



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Memoria de experiencia profesional.

**Estrategias de mejora para la cortadora Laser
Platino 2040 HS.**

Tesis presentada para obtener el título de:

Licenciado en Electrónica.

P r e s e n t a :

José Vargas Sánchez.

Asesor:

Dr. Germán Ardul Muñoz Hernández.



Puebla, Puebla Febrero 2024

Agradecimientos.

Como buen ser humano, agradezco a Dios quién abrió las puertas de las posibilidades para culminar esta etapa en mi vida.

A mis padres Arturo y Teresa, por todo su apoyo incondicional durante mis estudios.

A mi Esposa y Hermanos por alentarme a seguir adelante.

A mis hijos María Fernanda (+) y José Andrés quienes me motivan a seguir adelante.

A la familia Muñoz Hernández por todo su impulso y apoyo para la elaboración de este proyecto.

Al Dr. Germán Ardul Muñoz Hernández y a su esposa Rita por su apoyo y consejos para llegar hasta aquí.

Al Ing. Marcos Mastretta Zaldívar y a Grupo CIPSA por todo el apoyo y facilidades que me brindaron para la elaboración de este proyecto.

A mis compañeros amigos del departamento de mantenimiento, por sus aportaciones para lograr este proyecto.

Por todo, muchas gracias.

“Cuando la gratitud es absoluta, las palabras sobran.”

José Vargas Sánchez



Tabla de contenido

Agradecimientos	2
Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Definición del problema.	9
1.2 Antecedentes y contribuciones en el área.	9
1.3 Hipótesis de la tesis.	10
1.4 Objetivos específicos.	10
1.5 Estructura de la tesis	10
Capítulo 2.- El proceso de corte Láser CO ₂	11
2.1 Consideraciones teóricas del Láser.	11
2.2 Clasificación de los láseres.	13
Capítulo 3. Estrategia de mejora en el equipo.	18
3.1 Mejora Continua.....	18
3.2 Sistema neumático.	25
3.3 Sistema neumático de Cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.	25
3.4 ¿Qué es un secador de aire de aire comprimido?	26
3.5 Sistemas que componen un secador.	30
3.6 Interfaz del usuario básico.....	32
3.7 Conclusiones propuestas implementada.....	49
Capítulo 4.- Sistema de enfriamiento de la cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.	50
4.1 Definición de sistema de enfriamiento industrial (Chiller).	52
4.2 Estrategia de mejora en el sistema de enfriamiento.	56
Capítulo 5.- Propuesta de mejora sistema de obturación.	68
5.1 Sistema de obturación (shutter beam).	68
5.2 Análisis de riesgo.	78
5.3 Equipos que se fabrican en Grupo CIPSA.....	82
5.4 Equipos en Grupo CIPSA.	90
Capítulo 6.- Conclusiones.	94
Bibliografía	97



Índice de figuras.

Figura 1.-Ubicación de Grupo CIPSA.	8
Figura 2.-Cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.	8
Figura 3.-Diagrama de flujo Cortadora Laser Platino 2040 HS [1].	9
Figura 4.-Generación del láser.	11
Figura 5.-Diagrama de los niveles de energía de las moléculas de CO ₂ y N ₂ .	12
Figura 6.-Componentes fundamentales de Láser de CO ₂ [2].	13
Figura 7.-Laser Platino HS Clase tipo 4 [1].	14
Figura 8.-Simbología de seguridad.	16
Figura 9.-Lean Manufacturing, [9] [10].	19
Figura 10.-Partes que componen un sistema neumático.	25
Figura 11.- Piezas con mala calidad de corte y Espejos con condensación.	26
Figura 12.-Especificaciones técnicas del secador, [16].	27
Figura 13.-Diagrama eléctrico de secador.	29
Figura 14.-Principio de operación de un secador, [16].	30
Figura 15.-Control del secador, [16].	32
Figura 16.-Disposición típica de tuberías, [16].	37
Figura 17.-Detalle de la válvula de drenaje, [16].	39
Figura 18.-Tarjeta de control de secador vista frontal y posterior.	42
Figura 19.-Ubicación sensor de temperatura.	43
Figura 20.-Ubicación de relé de controlador	44
Figura 21.-Contactor de compresor y fusibles control.	44
Figura 22.-Sistema neumático sin secador.	45
Figura 23.-Diagrama a bloques del sistema neumático, [1].	46
Figura 24.-Diagrama a bloques sistema neumático con la implementación de la propuesta.	47
Figura 25.-Sistema neumático con propuesta implementada.	48
Figura 26.- Estado de espejos y calidad en el corte con mejora implementada.	49
Figura 27.-Sistema de enfriamiento de la cadena óptica, [1].	51
Figura 28.-Sistema de enfriamiento Resonador, [1].	51
Figura 29.-Partes que componen un chiller, [17] [18].	53
Figura 30.-Especificaciones técnicas del chiller, [1].	56
Figura 31.-Sistema de enfriamiento de los espejos de la cadena óptica.	57
Figura 32.-Diagrama de flujo de la cadena óptica, [1].	58
Figura 33.-Diagrama eléctrico de chiller, [1].	59
Figura 34.-Medidas y especificaciones de Chiller, [1].	60
Figura 35.-Control de temperatura del sistema, [1].	61
Figura 36.-Diagrama de conexiones de control de temperatura, [1].	62
Figura 37.-Diagrama de flujo sistema de enfriamiento resonador, [1].	63
Figura 38.-Diagrama eléctrico sensor de flujo, [1].	64
Figura 39.-Conexiones tipo Racor.	65
Figura 40.-Manifold sistema de conexiones sistema de enfriamiento.	65



Figura 41.-Diagrama de flujo con bloque de cadena óptica adicionado. _____	66
Figura 42.-Sistema de obturación Laser Platino. _____	68
Figura 43.-Funcionamiento de un sensor inductivo. _____	70
Figura 44.-Diagrama a bloques de un sensor inductivo. _____	70
Figura 45.-Sensor de proximidad inductivo. _____	71
Figura 46.- Diagrama eléctrico sensor inductivo PNP. _____	72
Figura 47.- Sensor con blindaje. _____	72
Figura 48.- Sensor sin blindaje. _____	72
Figura 49.-Electrónica del sensor inductivo. _____	73
Figura 50.- Principio funcionamiento sensor inductivo. _____	74
Figura 51.-Diagrama eléctrico sensores shutter [1]. _____	76
Figura 52.-Buggy con neumáticos. _____	82
Figura 53.-Buggy con orugas. _____	82
Figura 54.-Revolvedora de concreto. _____	83
Figura 55.-Revolvedora de concreto con olla de polietileno. _____	83
Figura 56.-Bomba Tragasolidos. _____	84
Figura 57.-Bomba para concreto. _____	84
Figura 58.-Mezcladora de mortero exportación. _____	85
Figura 59.-Mezcladora de mortero con olla de polietileno. _____	85
Figura 60.-Rodillo vibratorio AR15H. _____	86
Figura 61.-Rodillo vibratorio sencillo PR8. _____	86
Figura 62.-Cortadora para concreto y asfalto. _____	87
Figura 63.-Revolvedora exclusiva Cemex. _____	87
Figura 64.-Torre de iluminación 6000 Watts. _____	88
Figura 65.-Bomba para concreto. _____	88
Figura 66.-Packers para recolector de basura. _____	89
Figura 67.-Mezcladoras de concreto. _____	89
Figura 68.-Punzonadora Amada EM3612ZR. _____	90
Figura 69.-Cortadora Laser Bystronic 4000W Fibra óptica. _____	90
Figura 70.-Repulsadora ZENN 200. _____	91
Figura 71.-Torno CNC Slant Turn 550M Mazak. _____	91
Figura 72.-Centro de maquinado Smooth VTC200 Mazak. _____	92
Figura 73.-Centro de maquinado Smooth VC500C Mazak. _____	92
Figura 74.-Torno Smooth Quick Turn 350 MY Mazak. _____	93
Figura 75.-Control CNC Smooth Mazak. _____	93
Figura 76.-Cortes de placa, antes y después. _____	95



Índice de tablas.

