El Fluke 726 aumenta la excepcional calidad de esta gama, con precisiones de 0,01 %, además de medir y generar parámetros claves de procesos incluyendo V, mA, RTD, termopares, frecuencia, resistencia y presión. Incluye la función del cálculo de error del transmisor y puede interpretar los resultados de la calibración sin la necesidad de cálculos externos. Además, el Fluke 726 puede almacenar hasta ocho resultados de calibración para el análisis posterior de los datos obtenidos en el trabajo de campo. (Fluke Corporation, 2005)

3.8.1 Características de Calibrador Fluke.

- Mayor precisión de medida y generación: precisión del 0,01%
- Dos canales independientes; miden, generan y detectan señales de forma simultánea

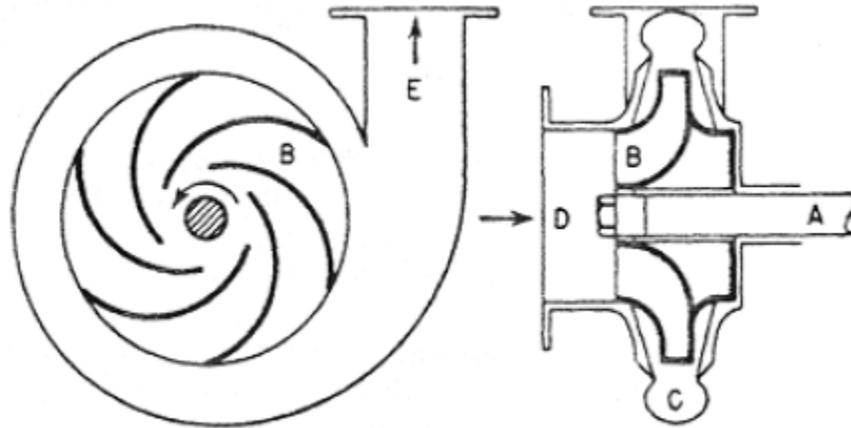
- Mide voltios, mA, RTD, termopares, frecuencia y resistencia para comprobar sensores y transmisores
- Genera y simula voltios, mA, termopares, RTD, frecuencia y presión para calibrar transmisores
- Mide o genera presión* utilizando cualquiera de los 29 módulos de presión Fluke 700Pxx
- Genera mA con medida de presión simultánea para realizar pruebas de I/P y válvulas
- La prueba simultánea de presión y corriente permite capturar los valores de configuración, restablecimiento y banda inactiva de un conmutador
- Capacidad de memoria para hasta 8 resultados de calibración; recupera los datos de calibración almacenados durante las comprobaciones para su análisis posterior
- Cálculo de error del transmisor, interpreta los resultados de la calibración sin calculadora
- Efectúa rápidas comprobaciones de linealidad con las funciones incremento y rampa automáticas
- Puede alimentar a 24 Vdc los transmisores mientras mide simultáneamente su salida en mA
- Almacena las configuraciones de prueba más usuales para poder activarlas en futuras calibraciones
- Totalizador de frecuencia y modo de generación de tren de pulsos de frecuencia para comprobación mejorada de caudalímetros
- El modo HART aplica 250 ohmios en calibraciones de corriente tanto en medida como en generación para instrumentos HART

3.9 BOMBAS CENTRIFUGAS.

3.9.1 principios de Funcionamiento.

Una bomba centrífuga es una máquina que convierte la potencia de entrada (rotativa, motor) en energía cinética en el fluido por medio de un mecanismo giratorio, el impulsor.

El principal fenómeno físico de transferencia de energía es el efecto centrífugo ejercido sobre el fluido. Adicionalmente, el efecto de la forma de la voluta o carcasa sobre el fluido es la transformación de energía (de cabeza de velocidad a cabeza de presión) por el fenómeno de continuidad, también contribuye al aumento del nivel energético del fluido en la descarga de la bomba.(Mendoza Gonzales, 2000)



Fuente: (Mendoza Gonzales, 2000)

3.9.2 Por qué fallan las bombas

La mayoría de los daños prematuros de una bomba son causados por la contaminación, por la lubricación incorrecta o por problemas de alineación.

3.9.2.1 Contaminación

Una bomba puede contaminarse con basuras del fluido que se está bombeando o cuando se manipulan los accesorios de la bomba con las manos sucias. Una forma menos obvia de contaminación ocurre cuando el aire u otros gases se ven atrapados en la bomba.

3.9.2.2 Lubricación incorrecta

Como la mayoría de la maquinaria, las bombas centrífugas necesitan aceite o grasa para lubricar los cojinetes, aunque también tienen requerimientos adicionales de lubricación.

Los empaques y sellos de la bomba son a menudo lubricados por el flujo del fluido. Todas estas necesidades de lubricación deben satisfacerse estrictamente si se desea obtener una vida útil máxima.

3.9.2.3 Desalineación

La fórmula de alineación estricta es a menudo ignorada. La desalineación de la bomba y del elemento impulsor causa vibración y un desgaste excesivo de los cojinetes. También impone

un esfuerzo innecesario sobre el eje. Las bombas deben ser alineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

3.9.3 Cómo retrasar las fallas

Esta sección cubre los procedimientos correctos de la operación de la bomba para el arranque, el cebado, las verificaciones de rutina y el cierre (paro).

Procedimientos apropiados de arranque

La siguiente rutina es un método general que se puede seguir para arrancar la mayoría de las bombas. Asegúrese de no contradecir los métodos específicos de la planta o las instrucciones del fabricante para arrancar la máquina.

1. Ceba la bomba si existe alguna posibilidad de que ésta se haya vaciado mientras estaba cerrada.
2. En las bombas enfriadas por fluido proveniente de una fuente externa, las válvulas de sello deben abrirse antes de arrancar la bomba. Si los sellos o los empaques de la bomba son enfriados por el fluido bombeado, las válvulas de sello se deben cerrar hasta que la bomba sea arrancada.
3. La válvula de succión debe abrirse completamente.
4. En el caso de algunas bombas, particularmente las de baja velocidad, la válvula de descarga debe abrirse antes de arrancar la bomba. Verifique el método de la planta o el manual del operador.
5. Después de arrancar la bomba, abra inmediatamente todas las válvulas de sello que estén cerradas.
6. Si existe una válvula de purga encima de la carcasa, deje escapar el aire hasta que no haya más burbujas.
7. Si la válvula de descarga está cerrada, ábrala lentamente en los diez segundos posteriores al arranque.
8. Vea el manómetro de descarga para estar absolutamente seguro de que el líquido está fluyendo a través de la bomba.

9. Es posible que, en un principio, la bomba emita un sonido áspero. Si ese ruido continúa es probable que la caja tenga aire. Pare la bomba y vuélvala a cebar. Si el ruido persiste, es posible que haya fugas de aire o calor de succión neta positiva insuficiente.

3.9.4 Mantenimiento

Aún bajo las circunstancias más favorables, una bomba tendrá que salir finalmente de servicio para permitir reemplazo de las partes desgastadas o averiadas. Esta sección describe los métodos estándar para reemplazar empaques y sellos y para alinear correctamente la bomba y el elemento accionador.

Antes de comenzar cualquiera de las siguientes rutinas de mantenimiento, lleve a cabo las practicas usuales en su planta para parar y enclavar el equipo.

Si es posible, traslade la bomba a un sitio limpio antes de abrirla. Evite abrir una bomba o reemplazar empaques, sellos o cojinetes en lugares expuestos al polvo u otros elementos contaminantes. La contaminación es un factor primordial en el daño prematuro de las bombas.

3.9.4.1 Empaques

El empaque debe ser reemplazado cuando ya no pueda controlarse una fuga excesiva de la caja de empaques ajustando el collarín. Reponga todos los empaques. No vuelva a insertar los empaques viejos, ni trate de controlar las fugas agregando anillos nuevos a los empaques desgastados. En la mayoría de las bombas, los empaques pueden ser reemplazados sin necesidad de abrir la bomba.

1. Saque el collarín.
2. Use un gancho o extractor para sacar el empaque viejo y el anillo de linterna, si se usa. Asegúrese de que se cambien todos los empaques viejos en ambos lados del anillo de linterna.
3. Limpie y observe la camisa (manguito) o eje lo mejor posible. Si hay algún signo de desgaste, reponga el eje y la camisa.
4. Consulte las instrucciones del fabricante en cuanto al tipo de empaques y al número de anillos.
5. Si se emplean empaques enrollados. córtelos a la medida precisa. Puede haber una junta a inglete o a tope -- lo que es importante es que la junta tenga un ajuste cerrado.
6. Coloque los anillos de empaque cuidadosamente en el eje, uno por uno. Las juntas deberán estar dispuestas alternadamente 45Q a la derecha e izquierda a partir del centro superior del eje, en tal forma que no estén en línea dos juntas adyacentes.

7. Si se emplea un anillo de linterna, cerciórese de que esté alineado con la entrada del fluido del sello, de tal manera que el fluido corra libremente a través de la caja de empaques.

8. Cuando todos los anillos de empaque se hayan insertado, reemplace el collarín y ajuste sus tuercas. Luego hágalas retroceder poco menos que el ajuste manual.

9. Arranque la bomba de acuerdo con el método descrito en la Sección 2.

10. Deje que la bomba funcione un par de horas antes de intentar controlar las fugas. Para que las fugas estén de acuerdo con lo recomendado por el fabricante, ajuste las tuercas del collarín gradualmente y por pasos. Durante cada paso, gire las tuercas más o menos un cuarto de vuelta. Después, deje funcionar la bomba por lo menos quince minutos entre los ajustes para que responda al cambio de presión.

11. Para bombas con descarga externa, la presión de inyección deberá ajustarse a medida que la fuga vaya siendo regulada.