Tabla 1.-Clasificación de los tipos de láser [3].	14
Tabla 2.-Medidas de control para los tipos de láser.	15
Tabla 3.-Alarmas del secador.	35
Tabla 4.-Localización de fallas y medidas, [16].	40
Tabla 5.-Localización de fallas y medidas, [16].	41
Tabla 6.-Posibles soluciones a fallas en el equipo.	55
Tabla 7.-Especificaciones sensor inductivo, [27].	77
Tabla 8.-Tabla de eficiencia en corte de placa.	96



Capítulo 1. Introducción

Grupo CIPSA, líder en equipos para la construcción a nivel Latinoamérica, es una empresa del giro metalmecánica, cuenta con 70 años fabricando equipos para la construcción como son, por mencionar algunos: revolventoras, apisonadoras, equipos de compactación, vibradores para concreto, allanadoras y muchas otras, se encuentra ubicada en el KM 126.5 Carretera federal México-Puebla Momoxpan Cholula Puebla, (ver figura 1), esta empresa cuenta con maquinaria de tecnología de punta, como lo son dobladoras, tornos de control numérico CNC marca Mazak, Dossan, entre otros así como también cortadoras tipo soplete y plasma, punzonadoras marca Amada y cortadoras tipo láser CO₂ marca prima industrie y Láser de fibra óptica marca Bystronic, esta tesis se va a enfocar en el Láser de CO₂ de prima industrie modelo platino 2040 HS serie CP4000. Actualmente cuenta con un sistema de paneles solares que ayuda a generar parte de la energía que consume el consorcio ver figura1.

El láser CNC, platino 2040 HS CP4000 de prima industrie, es un láser de tipo CO₂ de alta potencia, es uno de los primeros equipos que prima industrie comercializó en México, este equipo tiene una capacidad máxima de corte de hasta ½ pulgada.

El láser platino 2040 HS es un equipo capaz de cortar o marcar láminas de hasta 250 milésimas de pulgadas en acero siendo su campo de aplicación la industria metalmecánica [1].

Su fácil manejo operacional y rapidez en cambios de programas y ajustes de parámetros se reflejan en el factor de la producción ya que si estos dos puntos se llevan a cabo de la manera adecuada puede llevar a un tiempo mucho menor de corte.

Como máquina de control numérico, brinda exactitud en su trabajo y la precisión en sus puntos de cortes compitiendo con cualquier otra máquina CNC en el mercado.

Esta máquina cuenta con sistema de mesas alimentadoras, esto con el fin de que, mientras una mesa se descarga con el material cortado, la otra mesa está dentro del proceso de corte. (Ver figura 2) [1].

La velocidad de corte varía dependiendo del espesor de la placa o lámina.

Estos equipos laser llegaron para desplazar a los ya conocidos sistemas de oxicorte y plasma, ya que en estos equipos la calidad de corte es muy burda.

Este equipo puede cortar diferentes tipos de metal: como son acero al carbón o dulce, acero inoxidable entre otros, en esta empresa solamente se utiliza en gran parte para cortar acero dulce o al carbón.

Su sistema de enfriamiento consta de dos *chiller*, uno que se encarga de enfriar el resonador donde se genera el rayo láser y el otro que enfría la cadena óptica del sistema por donde se refleja dicho rayo [1].

Por otra parte, su sistema de gases va compuesto por los siguientes gases que son: Helio (He), Nitrógeno (N₂), Dióxido de carbono (CO₂), que se utilizan para formar la mezcla que se necesita en el resonador para generar el rayo. (Ver figura 3) [1].

Otro de los gases con el que cuenta este equipo es Oxígeno (O₂) para cortar la placa de acero [1]. Por último, necesita aire comprimido con una presión de 120 Psi para todo el sistema. (Ver figura 3) [1].

La búsqueda de reducción de tiempos de ciclo y costos de fabricación son la constante obligada para la industria manufacturera para mantenerse en un mercado competitivo internacional.



La presente tesis estudia las estrategias de mejora para la optimización del tiempo del proceso de corte de placa con láser CO₂, utilizando cambios en la estructura original de la máquina.

Es importante reflexionar sobre las implicaciones que la implantación de estos métodos de trabajo puede suponer sobre la empresa a nivel estratégico y organizativo. En este sentido se plantea esta tesis [2].

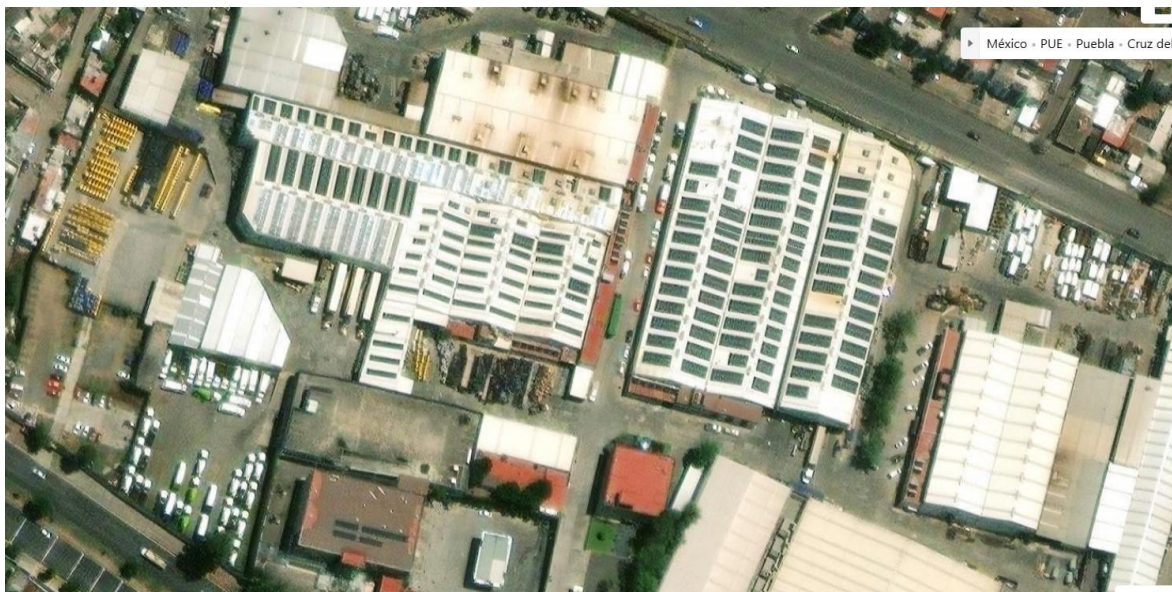


Figura 1.-Ubicación de Grupo CIPSA.

(<https://maps.app.goo.gl/McyZfQTFaqYs4eAaA>).



Figura 2.-Cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.



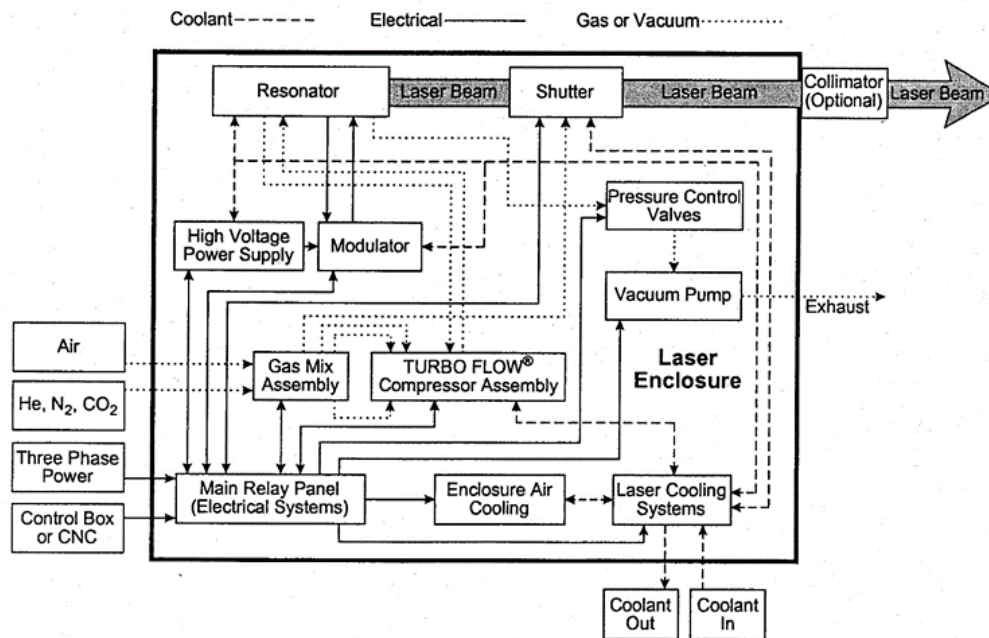


Figura 3.-Diagrama de flujo Cortadora Laser Platino 2040 HS [1].

1.1 Definición del problema.

Para Grupo CIPSA los tiempos de paro por mantenimientos correctivos, repercuten en su volumen de producción. En esta tesis abordaremos tres problemas que tenía la máquina muy frecuentemente, estos son:

Falla en el secado de aire comprimido, ocasionando condensación en la cadena óptica.

Falla en el sistema de enfriamiento de la cadena óptica ocasionando desgaste prematuro en los espejos de dicha cadena.

Falla en apertura-cierre de sistema obturador (*shutter*).

1.2 Antecedentes y contribuciones en el área.

En esta máquina se presentaban fallas muy recurrentes, en el sistema de aire comprimido que se usa para el control en general del equipo, en periodos de mucho frío y humedad, en el sistema de la cadena óptica se apreciaba mucha condensación, el desecador de aire que traía de fábrica el equipo era insuficiente para sacar la humedad del aire, por lo que se tomó la decisión de poner un secador de aire antes de la entrada al desecador.



Por otra parte, en tiempos de calor el sistema de enfriamiento de la cadena óptica fallaba por sobrecalentamiento en la bomba de refrigerante de tipo monoetilenglicol, por lo que se opta por conectar directamente del sistema de enfriamiento general de la máquina denominado *chiller*.

Otras de las fallas recurrentes en esta máquina se presentaban en el sistema de apertura-cierre del obturador (*shutter*) se hicieron cambios en los sensores inductivos aumentando el diámetro de estos.

1.3 Hipótesis de la tesis.

Es posible mejorar el porcentaje de producción en el corte de placa en un láser de CO₂ eliminando los paros de producción ocasionados por mantenimientos correctivos.

1.4 Objetivos específicos.

Entender el funcionamiento de la máquina y eliminar fallas recurrentes.

Integrar los sistemas de enfriamiento denominados *chiller*.

Mejorar el sistema de secado de aire comprimido, para evitar condensación.

Mejorar el sistema de obturación.

Reducir significativamente los paros de equipo por mantenimiento correctivo aplicando las estrategias de mejoras implementadas en este equipo.

Aumentar el volumen de producción al porcentaje cuando él equipo estaba nuevo.

Probar los sistemas en tiempo real.

Poner en marcha el equipo.

1.5 Estructura de la tesis

La tesis se encuentra estructurada de la siguiente manera:

En el capítulo 2 presentaré la descripción del proceso de corte de placa utilizando láser de CO₂, mostrando las variables del proceso y un estudio del fenómeno físico del láser de CO₂ para entender el proceso térmico de corte, en el capítulo 3 estudiaremos las estrategias de mejora en el sistema neumático, y la implementación de las mismas posteriormente en el capítulo 4, estudiaremos la estrategia de mejora en el sistema de enfriamiento y su implementación, en el capítulo 5, estudiaremos la estrategia de mejor en el sistema de apertura-cierre del *shutter* y su implementación, y por último presentaré las conclusiones y recomendaciones del proyecto.



Capítulo 2.- El proceso de corte Láser CO₂.

Como se mencionó en el capítulo anterior, en este capítulo se pretende hacer una descripción general por un lado del láser en sí mismo y sus propiedades y por el otro la utilización de la energía del láser en la industria metalmecánica para el corte de placa, haciendo una descripción desde su generación, su conducción a través de la cadena óptica, hasta el proceso de corte de placa que se realiza a la salida del cabezal.

2.1 Consideraciones teóricas del Láser.

Láser significa luz amplificada por emisión estimulada de radiación (*Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation*), este principio parte de que al excitar con energía un átomo en reposo, sus electrones suben a una capa superior, y al retornar a su estado de reposo liberan energía obtenida mediante fotones. Ver figura 4, [3] [4] [5] [6] [7] [8].

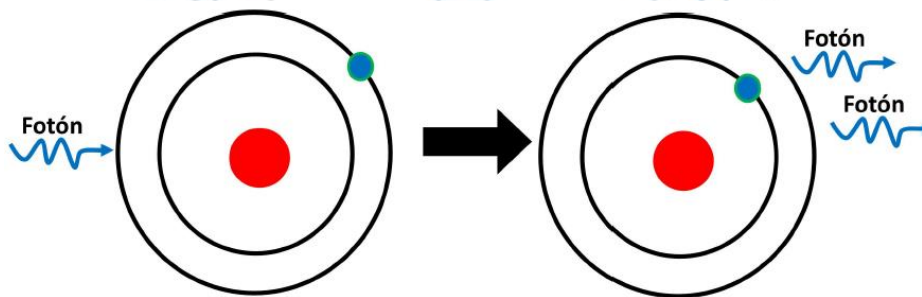


Figura 4.-Generación del láser.