3.9.4.2 Sellos mecánicos

Un sello mecánico con fugas deberá reemplazarse. Las precauciones contra la contaminación son aplicables particularmente a los sellos que son piezas de precisión que requieren un cuidado especial. Incluso el más pequeño rayón puede significar una fuga. Existen tantos diseños de sellos que una sola rutina no alcanza a cubrir todas las combinaciones y disposiciones posibles. Los sellos mecánicos se deben instalar según las instrucciones del fabricante. Sin embargo, existen principios básicos que deben ser aplicados al reponer cualquier sello.

1. La bomba deberá trasladarse a un área limpia de trabajo.

2. Asee el interior de la bomba e inspeccione en busca de desgaste o daños.

3. Si la bomba tiene una caja de empaques, límpiela totalmente.

4. Inspeccione el eje, la camisa (manguito) del eje, el cuñero y la cuña, y el tornillo opresor en busca de rebabas o ranuras.

5. Abra el paquete de sellos muy cuidadosamente y con las manos limpias. La mugre y los rasguños inadvertidos en la superficie de un sello pueden arruinarlo.

Inspeccione en busca de defectos, y si detecta o sospecha un defecto, devuelva el sello al fabricante. Si se cae un sello, no lo use a menos de que esté totalmente seguro de que no está estropeado.

6. Lubrique ligeramente el anillo "O" interno, la cuña de teflón o los fuelles antes de instalarlos. El lubricante debe ser compatible con el material del anillo "O".

7. Coloque el sello de reemplazo siguiendo las instrucciones del fabricante. Si el anillo debe fijarse, ponga especial atención al espacio entre las caras de los sellos. Un ajuste preciso es indispensable para evitar sellos demasiado apretados, que impidan la lubricación, o tan sueltos que permitan las fugas.

3.9.5 Alineación

La mala alineación puede causar el rápido desgaste, el ruido, la vibración y los daños. La alineación de la bomba y del accionador deberá verificarse cuando se instale la bomba y siempre que la bomba se desarme y vuelva a armarse. La alineación de una bomba alineada en la fábrica puede alterarse en tránsito; por lo tanto, debe comprobarse antes de arrancar la bomba. (Westcott, 1995, p.22)

La desalineación puede ser causada por la tensión impuesta sobre las tuberías. Si el tubo tiende a separarse de la brida de la bomba, deberá ajustarse de manera tal que pueda sostenerse sin ejercer presión sobre la conexión de la bomba.

La alineación puede verificarse con indicadores de cuadrante, dispositivos de proximidad, o como se describe en los siguientes procedimientos utilizando una regla y láminas de calibración.

3.9.5.1 Alineación paralela

Las dos mitades del acoplamiento deben ser alineadas horizontal y verticalmente. Cuando la unidad se encuentra en la temperatura de operación, el eje de la bomba y el del accionador deben estar a la misma altura y los bordes de las mitades del acoplamiento deben estar parejos en ambos lados.

El alineamiento paralelo se verifica colocando una regla a través de los bordes de acoplamiento en la parte superior, en la parte inferior y en ambos lados. La regla descansa uniformemente sobre ambos bordes del acoplamiento en las cuatro posiciones.

Al verificar la alineación en paralelo, asegúrese de que la regla quede paralela al eje de las barras.

3.10 INDICADOR DE PRESIONES CON DEFORMÍMETRO.

Una modalidad muy común de transductor para medir fuerza se basa en el empleo de deformímetro de resistencia eléctrica para monitorear la deformación de cierto elemento cuando este se estira, comprime o dobla por la aplicación de una fuerza. A este transductor se le conoce como indicador de presiones. El indicador de presiones es un tubo cilíndrico en el que se colocan deformímetro. Al aplicar fuerzas para comprimir el cilindro, los deformímetro producen un cambio de resistencia, el cual es la medida de la deformación y, por lo tanto, de las fuerzas aplicadas. (Bolton, 2001, p.36).

Dado que la temperatura también produce cambios en la resistencia, el circuito acondicionador de señal que se utilice deberá eliminar los efectos debido a la temperatura por lo general, estos indicadores de presión se utilizan para fuerzas de hasta 10 MN, su error aproximado por no linealidad es de 0.03% del rango total el error por histéresis de 0.02% del rango total y el error de repetitividad de 0.02% del rango total. Los indicadores de presión con deformímetro que se basan en el doblamiento de un elemento metálico se deben usar para fuerzas menores, por ejemplo, para rangos de 0 a 5 N y hasta 0 a 50 kN. Los errores más comunes se deben a un error por no linealidad de casi 0.03% del rango total, el error por histéresis de 0.02% del rango total y el error de repetitividad de 0.02% del rango total.

En muchos de los dispositivos utilizados para monitorear la presión de fluidos de procesos industriales se monitorea la deformación elástica de diafragmas, capsulas, fuelles y tubos. Los tipos de medición que se necesitan son: presión absoluta, en cuyo caso la presión que se mide es relativa a una presión cero, es decir, al vacío; presión diferencial, con la cual se mide una diferencia de presiones, y presión manométrica, en la que la presión se mide en relación con la presión barométrica.

En un diafragma hay una diferencia de presión entre ambas caras, por lo que el centro del diafragma se desplaza. Un diafragma corrugado ofrece mayor sensibilidad. El movimiento del diafragma se monitorea mediante un sensor de desplazamiento que puede ser deformímetro, es frecuente utilizar deformímetro de diseño especial los cuales constan de cuatro deformímetro, dos para medir el esfuerzo en la dirección de la circunferencia y dos en dirección radial. Los cuatro deformímetro al diafragma, pero también existe la opción de hacer un diafragma de silicio en el que los deformímetro son áreas especiales del diafragma con impurezas.

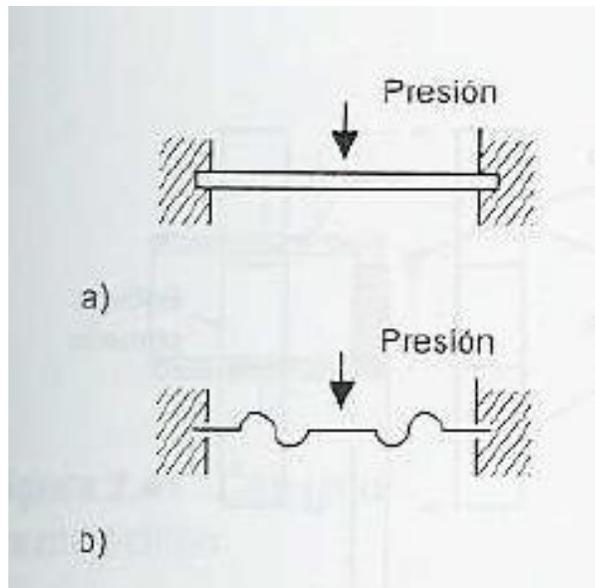


Ilustración 5: Diafragma liso y corrugado

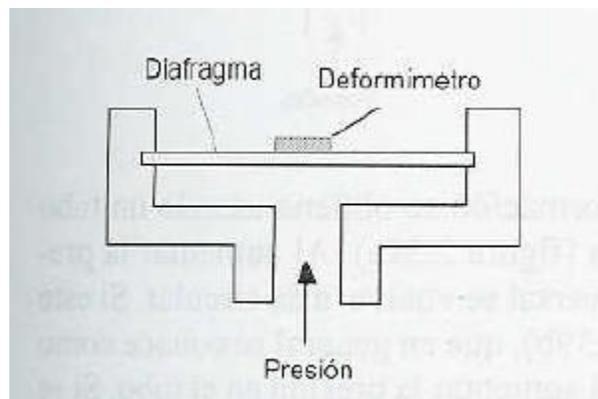


Ilustración 6: Deformímetro de Diafragma

Fuente: (Bolton, 2001, p. 37)

Otra forma de sensor de presión con diafragma de silicio es el deformímetro se integra, junto con un circuito resistivo, en un solo chip de diafragma de silicio. Cuando una corriente pasa a través del deformímetro y se le aplica una presión de ángulo recto, se produce un voltaje en dirección transversal, el sensor además cuenta con circuitos para acondicionar la señal y para compensar la temperatura. El voltaje de salida es directamente proporcional a la presión. Existen sensores como el anterior para medir presión absoluta, presión diferencial y presión manométrica.

Los sensores de presión absoluta tienen diversas aplicaciones como altímetros y barómetros: los sensores de presión diferencial para medir flujo de aire y los sensores de presión manométrica para medir la presión de motores y llantas.

Las capsulas se pueden considerar como la combinación de dos diafragmas corrugados, con lo cual se logra una sensibilidad mucho mayor, una pila de capsulas forma un fuelle. Los fuelles se combinan con un TDVL para obtener un sensor de presión que produce una salida eléctrica. Los diafragmas, las capsulas y los fuelles están hechos de acero inoxidable, bronce fosforado y níquel e, incluso, de hule y nylon. Con este tipo de sensores se puede monitorear presiones en un rango de 10^3 a 10^8 Pa.

Otra forma de deformación se obtiene usando un tubo con sección transversal elíptica. Al aumentar la presión en el tubo la sección transversal se vuelve más circular. Si este tubo tiene forma de C, que en general se conoce como tubo de bourdon, la C se abre al aumentar la presión en el tubo. Si se utiliza la versión helicoidal de este tipo de tubo se obtiene mayor sensibilidad, los tubos son de acero inoxidable y bronce fosforado y se usan para rangos de presión entre 10^3 y 10^8 Pa.

3.10.1 Sensores Piezoeléctricos

Cuando un material piezoeléctrico se encoge o comprime genera cargas eléctricas; una de sus caras se carga en forma positiva y la cara opuesta se carga en forma negativa. En consecuencia, se produce un voltaje. Los materiales piezoeléctricos son cristales iónicos que al estirarlos o comprimirlos producen una distribución de carga en el cristal que origina un desplazamiento neto de carga; una de las caras del material se carga positivamente y la otra, negativamente. La carga neta q en una superficie es proporcional a la cantidad x que las cargas hayan sido desplazadas y, dado que el desplazamiento es proporcional a la fuerza aplicada F :

$$q = kx = SF$$

Ecuación 1: Carga de un sensor piezoeléctrico

Fuente: (Bolton, 2001, p.39)

donde k es una constante y S una constante denominada sensibilidad de carga. Esta depende del material y de la orientación de sus cristales. El cuarzo tiene una sensibilidad de carga de 2.2 pC/N si el cristal se corta en determinada dirección y las fuerzas se aplican en una dirección específica; el titanato de bario tiene una sensibilidad de carga del orden de 130 pC/N mucho mayor que la anterior, y la de titanato-zirconato de plomo es de unos 265 pC/N.

En dos caras del cristal piezoeléctrico que estén una frente a la otra, se depositan electrodos metálicos. La capacitancia C del material piezoeléctrico que está entre las placas es:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{t}$$

Ecuación 2: Capacitancia de un sensor piezoeléctrico

Fuente: (Bolton, 2001, p.39)

Donde ϵ_r es la constante dieléctrica relativa del material, A el área y t es el espesor de esta, dado que la $q=Cv$, donde v es la diferencia de potencial creada en el capacitor, entonces:

$$V = \frac{St}{\epsilon_0 \epsilon_r A} F$$

Ecuación 3: Diferencia de Potencial de un sensor piezoeléctrico

Fuente: (Bolton, 2001, p.39)

La fuerza F se aplica en un área A, por lo que la presión aplicada p es F/A y si $Sv=(S/\epsilon_0 \epsilon_r)$, se llama factor de sensibilidad de voltaje:

$$V = Svtp$$

Ecuación 4: Voltaje Proporcional a la Presión

Fuente: (Bolton, 2001, p.39)

El voltaje es proporcional a la presión aplicada. La sensibilidad del voltaje del cuarzo es del orden de 0.055 V/m Pa y la del titanato de bario es de unos 0.011 V/mPa.

Los sensores piezoeléctricos se usan para medir presión, fuerza y aceleración. Sin embargo, las aplicaciones deben ser tales que la carga producida por la presión no tenga mucho tiempo para su descarga espontánea o fuga y, por lo tanto, en general se utiliza para medir presiones transitorias en vez de presiones permanentes.

3.11 TRANSMISOR DE PRESIÓN WIKA S20



Ilustración 7: Transmisor WIKA S20

Fuente: (Wiegand SE, 2013, p.1)

3.11.1 Aplicaciones

- Aplicaciones críticas en la industria
- Aplicaciones exigentes en investigación y desarrollo
- Entornos difíciles en la industria de procesos

3.11.2 Características

- Rangos de medición desde 0 ... 0,4 hasta 0 ... 1.600 bar (0 ... 10 hasta 0 ... 20.000 psi)
- Alinealidad hasta 0,125 % del span
- Diferentes señales de salida, p. ej. 4 ... 20 mA, DC 0 ... 10 V, DC 1 ... 5 V y otros
- Conexiones eléctricas habituales, p. ej. conector angular DIN EN 175301-803 A
- Conexiones a proceso habituales a nivel internacional

3.11.3 Descripción

El transmisor de presión modelo S-20 para aplicaciones industriales generales es la solución ideal para clientes con tareas de medición exigentes. El instrumento destaca

por su excelente exactitud, un diseño robusto y una extraordinaria versatilidad, que lo hacen adaptable a las más diversas aplicaciones. (Wiegand SE, 2013, p.1)

El modelo S-20 ofrece rangos de medición continuos entre 0 ... 0,4 y 0 ... 1.600 bar (0 ... 10 hasta 0 ... 20.000 psi) en las unidades más importantes.

Dichos rangos de medición pueden combinarse prácticamente a discreción con todas las señales de salida habituales en metrología, con las conexiones al proceso más comunes a nivel internacional y con diversas conexiones eléctricas.

Además, ofrece numerosas opciones, como diferentes clases de precisión, rangos de temperatura extendidos y conexiones específicas.

Con su robusto diseño el S-20 es un producto de alta calidad que soporta incluso las condiciones ambientales más adversas. Sean temperaturas extremadamente bajas en el campo, cargas de impacto y vibración extremas en ingeniería mecánica o medios agresivos en la industria química, este transmisor de presión resiste todas las condiciones extremas.

Presión relativa							
bar	0 ... 0,4	0 ... 0,6	0 ... 1	0 ... 1,6	0 ... 2,5	0 ... 4	0 ... 6
	0 ... 10	0 ... 16	0 ... 25	0 ... 40	0 ... 60	0 ... 100	0 ... 160
	0 ... 250	0 ... 400	0 ... 600	0 ... 1.000	0 ... 1.600		
psi	0 ... 10	0 ... 15	0 ... 25	0 ... 30	0 ... 50	0 ... 60	0 ... 100
	0 ... 150	0 ... 160	0 ... 200	0 ... 250	0 ... 300	0 ... 400	0 ... 500
	0 ... 600	0 ... 750	0 ... 1.000	0 ... 1.500	0 ... 2.000	0 ... 3.000	0 ... 4.000
	0 ... 5.000	0 ... 6.000	0 ... 7.500	0 ... 10.000	0 ... 15.000	0 ... 20.000	

Tabla 4: Rangos de Medición Sensor S20

Fuente: (Wiegand SE, 2013, p.2)

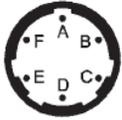
Para nuestro proyecto se utilizó un sensor S20 WIKA de 0 a 200 psi debido a que era el único sensor que tenían disponible en ese momento ya que otro tipo de sensor se debía mandar a pedir con anticipación.

Conector angular DIN 175301-803 A		2 hilos	3 hilos
	U+	1	1
	U-	2	2
	S+	-	3
	Blindaje (opcional)	4	4

Conector de alta resistencia		2 hilos	3 hilos
	U+	1	1
	U-	2	2
	S+	-	3
	Blindaje	Caja	Caja

Conector angular DIN 175301-803 C		2 hilos	3 hilos
	U+	1	1
	U-	2	2
	S+	-	3
	Blindaje (opcional)	4	4

Conector circular, M12 x 1 (4-pin)		2 hilos	3 hilos
	U+	1	1
	U-	3	3
	S+	-	4
	Blindaje (opcional)	Caja	Caja

Conector tipo bayoneta (6-pin)		2 hilos	3 hilos
	U+	A	A
	U-	B	B
	S+	-	C
	Blindaje	Caja	Caja

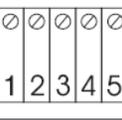
Caja de campo		2 hilos	3 hilos
	U+	1	1
	U-	2	2
	S+	-	3
	Blindaje	5	5

Ilustración 8: Esquemas de Conexión

Fuente: (Wiegand SE, 2013, p.8)

3.12 VARIADORES DE FRECUENCIA

3.12.1 Conceptos y definiciones básicas

Variadores de frecuencia: se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de c.c. (variación de la tensión), y de c.a. (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla). También se les suele denominar *inversores* (inverter) o variadores de velocidad. (Calvo, 2010, p.143)

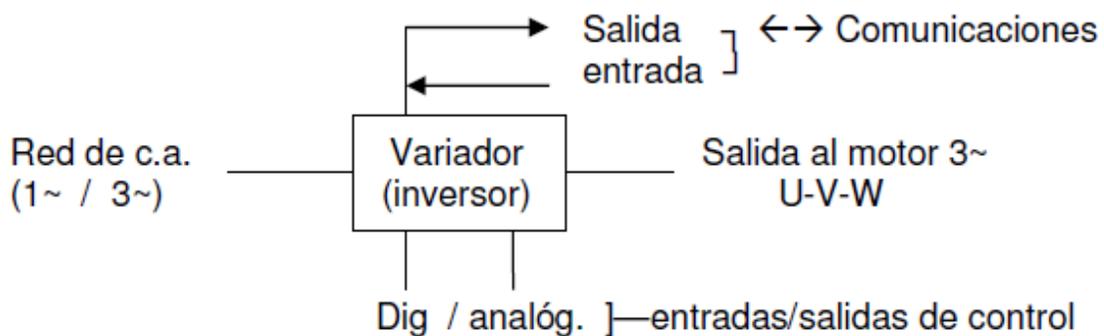


Ilustración 9: Estructura de un Variador de Frecuencia

Fuente: (Calvo, 2010, p.143)

Red de suministro: acometida de c.a., monofásica en aparatos para motores pequeños de hasta 1,5 kw (2 C.V. aprox), y trifásica, para motores de más potencia, hasta valores de 630 kw o más.

Entradas y salidas (E/S ó I/O): diferentes conexiones de entradas y salidas de control; pueden ser digitales tipo todo o nada (contactos, pulsadores, conmutadores, contactos de relé...) o analógicas mediante valores de tensión (0...10 V o similares) e intensidad (4...20 mA o similares). Además, puede incluir terminales de alarma, avería, etc.

Comunicaciones: estos dispositivos pueden integrarse en redes industriales, por lo que disponen de un puerto de comunicaciones, por ejemplo, RS-232, RS-485, red LAN, buses industriales PROFIBUS o conexiones tipo RJ-45 o USB para terminales externos y ordenadores. Cada fabricante facilita el software de control, directo o mediante bus de comunicaciones. Que permitirá el control, programación y monitorización del variador (o variadores) en el conjunto de aparatos de control empleados.

Salida: conexión al motor, generalmente de tres hilos (U-V-W) para conexión directa en triángulo o estrella según la tensión del motor.