El láser de dióxido de carbono opera con un gas de moléculas de CO₂ que son excitadas por colisión resonante por moléculas de N₂ (gas que facilita la inversión de población). Para la emisión láser, los estados de excitación del CO₂ son de tipo vibracional.

El mecanismo para producir luz láser opera de la siguiente manera: por descarga eléctrica, las moléculas de N₂ absorben energía que permite que se produzcan excitaciones, en particular a un nivel de energía muy similar al nivel 001 de la molécula de CO₂, (ver figura 5). Por colisión resonante entre moléculas de N₂ y CO₂, se logra excitar las moléculas de CO₂ al mencionado nivel 001. De este nivel, se pueden producir dos transiciones láser: una al nivel 100 con una longitud de onda de 10600nm (transición más común) y otra al nivel 020 con longitud de onda de 9600nm, emisiones que corresponden al infrarrojo. El láser de CO₂ básicamente está caracterizado por la longitud de onda de 10600nm debido a que este tipo de radiación resulta la dominante ver figura 7.

Para evitar la permanencia sensible en el nivel 010, lo cual resulta indeseable para la inversión de población, se hace uso de las moléculas de He que contribuyen a vaciar dicho nivel y al enfriamiento de los gases, debido a su alta conductividad térmica.



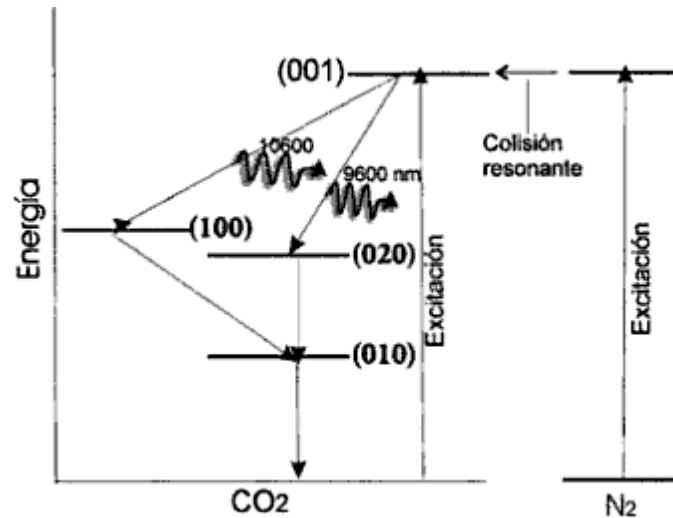


Figura 5.-Diagrama de los niveles de energía de las moléculas de CO_2 y N_2 .

Los gases están contenidos en un tubo de vidrio de alta resistencia térmica, en donde el flujo axial de gas se mantiene a lo largo del tubo. Dos espejos en sus extremos conforman la cavidad resonante, uno totalmente reflector y el otro solo parcialmente (85%).

En otro tipo de láser de CO_2 , denominado de tubo sencillo, el gas se encuentra en un depósito que rodea al tubo de descarga, con los espejos situados en el exterior de dicho tubo. El láser de CO_2 puede emitir en modo continuo o en modo pulsante, con un rango de potencia de salida que va desde algunas fracciones de vatio hasta los miles de vatio. La figura 6 muestra los componentes fundamentales de un láser de CO_2 , [5] [6] [7].



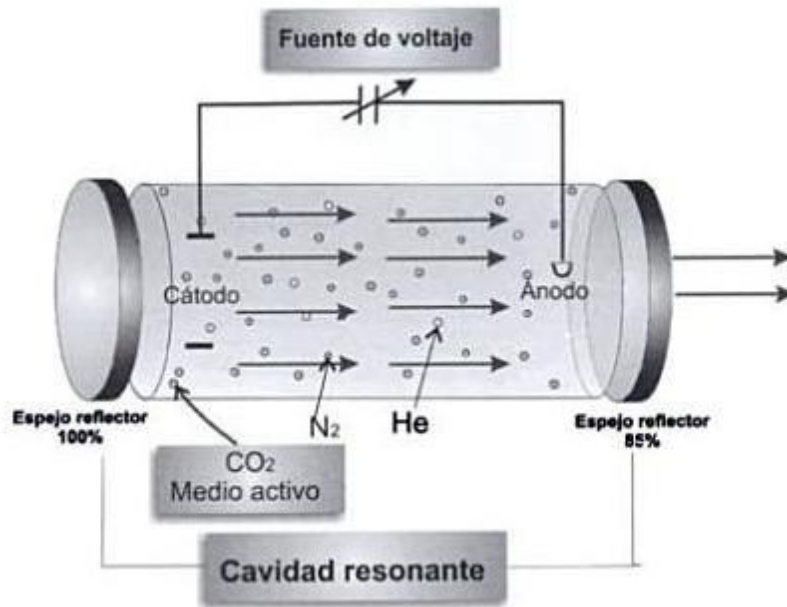


Figura 6.-Componentes fundamentales de Láser de CO₂ [2].

La fuente de energía está conformada por una fuente de voltaje necesaria para producir la descarga eléctrica responsable de la excitación de las moléculas de N₂. La sustancia activa es una mezcla de gas de CO₂ con N₂, en el primero se produce la inversión de población. La cavidad resonante conformada por dos espejos total y parcialmente reflectores colocados en los extremos de un tubo de vidrio resistente al calor. Ver figura 6, [4] [5] [6].

2.2 Clasificación de los láseres.

Los láseres no forman un grupo homogéneo al cual se apliquen límites de seguridad comunes, ya que los riesgos que se derivan de su uso varían notablemente. Esto se debe a los amplios intervalos posibles para la longitud de onda, la potencia o energía y las características de emisión continua o emisión de pulsos de un haz láser.

El agrupamiento de los láseres usando como criterio su peligrosidad ha sido objeto de distintas clasificaciones (*ANSI*, *American National Standard Institute*; *BRH*, *Bureau of Radiological Health*; CEI, Comité Electrónico Internacional), todas ellas muy similares, aunque no sean exactamente coincidentes.

La clase de un láser es un indicador directo del grado de peligrosidad que supone la utilización de un dispositivo de estas características. Ver tabla 1, [3] [5] [6] [7] [8].

Los tres factores que principalmente definen la clase de un láser son:

Longitud de onda.

Duración / tiempo de exposición.

Potencia / energía del haz.



La clase de un sistema láser debe figurar en:

Una etiqueta / señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo, con las frases de advertencia para que el usuario conozca a que riesgo está expuesto.

El manual de instrucciones / operaciones del dispositivo láser.

También debería estar colocada señalización de peligros reglamentaria en el lugar de trabajo donde esté emplazado el sistema.

El láser platino 2040 HS es un tipo Laser 4. Ver figura 7.



Figura 7.-Laser Platino HS Clase tipo 4 [1].

Riesgos derivables de la utilización de las diferentes clases de sistemas Láser.

Tabla 1.-Clasificación de los tipos de láser [3].

Clase sistema Láser	Riesgos derivables
Clase 1	No suponen daño alguno
Clase 2	Pueden causar daños oculares por observación directa del haz durante periodos superiores a 0.25 seg. Podría resultar en un daño crónico para exposiciones iguales o superiores a 15 minutos
Clase 3a	Puede causar daños oculares (en la retina), crónicos en caso de exposiciones iguales o superiores a 0.25 seg.
Clase 3b	Puede causar daños oculares o cutáneos agudos si se entra en contacto directo con el haz láser
Clase 4	Puede causar daños oculares o cutáneos agudos, si se entra en contacto directo, indirecto o por reflexión con el haz laser, puede originar incendios.

Medidas de control recomendadas en función de las diferentes clases de sistemas Láser.

Tabla 2.-Medidas de control para los tipos de láser.

Clase de sistema láser	Medidas de control
Clase 1	Señalización Información y formación del personal involucrado o expuesto.
Clase 2	Ídem Clase 1, y, además: Ingeniería. Equipos de protección individual.
Clase 3a	Ídem clase 2, y, además: Ingeniería. Controles administrativos.
Clase 3b	Ídem clase 2, y, además: Ingeniería. Controles administrativos.
Clase 4	Ídem clase 2, y, además: Ingeniería. Controles administrativos.

Medidas de control: Señalización.

La señalización relativa a un dispositivo láser comprende:

Una etiqueta / a señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo láser, con las frases de advertencia para que el usuario conozca que riesgo está expuesto, ver figura 8, [6] [7] [8].

Toda puerta de acceso a locales donde se albergue dispositivos láser de CLASE 3a; 3b; y 4, deben ser señalizadas con el pictograma de peligro correspondiente, incluyendo además la CLASE del láser, la longitud de onda, y la potencia de este. Cuando un local albergue más de un láser de diferentes CLASES de las especificadas, se incluirá los datos de todos ellos, ver figura 8, [6] [7] [8].

Sobre toda puerta de acceso a un local donde se albergue dispositivos láser de CLASE 3a; 3b; y 4, se recomienda la instalación de una luz intermitente que se active cuando el dispositivo esté en operación, [6] [7] [8].

Es deseable incluir la señalización de "ACCESO RESTRINGIDO EXCLUSIVAMENTE A PERSONAL AUTORIZADO" ver figura 8, [6] [7] [8].

La utilización de prendas de las prendas de protección individual (E.P.I.) que se estime preceptivas para las operaciones a llevar a cabo, también debe estar señalada [6] [7] [8].



Señalización perceptiva				
				
Áreas donde se encuentre un Láser	Para áreas donde se opere un láser 3b y 4.	Para áreas donde se opere un láser 3a, b y 4.	Para áreas donde se opere un láser 3b y 4.	Para áreas donde se opere un láser 2, 3a, b y 4.

Figura 8.-Simbología de seguridad.

Información y formación del personal involucrado o expuesto.

Toda persona que participe directamente en las operaciones, o que, sin estar involucrada directamente en las mismas, pueda verse afectada por estos dispositivos, debe ser informada por los responsables de las actividades acerca de los riesgos a los que está expuesto, los medios con los que debe protegerse, cómo y cuándo utilizarlos, y especialmente, sobre el conjunto medidas preventivas y de normas internas o de Procedimientos de Trabajo Escritos, [6] [7] [8].

Medidas de control de ingeniería.

Medidas técnicas destinadas a minimizar el riesgo que puedan generar los dispositivos láser. Pueden citarse las siguientes: Ver tabla 2.

Confinamiento de láser: deseable para láser clase 3b y 4, efectuándose en un habitáculo donde no se lleve a cabo ninguna otra operación no relacionada con este elemento. Es deseable que las puertas de acceso a estos habitáculos dispongan de cerradura, y que únicamente el personal autorizado a acceder a esta habitación disponga copia de estas. Sería deseable que las cerraduras de las puertas se bloqueasen cuando éste entrase en operación, pero pudiendo anularse el bloqueo y abrirse desde el interior, de manera similar a una puerta antipánico, [6] [7] [8].

Carcasas protectoras: toda láser clase 3a, 3b y 4, debiera disponer de una carcasa protectora, que contenga el haz emitido, y la fuente de excitación, [6] [7] [8].

Enclavamiento: toda láser clase 3a, 3b y 4, debiera disponer de un dispositivo de enclavamiento de modo que cuando la carcasa protectora fuera movida o separada, desconectase el dispositivo láser y lo dejase fuera de funcionamiento, [6] [7] [8].

Llave de operación: toda láser clase 3a, 3b y 4, debiera disponer de una llave de accionamiento, de modo que, sin la misma, este no pudiera entrar en funcionamiento y que únicamente el personal autorizado a operar con las mismas, según los P.T.E establecidos, disponga de acceso a las mismas, [6] [7] [8].



Indicador “ON” (en marcha): toda láser clase 3a, 3b y 4, debiera disponer de un indicador “ON / OFF” claramente visible a las personas operando con el dispositivo. Este indicador debe estar conectado al láser, no siendo su accionamiento independiente del equipo, [6] [7] [8].

Indicador “Potencia de operación”: toda láser clase 3a, 3b y 4, debiera disponer de un indicador de la potencia emitida en tiempo real, fácilmente visibles a los operadores del equipo, [1] [6] [7] [8].

Medidas de control: Controles administrativos.

Los controles administrativos comprenden exclusivamente los Procedimientos de Trabajo Escritos (P.T.E.).

Los P.T.E. deben ser generados por los responsables de las operaciones llevadas a cabo con los dispositivos láser, o por personal suficientemente cualificado y con la experiencia necesaria como para poder desarrollarlos, [6] [7] [8].

El principio de los P.T.E. es dejar constancia escrita de aquellos aspectos críticos de las operaciones que puedan afectar al resultado de estas, que puedan afectar a la seguridad de los operadores, o en el deterioro de los equipos, [6] [7] [8].

Los P.T.E. deben ser conocidos obligatoriamente por todo aquel personal que esté involucrado en las tareas, y debe entrenarse exhaustivamente sobre los mismos al personal de nuevo ingreso o que carezca de la experiencia suficiente. Todo P.T.E. debe ser aprobado y respaldado por la Dirección del Departamento o Entidad. Recomendamos que, independientemente de la CLASE de láser con la que se esté operando, de desarrolle P.T.E. para los mismos. Consideramos imprescindible el disponer de P.T.E. para toda tarea en la que esté involucrado un láser de los tipos 3a, 3b y 4, [6] [7] [8].

Especial mención requieren las tareas de alineación, ajuste del haz y reparaciones, actividades en las que se mayoritariamente se producen los daños personales, [6] [7] [8].



Capítulo 3. Estrategia de mejora en el equipo.