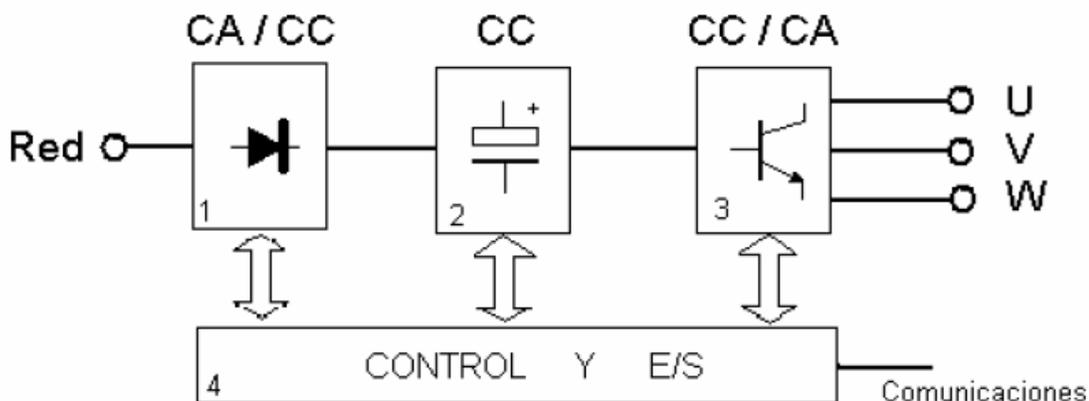


Ilustración 10: Diagrama en Bloques de un Variador

Fuente: (Calvo, 2010, p. 143)

1.- Rectificador: partiendo de la red de suministro de c.a., monofásica o trifásica, se obtiene c.c. mediante diodos rectificadores.

2.- Bus de continua: condensadores de gran capacidad (y a veces también bobinas), almacenan y filtran la c.c. rectificada, para obtener un valor de tensión continua estable, y reserva de energía suficiente para proporcionar la intensidad requerida por el motor.

3.- Etapa de salida: desde la tensión del bus de continua, un *ondulador* convierte esta energía en una salida trifásica, con valores de tensión, intensidad y frecuencia de salida variables. Como elementos de conmutación, se usan principalmente transistores bipolares (BJT), CMOS o similares, IGBT, tiristores (SCR), GTO... etc. Las señales de salida, se obtiene por diversos procedimientos como *troceado*, mediante ciclo convertidores, o señales de aproximación senoidal mediante *modulación por anchura de impulsos* PWM.

4.- Control y E/S: circuitos de control de los diferentes bloques del variador, protección, regulación... y entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Además, se incluye el *interfaz* de comunicaciones con buses u otros dispositivos de control y usuario.

3.12.2 Conceptos Básicos sobre Variadores para Motores Trifásicos.

Velocidad (n): la velocidad en el eje de un motor asíncrono en rpm, depende del número de polos magnéticos del motor, y la frecuencia f (Hz), de la red de suministro:

$$n = 60 \frac{f}{2p}$$

Ecuación 5: Velocidad en el eje del motor

Fuente: (Calvo, 2010, p.144)

dónde:

n = velocidad en rpm

f = frecuencia de la red en Hz

2p= número de pares de polos del motor

Los motores se fabrican para una velocidad nominal o de trabajo determinada, pero mediante el variador de frecuencia dicha velocidad puede controlarse de manera

progresiva. Por ejemplo, un motor de 50 Hz y 1500 rpm (4 polos), podría girar, con variación de frecuencia entre 5 y 120 Hz a velocidades comprendidas entre:

$$n = (60 \cdot 5) / 2 = 150 \text{ rpm}$$

$$y$$

$$n = (60 \cdot 120) / 2 = 3600 \text{ rpm}$$

Sobre-velocidad: el variador puede proporcionar frecuencias de salida superiores a la de trabajo del motor, lo que le hace girar a mayor velocidad que la nominal. La curva de par, para velocidad de trabajo mayor de la nominal, disminuye, de manera que con velocidad doble (200%) el par cae a la mitad del nominal. La sobre velocidad es útil en aplicaciones que no requieren mucho par, como por ejemplo sierras de disco, pero si altas velocidades. En estos casos es importante tener en cuenta las características de par y temperatura de trabajo del motor.

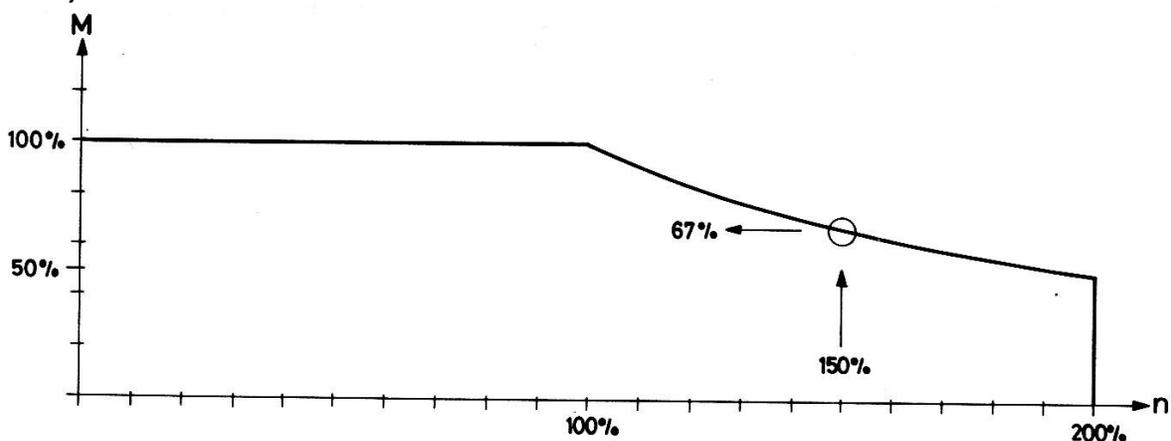


Ilustración 11: Velocidad de Trabajo vrs Par de Motor

Fuente: (Calvo, 2010, p.145)

3.13 VARIADOR MICROMASTER 440

3.13.1 Características Principales

- Fácil de Instalar
- Puesta en marcha Sencilla
- Diseño Robusto
- Puede Funcionar en alimentación de línea IT
- Tiempo de respuesta en mando rápido y repetible
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Conexión Sencilla de Cables
- 3 relés de salida
- 2 salidas analógicas (0-20 mA)
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
- 2 entradas analógicas AIN1:0-10V, 0-20mA y -10 a +10, AIN2:0-10V, 0-20mA

- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7" y 8" entrada digital Tecnología BiCo
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.
- Opciones extremas para comunicación por PC, Panel BOP, Panel AOP y módulo de comunicación PROFIBUS (Siemens AG, 2001)