3.1 Mejora Continua.

La mejora continua, es una filosofía de dirección que trata de conseguir ventajas competitivas en la mejora de los niveles de calidad de los productos y de la gestión estratégica y operativa de los procesos mediante la introducción de continuos y pequeños cambios realizados de forma sistemática. Estos métodos surgen para dar respuestas a los retos que suponen para las empresas los requerimientos de los clientes y la fuerte acción de la competencia, que caracterizan el actual escenario económico. Conseguir un nivel de competitividad elevado supone incrementar permanentemente la eficiencia y esto puede lograrse con una dinámica de Mejora Continua.

Para implantar este sistema de dirección es necesario introducir cambios en la estrategia de la empresa, su estructura organizativa, los procesos internos y todas sus funciones, la organización del trabajo y los métodos de producción, y las relaciones con proveedores y clientes. Aunque la aplicación de los métodos basados en la Mejora Continua no es uniforme en todas las empresas y en todos los países, su introducción supone cambios en la forma de dirigir las empresas y con ello contribuye a la evolución de estas técnicas. Sin embargo, su implantación no ha resultado sencilla y ha originado algunos problemas a las empresas que lo han intentado. Esto plantea la necesidad de profundizar en el estudio de algunos aspectos, como son, la forma en que se diseña el proceso de implantación y se lleva a la práctica, la intervención de los directivos y los trabajadores, las herramientas y técnicas necesarias, los sistemas de control de resultados y el aprendizaje en la organización [2].

Lean Manufacturing en mantenimiento.

El Lean Manufacturing en mantenimiento es un enfoque orientado a la reducción de desperdicios que encuentra sus orígenes en el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se trata de una metodología de origen japonés que tiene como estrategia la maximización de la eficacia a través de la implicación de la organización, [9] [10].

Esencialmente, todos los empleados y todos los niveles de la organización apoyan las iniciativas de mantenimiento y fiabilidad. Las ideas en las que se basa el TPM son fundamentales para un enfoque Lean, incluido el principio de las 5S, el mantenimiento autónomo y planificado, así como la mejora continua. El mantenimiento Lean pone en práctica estas filosofías para minimizar los costes y aumentar la fiabilidad de los equipos y sistemas, [9] [10].

Para entender qué significa “mantenimiento ajustado”, primero debemos comprender la definición de procesos de fabricación ajustada o Lean Manufacturing. En términos sencillos, el enfoque Lean significa eliminar los residuos en toda la cadena de producción. El mantenimiento ajustado es similar a la fabricación ajustada en el sentido de que ambos enfoques pretenden eliminar todos los residuos, [9] [10].

El Lean Manufacturing es una filosofía aplicada a los procesos de manufactura de productos que pretende reducir el tiempo entre el pedido del cliente y la entrega, a través de la eliminación de residuos. Se trata de un conjunto de principios, conceptos y técnicas para eliminar los residuos en todas las fases de la cadena de producción, ver figura 9, [9] [10].

La metodología “Lean” se basa en el sistema de producción Toyota (“Toyota Production System o TPS”). Su principal objetivo es que la organización adopte la Mejora Continua, [9] [10]:



- Reducir costos.
- Mejorar los procesos.
- Reducir el tiempo de reacción.
- Mejorar el servicio al cliente.
- Aumentar la calidad.
- Reducir los plazos de entrega.
- Eliminar los residuos.
- Aumentar la productividad y la rentabilidad.

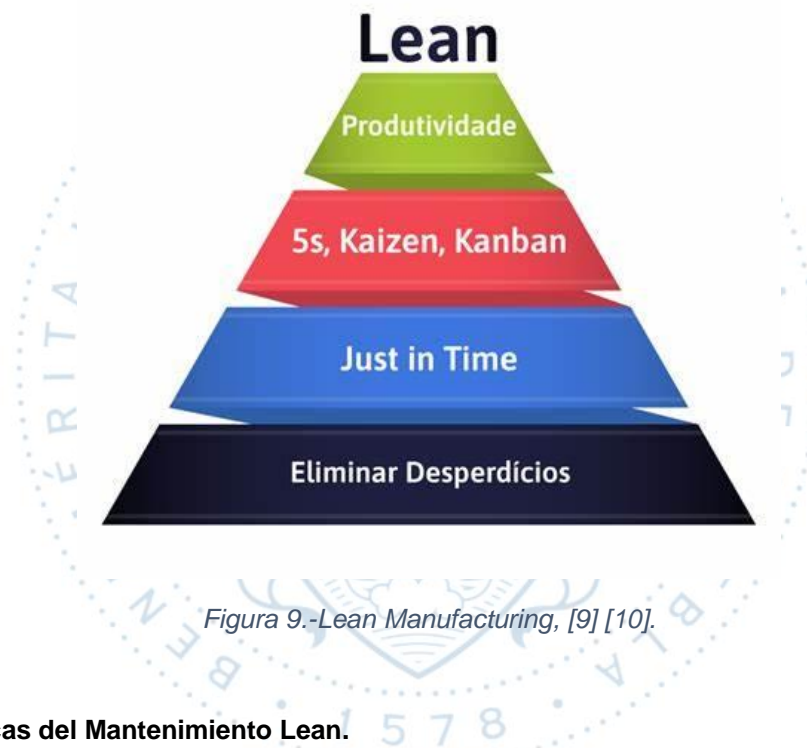


Figura 9.-Lean Manufacturing, [9] [10].

Características del Mantenimiento Lean.

El mantenimiento Lean se puede explicar e ilustrar mediante algunos puntos que lo caracterizan:

Proactivo. - La operación de mantenimiento tradicional es reactiva. Las operaciones de mantenimiento reaccionan a las fallas del equipo. El mantenimiento no hace nada hasta que se produce un mal funcionamiento, lo que hace que el mantenimiento sea un nombre incorrecto porque la reparación nunca equivale al mantenimiento. En el mantenimiento esbelto, se toman medidas proactivas para prevenir fallas en los equipos mediante acciones de mantenimiento predictivo y preventivo. El objetivo es eliminar los trabajos de reparación, evitando fallas en los equipos, [9] [10].

Planeada y programada - El mantenimiento planificado bajo mantenimiento ajustado requiere el uso de actividades de mantenimiento establecidas que identifican los pasos, los recursos laborales, los requisitos de materiales y piezas, la asignación de tiempo y los procedimientos técnicos.



El mantenimiento programado requiere el establecimiento de prioridades de trabajo, emisión de órdenes de trabajo, asignación de recursos de mano de obra, período de tiempo para el desempeño de la tarea y la separación y preparación de materiales y piezas, [9] [10].

Mantenimiento productivo total (TPM) - Es la iniciativa para la optimización de la eficiencia y confiabilidad de los equipos de fabricación. Aborda todo el ciclo de vida del sistema productivo, construyendo un sistema de base sólida que tiene como objetivo prevenir todo tipo de pérdidas. El mantenimiento total de la producción también tiene como objetivo eliminar todas las formas de roturas, defectos y accidentes, [9] [10].

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) - Mientras que el TPM se enfoca en prevenir fallas, manteniendo la efectividad y confiabilidad del equipo, el mantenimiento enfocado en confiabilidad se enfoca en optimizar la efectividad de las tareas de mantenimiento, [9] [10].

Equipos de acción de poder - Las actividades de los equipos de acción se centran en un desempeño sólido y están orientadas a las tareas. Se organizan con el objetivo de realizar tareas integradas y completas, requiriendo así la adhesión de varios departamentos. Los equipos tienen autonomía en sus funciones administrativas y los miembros tienen participación en la selección de nuevos miembros. Los miembros del equipo tienen múltiples habilidades que les permiten adaptarse a sucesos o eventos imprevistos en el curso de su trabajo, [9] [10].

Procesos 5S. - Mejorar y mantener el lugar de trabajo implica cinco actividades:

Clasifique o elimine elementos innecesarios;

Organizar el ambiente de trabajo;

Limpiar todo desde el ambiente de trabajo;

Estandarizar el ambiente de trabajo;

Dar a conocer o ampliar el proceso de mantenimiento a otras áreas.

Just inTime (JIT). - concepto utilizado en referencia a las existencias. Las empresas utilizan esta estrategia para reducir el desperdicio durante el proceso de producción, recibiendo bienes en su inventario solo cuando es necesario, [9] [10].

En el mantenimiento Lean, los operadores tienen como objetivo predecir las reparaciones con la mayor precisión posible. Las reparaciones nunca deben hacerse demasiado pronto o demasiado tarde y todas las piezas de repuesto necesarias deben estar disponibles en el momento adecuado, es decir, controlar el equipo y comprar las piezas. “*just in time*” para la próxima tarea de mantenimiento.

Mejoras Kaizen. - Filosofía detrás de la gestión Lean que requiere una mejora continua en el proceso de producción. Requiere que cada proceso sea evaluado y mejorado continuamente en términos del tiempo involucrado, los recursos utilizados, la calidad de los resultados y otros aspectos relacionados con el proceso, [9] [10].



Como aplicamos el método Kaizen en este equipo.

Mejora continua Kaizen. – La cortadora láser platino 2040 HS debido al uso y malos programas de mantenimiento predictivo y preventivo, su eficiencia se vio reflejada en un 20 a 25 por ciento, utilizando el método Kaizen, el cual su objetivo es maximizar la producción mediante la mejora continua, se propuso un plan de trabajo.

Pasos a seguir para la aplicación de la mejora continua Kaizen.

Búsqueda de errores y definir objetivos. -En este equipo se presentaban fallas muy consecutivas en tres sistemas críticos para el funcionamiento óptimo.

El objetivo. - Es alcanzar la eficiencia de fábrica.

Ordenar información. -Con los errores recabados, se obtiene que es necesario implementar una mejora en el equipo, que nos ayude a resolver estas fallas y alcanzar los objetivos propuestos.

Análisis. -Mediante un análisis se toma la decisión de realizar cambios para lograr mejorar la producción, estos cambios son: Instalación de un secador de aire comprimido en la entrada del sistema neumático del equipo, eliminación del sistema de enfriamiento de la cadena óptica y usar el sistema de enfriamiento del resonador, y por último cambio de sensores del sistema de obturación.

Plan de acción. - Realización de las propuestas de mejoras.

Probar. - Probar la implementación de las propuestas en tiempo real.

Evaluar los cambios. -Analizar el funcionamiento del equipo después haber implementado las propuestas.

Seguimiento y estandarización. – Dar seguimiento al funcionamiento del equipo con las propuestas implementadas [9] [10].

Confiabilidad del equipo. - Las estadísticas de mantenimiento muestran que un gran porcentaje de las fallas de los equipos son autoinducidas. Por lo tanto, una responsabilidad importante del mantenimiento ajustado implica descubrir las causas de las fallas de los equipos, por lo que la confiabilidad de ingeniería del equipo se convierte en una preocupación [9] [10].

La ingeniería de confiabilidad incluye las siguientes responsabilidades:

Evaluación de la efectividad del mantenimiento preventivo;

Desarrollo de un sistema y procedimiento de análisis de mantenimiento predictivo;

Realización de controles de condición y pruebas de equipos;

Uso de técnicas de ingeniería para aumentar la vida útil de los equipos;

Análisis de piezas defectuosas;

Control de la recurrencia del problema.



Cómo planificar tareas a través del mantenimiento Lean.

Mantenimiento proactivo: El mantenimiento proactivo, en lugar de reactivo.

Un sistema de orden de trabajo: Captura todo el trabajo asignado con detalles sobre los programas de mantenimiento y el estado del trabajo. Cuando se administran en un sistema de administración de mantenimiento computarizado (CMMS), las órdenes de trabajo son invaluable para acceder rápidamente a la información, especialmente al historial del equipo [9] [10].

Un CMMS: un CMMS debe realizar presupuesto y costo, gestión de órdenes de trabajo, planificación y programación, gestión de repuestos, informes y gestión de mano de obra, [9] [10].

Un inventario de activos actualizado: Esto ayudará a garantizar que no se pase por alto ninguna máquina durante la planificación del mantenimiento, [9] [10].

Capacitación y calificación de operadores: Ambos son necesarios antes de entregarles las máquinas. La capacitación y el desarrollo de capacidades deben agotarse por completo como parte de la implementación de TPM, [9] [10].

La gestión del mantenimiento es un tema crítico entre las actividades de gestión de la organización de fabricación y crece rápidamente en un entorno muy complejo a medida que evolucionan las tecnologías, la competencia y las características del producto.

Para lograr un rendimiento de clase mundial, las estrategias de mantenimiento deben estar vinculadas a estrategias de fabricación como la manufactura Lean y ágil. La selección de una estrategia de mantenimiento eficaz mantiene un alto grado de utilización, fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones de fabricación, especialmente en el proceso de producción continuo.

Además, las estrategias de mantenimiento eficaces reducen el desperdicio de materiales, repuestos y equipos. El mantenimiento Lean crea el entorno necesario para un proceso de fabricación eficiente y ajustado.

En este trabajo el método empleado para la selección de las estrategias de mejora para la cortadora láser 2040 HS, fue el método de mejoras Kaizen, ya que nos habla de una mejora continua en los procesos de producción.

Análisis de fallas.

La mejora de procesos en una empresa requiere diversos métodos de resolución de problemas que le brinden respuestas a diversos sucesos o problemáticas que pudieran estar causando errores o inconvenientes.

Uno de los procedimientos más utilizados es el método de los 5 porqués, el cual se utiliza dentro de Six Sigma y fue utilizado por primera vez en la fábrica de Toyota en Japón. Desde ese momento, se ha convertido en un referente para determinar la raíz de un problema y actualmente se aplica en diferentes sectores e industrias [11] [12].

¿Qué es la metodología de los 5 porqués?

Es un método que se basa en la realización de preguntas que buscan explorar la causa-efecto de un suceso o problema en particular. El primer «porqué» va generando otro como consecuencia y así sucesivamente.



La idea es que con estas preguntas se pueda llegar a un esclarecimiento. Por ejemplo, si una maquinaria en tu empresa se ha averiado, la primera pregunta para averiguar lo qué sucedió será: «¿por qué se averió la máquina?»; según la respuesta, el segundo «porqué» podría ser: «¿por qué tuvo una sobrecarga de trabajo?»; después de esto, la siguiente pregunta puede ser: «¿por qué tenía falta de mantenimiento?» y así sucesivamente hasta llegar a la posible resolución.