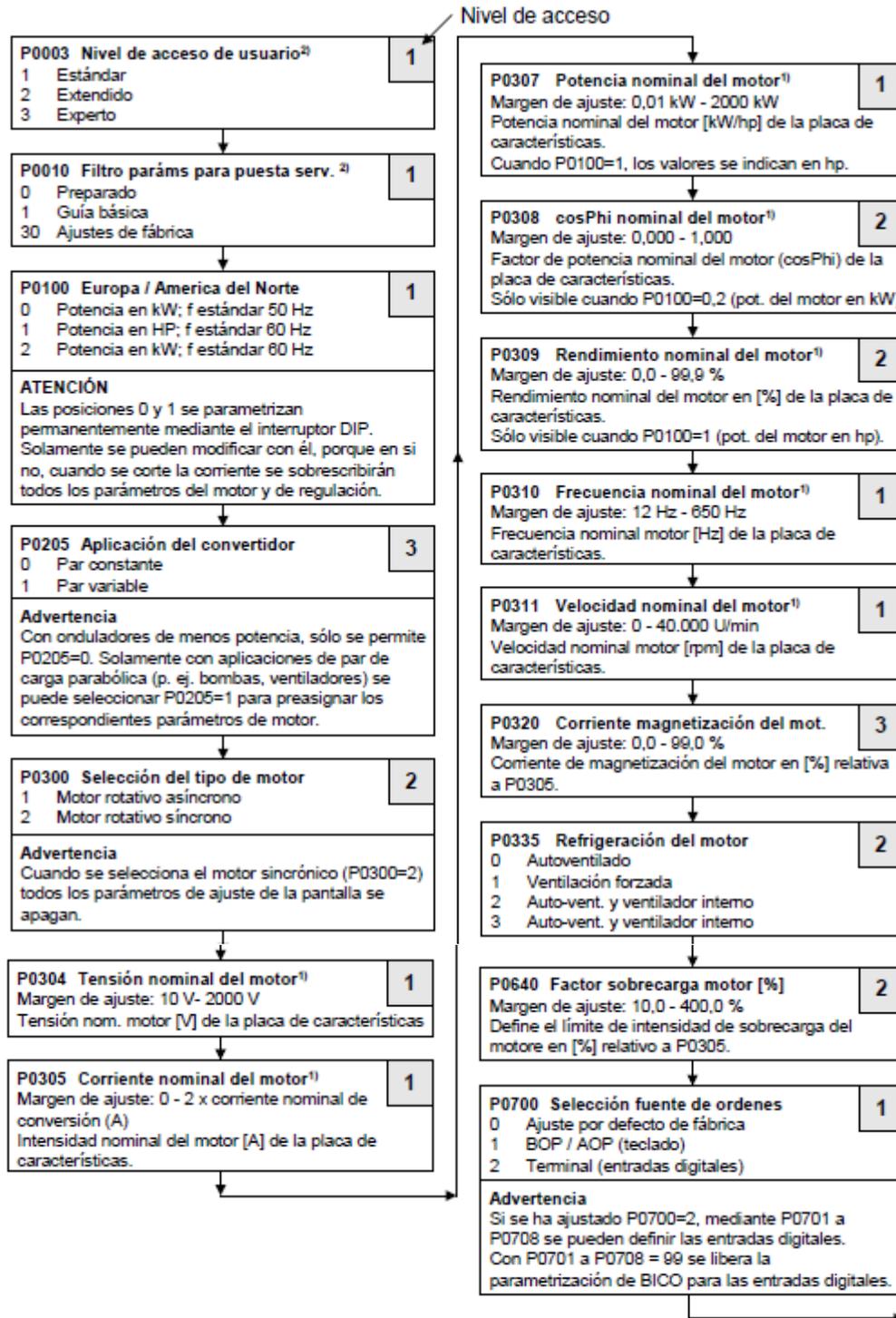
3.13.2 Puesta en Servicio Rápida

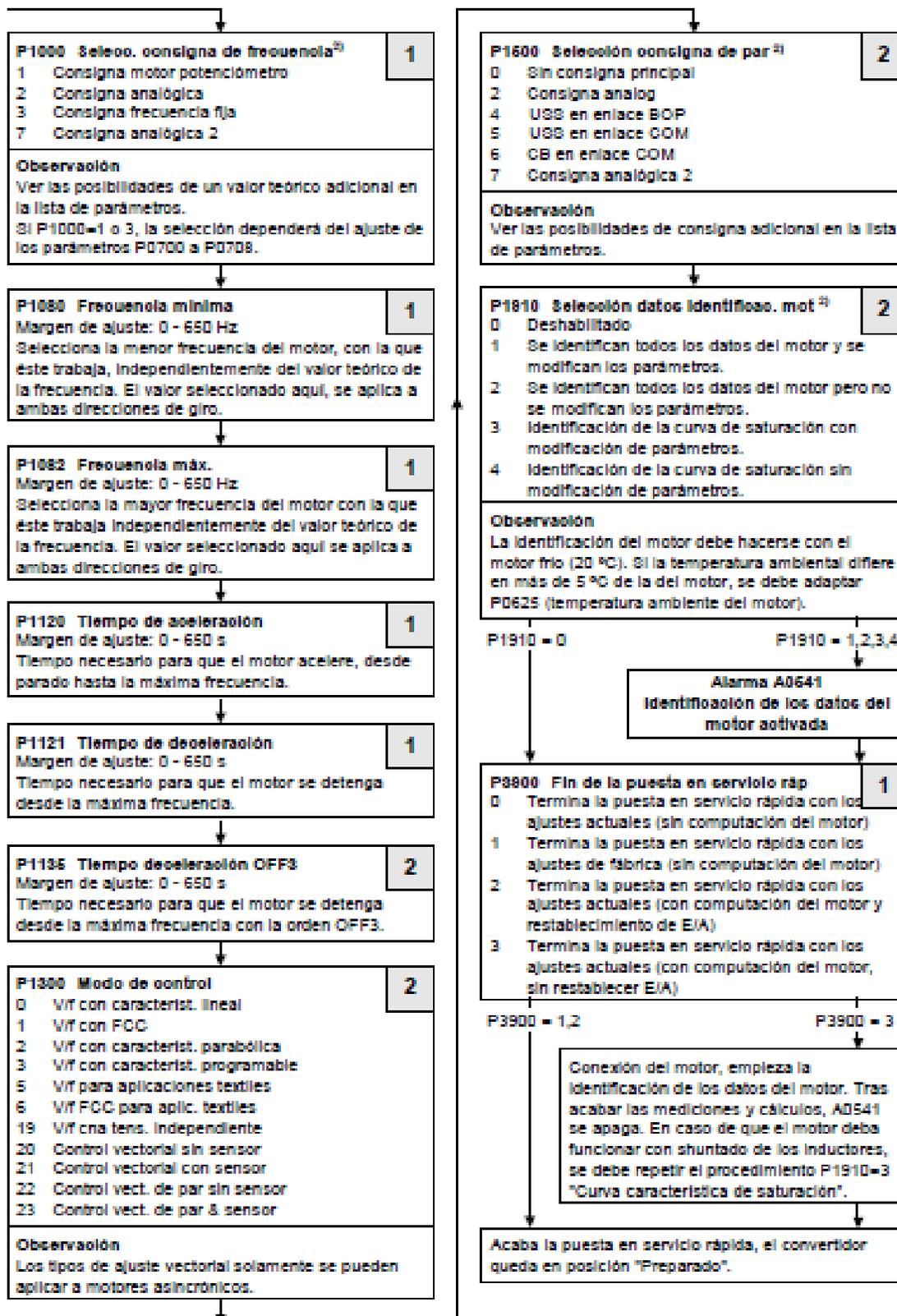
Para una puesta en servicio rápida, es imprescindible que se vayan completando todos los trabajos de instalación.

Es importante utilizar el parámetro P0010 para la puesta en marcha y el P0003 para seleccionar el nivel del parámetro (nivel de acceso). El nivel de acceso se fijará entre 1 y 3, dependiendo del nivel de demanda de la instalación. Cuanto menor sea el nivel de acceso, más parámetros se apagarán, es decir, no serán indicados durante la puesta en servicio rápida. Se fijan con el ajuste previo o se calculan internamente.

Los tiempos de subida y bajada, y sobre todo los parámetros de los datos del motor, forman parte de la puesta en servicio rápida. Se fijan con los valores del ajuste previo o se calculan internamente.

Organigramme de mise en service rapide





Fuente: (Siemens AG, 2001)

IV. METODOLOGÍA

4.1. Hipótesis y/o Variables de Investigación

Variable Dependiente

La Combustión del Horno para la generación de un ahorro de Bunker y Energía Eléctrica.

Variables Independientes

Regulación de la Bomba de Bunker
Simplificación del Circuito de Bunker
Temperatura del Bunker
Presión de la línea de Bunker
Presión de aire comprimido

Hipótesis

Con la realización de un solo circuito para el sistema de bunker se pretende dejar un solo tanque para precalentamiento de bunker con lo que se reducirían las resistencias ya que anteriormente se utilizaban 2 tanques de precalentamiento para alimentar los quemadores frontales y laterales estos tanques constan de 5 resistencias de 4500 W por lo que al dejar solo un tanque se reducen 22500 W en resistencias.

Se pretende que con la generación de un solo circuito la mayor parte del bunker que se lleve hacia los quemadores sea consumida por los mismo para esto también se requiere controlar la presión del bunker controlando la velocidad de la bomba y así mejorar la estabilidad en la presión del sistema, con esto se mejora la combustión y es mucho más fácil controlar las emisiones de humo generadas por el horno.

Además, se pretende mejorar la seguridad de los trabajadores instalando válvulas de seguridad en cada una de las botellas de calentamiento del horno para evitar que haya sobre presiones en estas y acumulación de gases de bunker.

4.2 Enfoque y Métodos

En esta investigación se pretende cuantificar cuanto es el ahorro que se genera por tonelada de bunker fabricada y cuanto es el ahorro de energía que se genera al implementar el nuevo sistema de bunker y al agregar el variador a la bomba.

4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados.

Para poder identificar el ahorro en energía eléctrica se hizo un estudio del consumo de demanda de potencia basado en las campañas de producción anteriores mediante el

dispositivo Sentron PAC 4200 instalado en el transformador que suministra la energía para el horno con el cual se hace un registro diario de la demanda y de los Kwh consumidos en las 24 horas.

Para determinar el ahorro de energía del bunker se realizó mediante lecturas diarias y se compararon con las lecturas de las campañas pasadas con el cual se determinó también el ahorro de energía del bunker.

Para determinar las emisiones de humo simplemente se hizo un método visual ya que Aceros Centro Caribe no cuenta con un sensor capaz de poder medir la generación del humo.

Se realizó tomas de lectura antes y después del recuperador de calor para poder determinar cuánto era la ganancia de temperatura del bunker al pasar por este.

4.5 Unidad de análisis y Respuesta.

Con los análisis que se hicieron en los resultados se determinó que la demanda de energía bajo de 2082 Kw a 1958 Kw bajando así la demanda de energía 124 Kw. Aumentando así los Kwh de 132057Kwh a 132510 Kwh se aumenta el consumo de Kwh debido a que las resistencias con un solo circuito pasan más tiempo encendidas para mantener la temperatura ideal de bunker además al ser un solo tanque las resistencias de cada quemador trabajan una mayor cantidad de tiempo al final el índice de energía se ve reflejado según las toneladas producidas y se determinó que el índice de energía bajo en 0.35 Kwh por tonelada producida.

Para la medición de ganancia de temperatura del recuperador de calor se determinó que el bunker gana 10 grados de temperatura al pasar por el recuperador de calor del horno.

4.4 Fuentes de Información

La principal fuente de información fue la generada por el departamento de producción y que ellos son los que llevan el consumo diario de bunker y de energía eléctrica consumida. Además, son los encargados de sacar los índices de producción durante la campaña.

4.5 Cronograma de Actividades

ITEM	Actividad	Semana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Se hace Mejora de Ciclo de Cizalla CV3 para la exactitud de los cortes de varilla	■									
2	Se hace instalación de convertidor de corriente directa para motor del DUO-02 debido a daño en la canasta y se regula tiempos de arrastradores para mejorar el arrastre hacia molino		■								
3	Se supervisa trabajos en el transferidor y cursor, y se comienza pruebas con variador micromaster 440 para bomba de bunker			■							
4	Se trabaja en cursor y transferidor, y se instalan módulos de salidas análogas en el módulo de comunicación para control de velocidad de motores de la línea intermedia				■						
5	Se hace programación para el control de velocidad de los motores de la línea intermedia y se hace instalación de entradas análogas para temperaturas en el horno.					■					
6	Se hace Instalación física de termocuplas y se lleva cableado hasta PLC y se hace modificación en las botellas de los quemadores.						■				
7	Se hace instalación de resistencias y termocuplas en las botellas de los quemadores y se instala sensor de presión wikai S20							■			
8	Se hace Programación en pantalla proface para hmi para el control de velocidad de la bomba de bunker								■		
9	Se hace recolección de datos e inducción a los operadores para el funcionamiento de nuevo sistema de bunker									■	
10	Se hacen mejoras en el sistema de aire comprimido para mejorar el aire comprimido en horno.										■

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

5.1 Semana 1

En la semana 1 se analiza los módulos de programación de la cizalla de CV3, se busca una forma de mejorar la precisión del corte y además poder aumentar la velocidad de producción con la que sale la varilla sin tener pérdidas por desperdicios de varilla.

Para esto se determina que el módulo de cola fue programado pensando en 2 fotoceldas y en la actualidad solo se tenía una fotocelda que habilitaba el ciclo de corte de la cizalla CV3 y esta misma se encargaba de habilitar el módulo de cola con un flanco negativo.

Se hace la instalación de nueva fotocelda para habilitar el módulo de cola y con esto se logra mejorar el control del ciclo de la cizalla de CV3 además se logra incrementar la velocidad de 10.5 m/s a 11.7 m/s.

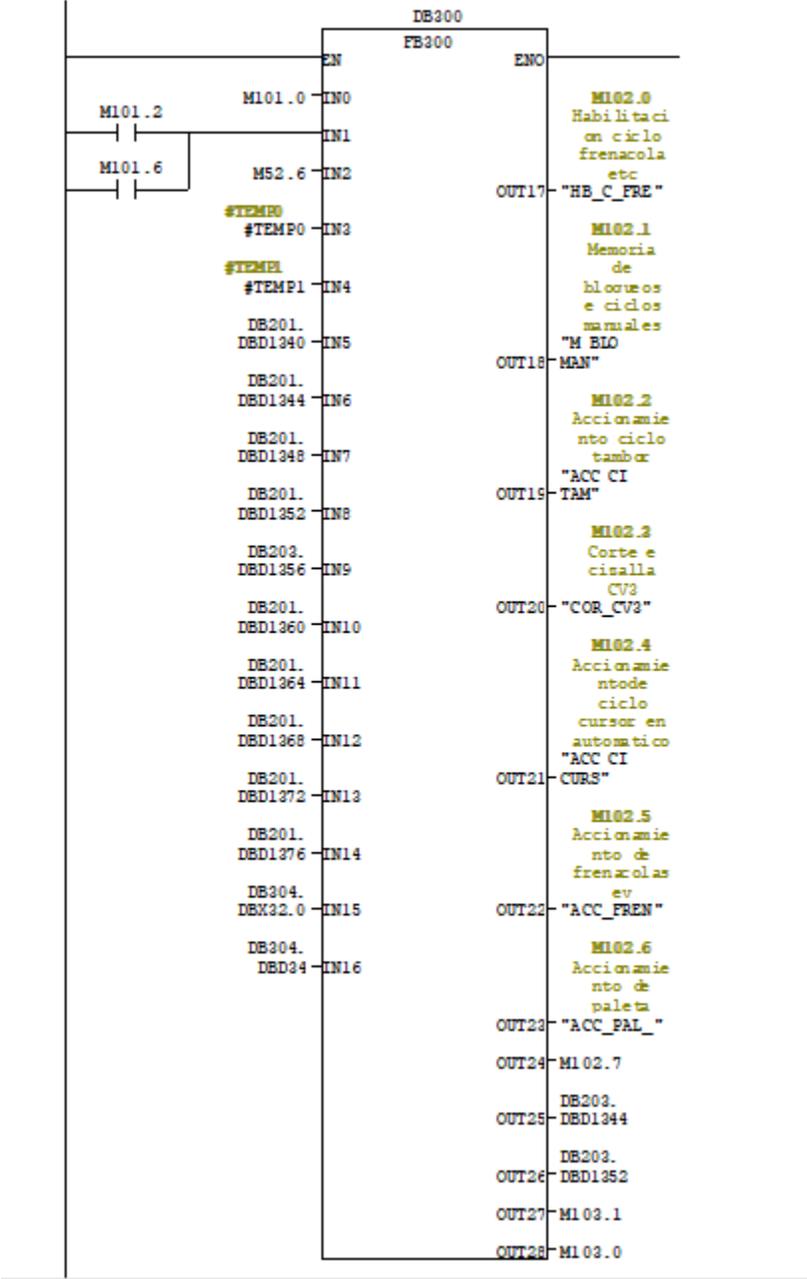


Ilustración 12: Habilitación de Ciclo Cizalla CV3

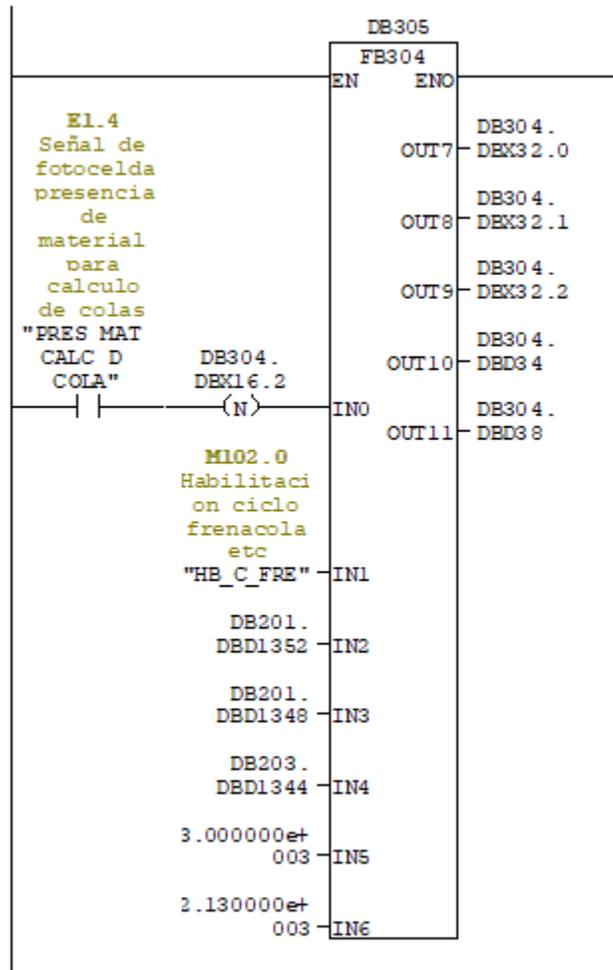


Ilustración 13: Habilitación Modulo de Cola

5.2 Semana 2

Se hace instalación de convertidor de corriente directa Gefran TPD 32 de 2000A debido a que se hicieron pruebas con encoders dañados lo que daño también el convertidor provocando que el motor se llevara a sobre velocidad y dañando toda la parte de rectificación, dañando así los SCR y fusibles de protección de el convertidor y dañando canasta digital. Se hace la instalación de los diodos SCR y la instalación de nueva canasta digital se hace la colocación de tacómetro para la referencia de velocidad ya que como el motor trabaja para ambos sentidos no se podía dejar con referencia de armadura por lo que es necesaria una referencia externa que en este caso se dejó con un tacómetro mientras venían repuestos de los encoders.



Ilustración 14: Daño en el convertidor



Ilustración 15: Cambio de Diodos SCR



Ilustración 16: Instalación de Nueva Canasta Digital

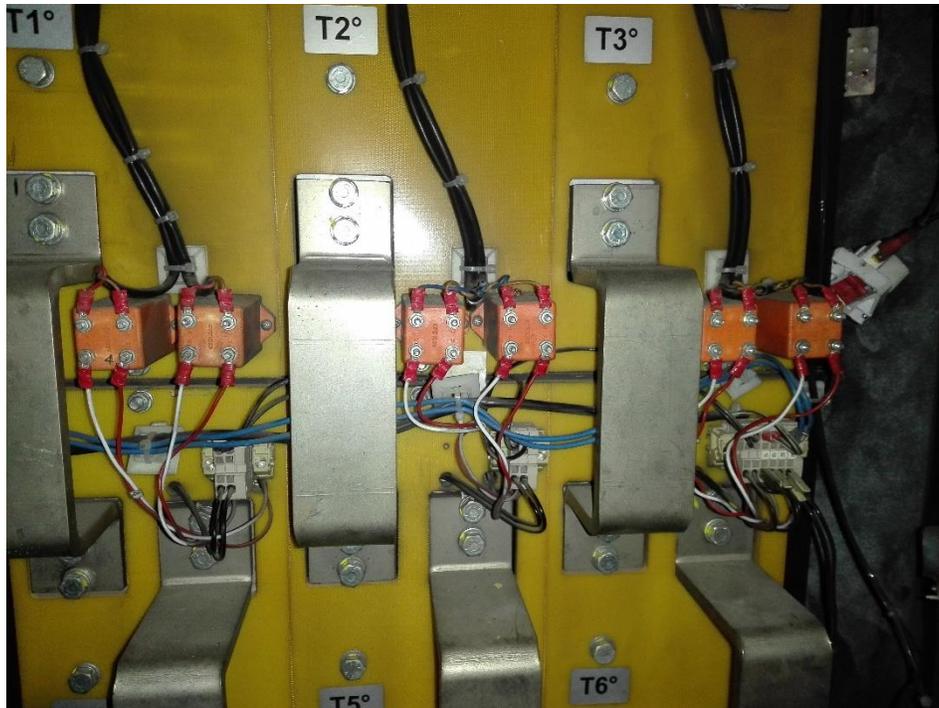


Ilustración 17: Nuevos SCR instalados

Se hace regulación de los tiempos en los arrastradores #2 y #3 para que la palanquilla pueda entrar al 5to pase del molino del trio el problema era que el arrastrador tardaba demasiado en abrir y en vez de generar un arrastre a la palanquilla le generaba un frenado a la hora que la palanquilla entraba al arrastrador #3 y entraba al molino del trio.

5.3 Semana 3

Se supervisa trabajos en el transferidor del vibrador se desarma una sección para tomar medidas y realizar bujes y placas para poder alinear todas las secciones del transferidor y de esta manera que no quede juego entre cada una de las secciones.

Con el cursor se desarma la primera sección de camino de rodos para darles un correcto mantenimiento se hace el cambio de rodamientos en cada uno de los rodos y se elimina el juego que hay entre el rodo y la pieza del cursor.

En esta semana se comienza hacer pruebas con un variador siemens 440 que ya tenían instalado en el panel y con el motor de la bomba de bunker en esta semana se determina

que el variador tiene dañada la etapa intermedia debido a un disparo que se daba en el variador se hace la requisición de nuevo variador para la bomba de bunker con las mismas características que el variador anterior ya que no se quería modificar la comunicación profibus que ya estaba programada en el PLC.



Ilustración 18: Instalación de Nuevo Variador Bomba de Bunker

5.4 Semana 4

Se comienza con el armado de transferidor y cursor, y se hace instalación de módulos de salidas análogas en módulo de comunicación SM232 de PLC Siemens 414 para poder hacer la regulación de velocidad del motor#3, #4 y #5 de la línea intermedia se hace el cableado de estas salidas hacia cada motor y se instalan pulsadores en la cabina del operador para que pueda controlar la velocidad de los motores.

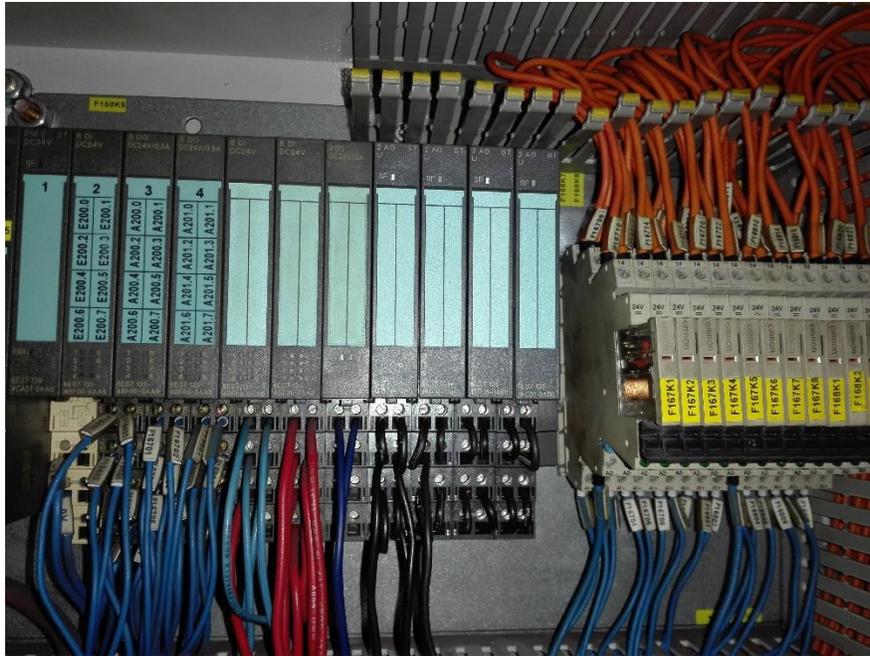


Ilustración 19: Instalación de Módulos de Salidas Análogas 0-10 V

5.5 Semana 5

Se hace programación para el control de velocidades de los motores de la línea intermedia se hace programación para que el operador pueda controlar individualmente cada motor o que pueda subir la velocidad de uno y suban las velocidades de todos automáticamente para poder mantener la relación de trabajo entre cada motor a lo que se le llama subir velocidad en cascada.

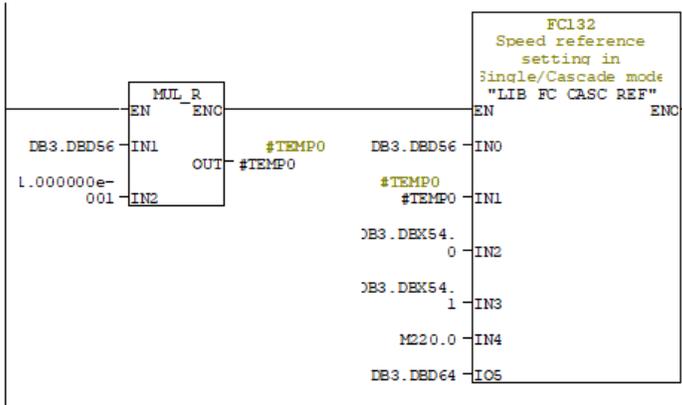


Ilustración 20: Habilitación para regulación Velocidad Solo o Cascada

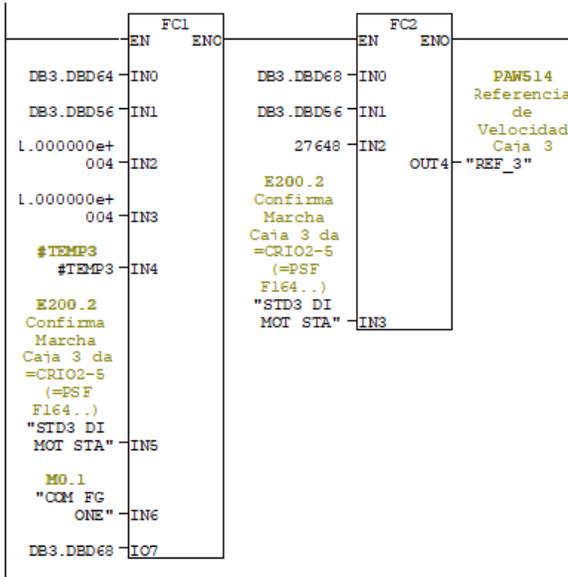


Ilustración 21: Envío de Referencia de Velocidad

5.6 Semana 6

Se hace Instalación física de termocuplas en la sección del Horno y se lleva cableado hasta PLC se instala los módulos de entradas análogas y se hacen pruebas para ver los escalados en la pantalla hmi.

Se hace modificación en las botellas de los quemadores esta modificación consiste en realizar un agujero en la parte inferior de las botellas donde va la termocupla instalada además se les hace otro agujero en la parte superior para instalar la válvula de seguridad .

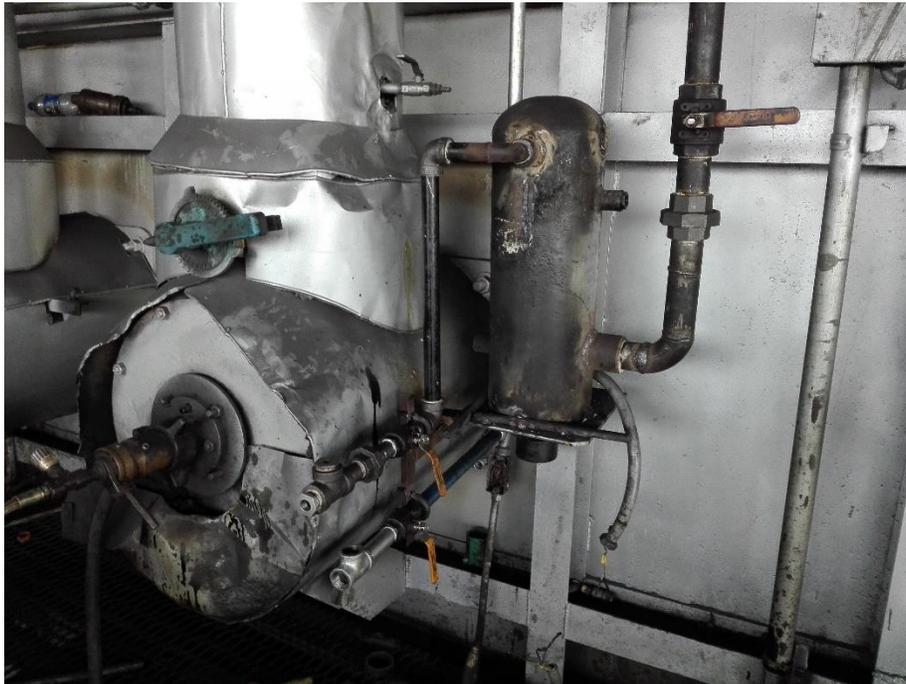


Ilustración 22: Botella de Quemador Modificada

5.7 Semana 7

Se hace instalación de resistencias y termocuplas en las botellas de los quemadores y se instala sensor de presión wikai S20 este sensor se instala con un sifón cola de cerdo para poder aislarlo de la temperatura del bunker y se rellena con aceite para hacer una capa de aislamiento térmico entre el bunker y el sensor.

5.8 Semana 8

Se hace Programación en pantalla proface para hmi para el control de velocidad de la bomba de bunker este se hizo mediante porcentaje de la bomba y se utilizó un módulo PID ya creado para poder controlar la presión del bunker mediante el sensor.

El sensor seleccionado no era para esta aplicación por lo que se dañó y se tuvo que controlar la bomba mediante porcentaje de velocidad.

5.9 Semana 9

En esta semana ya está trabajando el nuevo sistema de bunker por lo que se hace recolección de datos de temperaturas y verificación del funcionamiento correcto del sistema e inducción a los operadores para el funcionamiento de nuevo sistema de bunker ya que los operadores todavía no comprendían totalmente como era el funcionamiento con un solo circuito de bunker y como se regulaba la velocidad del motor para poder regular la presión del horno.

5.10 Semana 10

Se hace cambio de ubicación de los compresores a una parte más cercana al horno y se instalan pulmones de aire en los quemadores para poder estabilizar la presión de aire comprimido en los quemadores de esta manera tener una mayor eficiencia en la combustión de estos.

VI. CONCLUSIONES

- Se logra disminuir la emisión de humo del horno por lo que se logró mejorar la combustión de los quemadores en el horno lo que trae como consecuencia menos desperdicio del bunker y un ahorro en energía eléctrica debido al aprovechamiento que se le da al bunker bombeado.
- Se hace la programación de variador micromaster 440 para lo que se logró hacer un control PID para regular la presión de bunker en los quemadores obteniendo así una mayor eficiencia de la bomba como de la combustión del horno.
- Se hace instalación de sensor WIKAI S20 y se determina que no es el sensor indicado para esta aplicación debido a la hostilidad del ambiente en el que se encuentra el sensor.
- Se hace ciclo automático de la transportación de la palanquilla hacia la entrada del horno se determina en volver a hacerlo de forma semiautomática debido a la mala elección de los sensores para activar la presencia de material.

VI. RECOMENDACIONES

A la empresa.

- Antes de comenzar un proyecto tener bien definido cuales son los cambios a realizar y la manera en que se van a realizar ya que hay una desorganización del personal al no tener claro cuáles son las tareas a realizar.
- Pedir materiales con cierta anticipación del proyecto para poder elegir y considerar las aplicaciones correctas de cada uno de los materiales así evitar cualquier fallo que pueda darse en un futuro.

A la universidad

- Poder profundizar un poco más en las comunicaciones entre dispositivos y visualizadores como hmi y sistemas scada además poder conocer una gama amplia de sensores y actuadores con la cual tengamos las herramientas necesarias para poder crear diversos proyectos de automatización.
- Enfocarse en más materias de comunicación y redes, así como en programación de registros de variables y la creación de bases de datos para gráficos en tiempo real e informes de automatizados.

VII. BIBLIOGRAFÍA

ACERO, H. Y. (s. f.). ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, 20.

Apollo. (s. f.). Válvulas de Seguridad y Alivio. Recuperado 4 de junio de 2018, de

http://www.apollovalves.com/_literature/cat_SRCA90SP.pdf

ATPP. (2008). La Viscosidad, 1.

Calvo, F. (2010). VARIADORES DE FRECUENCIA, (Modulo 5), 152.

Ciro A. Sánchez. (2003). Guía para la Calibración de Termopares. Instituto Nacional de

Metrología de Colombia. Recuperado de

<http://www.inm.gov.co/images/Docs/Guacalibraciontermopares.pdf>

David Southworth. (2004). Calibración de Temperatura Desde la Industria al ITS-90. Corelsa S.A. Recuperado de http://www.isotechna.com/v/vspfiles/pdf_articles/Fundamentos-ISOTECH.pdf

Fluke Corporation. (2005). Calibrador de Procesos Fluke. Eindhoven. Recuperado de http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke-726_sheet.pdf

Kohan, A. L. (2000). *Manual de Calderas* (Vol. II). Madrid, España: Mc Graw Hill. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/148424652/Manual-de-Calderas-Vol-1-Anthony-L-Kohan>

Manual de Productos. (2011). *Harrison Centeno*, 121.

Mendoza Gonzales, F. (2000). Bombas Centrífugas. Aplicación, Sistemas, Principios Fundamentales y Selección (página 2) - Monografias.com. Recuperado 5 de julio de 2018, de <https://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas2.shtml>

Siemens AG. (2001). Ficha Técnica Variador Micromaster. Recuperado 4 de junio de 2018, de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/893/14346893/att_62907/v1/440_OPI_s_p_1202.pdf

Tyco Flow Control. (2005). Kunkle Valve, 12.

Westcott, C. (1995). Mantenimiento de Bombas Centrífugas, 32.

Wiegand SE, A. (2016). Hoja Técnica WIKA IN 00.23-09/2016, Pág. 13.

Wiegand SE. (2014). Ficha Técnica Sensor. Recuperado 15 de junio de 2018, de https://www.wika.es/upload/DS_PE8161_es_es_49142.pdf

VIII. ANEXOS

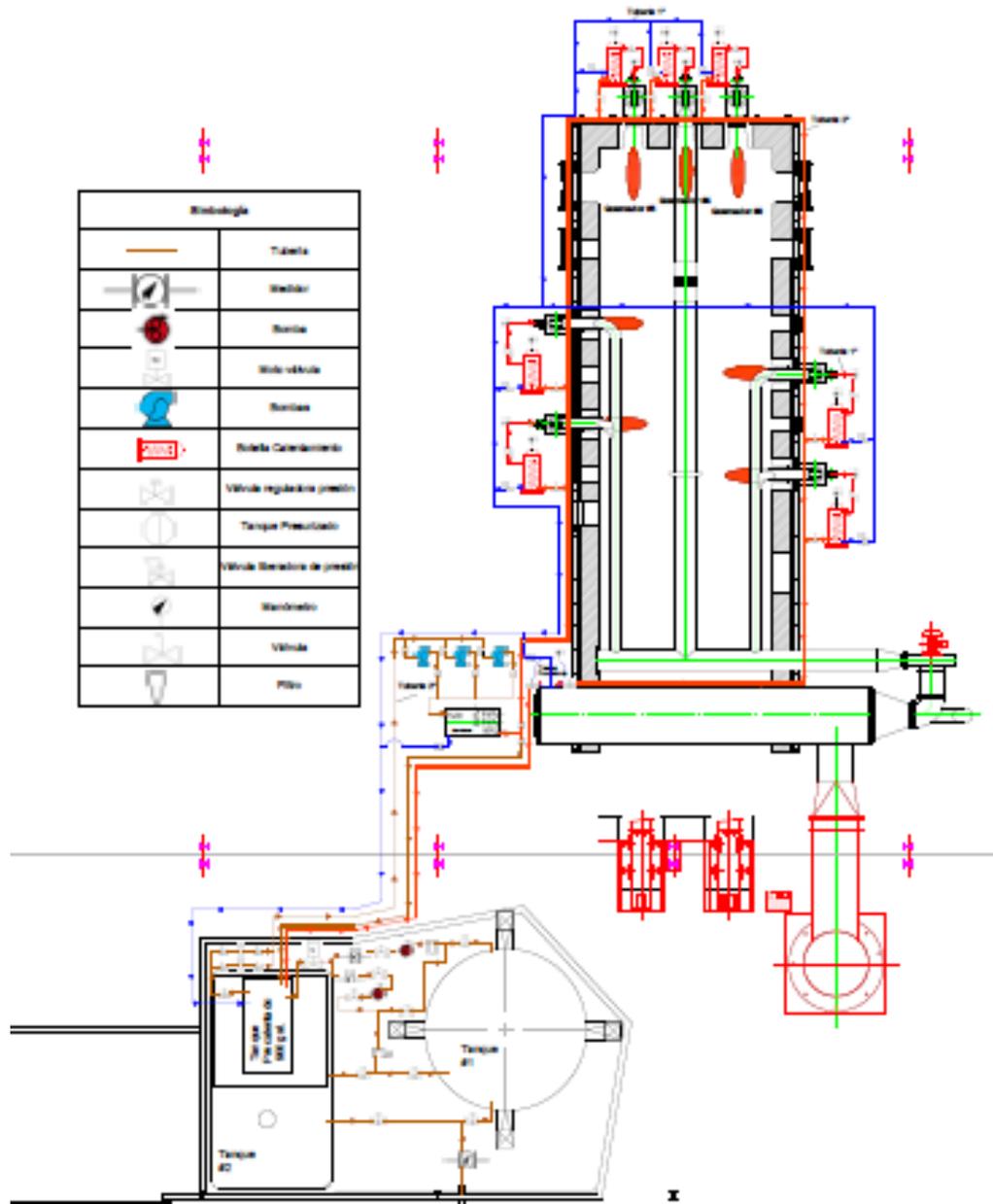
Sentron PAC#2 Transfo. 4.6MVA			
Kwh	Kvarh	Kw max	PF
1139809	1009487	2259	0.84
1148004	1015488	2259	0.8
1153021	1017423	2259	0.9
1156907	1018983	612.5	0.9
1160693	1020511	612.5	0.93
1165016	1022261	612.5	0.91
1193689	1045865	2043	0.8
1229168	1075290	2082	0.82
1248319	1091763	2082	0.73
1268941	1108899	2082	0.8
1288712	1125213	2082	0.74
1307090	1140100	2082	0.9
1325746	1156024	2082	0.6
1362196	1187146	2082	0.89
1371591	1194250	2082	0.93
1374401	1194993	2082	0.94
1377246	1195952	2082	0.92
1382305	1197799	2082	0.87
1385985	1199041	2082	0.92
1387916	1199834	2082	0.9
1389308	1200441	2082	0.9
1391166	1201280	2082	0.91
1392266	1201794	2082	0.92
1393393	1202284	2082	0.95
1394872	1202991	2082	0.91
255,063	193,504	2,082	0.87

Anexo 1: Lecturas de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica Mes Mayo

Sentron PAC#2 Transfo. 4.6MVA			
Kwh	Kvarh	Kw max	PF
1394872	1202991	2082	0.91
1395703	1203318	51.73	0.93
1396877	1204038	254.6	0.92
1397954	1204614	254.6	0.93
1400448	1206231	267.3	0.89
1401160	1206648	267.3	0.8
1401689	1207015	267.3	0.9
1403017	1207826	267.3	0.91
1404311	1208653	345.5	0.91
1405500	1209475	345.5	0.88
1406556	1210195	345.5	0.81
1407514	1210850	345.5	0.85
1408800	1211936	345.5	0.93
1410064	1212829	345.5	0.94
1411362	1213657	345.5	0.9
1412518	1214471	345.5	0.82
1413713	1215275	345.5	0.9
1416617	1217291	441.5	0.96
1419263	1218930	481.5	0.54
1425757	1224403	1657	0.61
1443201	1240179	1862	0.78
1459956	1254384	1898	0.66
1480870	1271860	1958	0.85
1517520	1303412	1958	0.63
1537022	1319597	1958	0.63
1558267	1337327	1958	0.84
163,395	134,336	1,958	0.83

Anexo 2: Lecturas de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica Mes Junio

ESQUEMA PARA SISTEMA DE COMBUSTIBLE (BUNKER) DEL HORNO



Anexo 3: Plano para la Conexión del Circuito de Bunker