Siguiendo con el ejemplo, el proceso podría darte la siguiente conclusión: La maquinaria tuvo una sobrecarga de trabajo porque desde hace 6 meses no le han dado la revisión y mantenimiento apropiados por falta de un inventario de mantenimiento adecuado dentro de la empresa.

De esta manera, los «porqué» te han dado una razón con la que podrás intervenir y mejorar los procesos.

Sin duda, habrá muchas ocasiones en donde necesites más de 5 preguntas para poder llegar a la raíz de problema. Esto es completamente normal. Realicen todas las preguntas que consideren necesarias para encontrar su posible causa-efecto.

Es importante recalcar que el método de los 5 porqués no debe usarse para buscar un culpable. Por ello, la pregunta «quién» o «quiénes» no debe plantearse. Recuerda que esta técnica se concentra en los procesos y no en las personas involucradas [11] [12].

Fallas en el sistema neumático de la cortadora Laser.

¿Qué está pasando?

En la cortadora láser platino 2040 HS, se presenta una pérdida de potencia en el rayo de corte, ocasionando mala calidad en el corte de la placa y paros aproximados de 4 a 8 horas en el proceso de corte.

¿Por qué está pasando esto?

Al revisar el equipo nos encontramos que los espejos y lentes de la cadena óptica presentaban suciedad y condensado provocando que el rayo perdiera potencia y ocasionara mala calidad en el proceso de corte.

¿Cuáles son las razones por las que se presenta condensado y suciedad en los espejos?

Analizando la calidad del aire comprimido, nos dimos cuenta de que el sistema neumático, o sistema de generación de aire comprimido que alimenta a toda la planta, no es de la capacidad requerida, para el consumo de toda la planta, esto provoca que haya condensación en el equipo.

¿Por qué el sistema neumático o sistema de generación de aire comprimido presenta esta falla?

Debido al crecimiento de la planta, el departamento de ingeniería no tomo en cuenta este crecimiento y el sistema presenta insuficiencias en la alimentación de aire comprimido seco.

¿Cuáles son las soluciones más adecuadas y rápidas?

Después de realizar el estudio, la opción más rápida y efectiva es colocar un secador de aire que alimente únicamente a esta máquina, que es la más perjudicada en cuestión de la mala calidad del aire, de esta forma, determinamos instalar un secador de aire que cumpliera con las especificaciones de la cortadora laser 2040 HS.

Este secador de aire es de la marca Ingersoll Rand, modelo D340INA400.



Falla en el sistema de enfriamiento cadena óptica de la cortadora Láser.

¿Por qué está fallando el equipo?

El equipo presenta una falla en el sistema de enfriamiento de la cadena óptica y está provocando que el equipo se pare por alta temperatura y flujo de refrigerante en los espejos de la cadena óptica.

¿Cuál es la posible causa de la falla?

Analizando el problema, la bomba de refrigerante del sistema no está diseñada para soportar la exigencia de la producción, se está sobrecalentando y ya se ha quemado en varias ocasiones, ocasionando paros por mantenimientos correctivos.

¿Qué podemos hacer para evitar estos paros?

Se hizo un estudio, donde determinamos eliminar el sistema de enfriamiento de la cadena óptica, y conectarnos del sistema de enfriamiento del resonador y de esta forma, eliminamos la falla y eliminamos también el sistema de enfriamiento de la cadena óptica que venía de fábrica en el equipo.

Falla en el sistema de obturación.

¿Por qué se presenta esta falla?

El equipo presenta una falla de apertura-cierre en el sistema de obturación, esta falla está provocando paros por mantenimiento correctivo en el equipo de aproximadamente dos horas.

¿Cuál es la posible causa de la falla?

El sistema tiene una falla por mal sensado en la apertura-cierre del sistema, el área de los sensores es muy limitada para detectar cuando está cerrada o abierta la ventana del obturador.

¿Qué podemos hacer para evitar estos, paros y eliminar la falla?

Se propone cambiar los sensores, aumentando su diámetro 2 mm para que de esta forma el área de detección sea mayor y así eliminamos los paros y las fallas.



3.2 Sistema neumático.

Las empresas productoras no pueden ignorar el aire comprimido. Hay buenas razones para ello: el aire comprimido ofrece una gama de aplicaciones sin comparación y combina velocidad, fuerza, precisión con un manejo seguro. No obstante, antes de poder beneficiarse de sus ventajas y de poner los componentes neumáticos en movimiento, es necesario dar algunos pasos. Al principio de cada sistema de aire comprimido hay un compresor. El aire comprimido que genera se prepara mediante un secador frigorífico. Normalmente, antes o después del secador, se almacena el aire comprimido con el fin de compensar las oscilaciones en el consumo, después el aire comprimido se transporta mediante tubos hasta el sistema descentralizado de preparación de aire comprimido, esta preparación ayuda a minimizar daños y consecuencias, ello lo convierte en esencial para los componentes neumáticos y para la seguridad del proceso en la producción. Si hablamos de los subsistemas que componen los sistemas neumáticos podemos destacar los siguientes en la figura 10, [13].

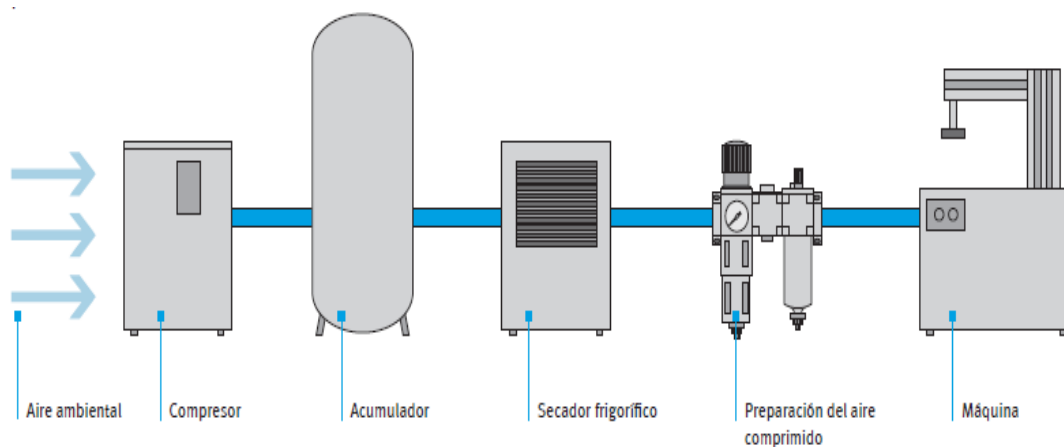


Figura 10.-Partes que componen un sistema neumático.

3.3 Sistema neumático de Cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.

En el sistema neumático de la cortadora Laser Platino 2040 HS, se presentaba una condensación en las cámaras presurizadas de la cadena óptica, en los espejos y lentes, esto ocasionaba que se ensuciaran, ver figura 11, provocando una pérdida de potencia en el rayo, y su calidad de corte fuera de mala calidad, a su vez el mantenimiento de dicha cadena era más corto, se propone implementar una estrategia de mejora que consiste en colocar un secador de aire de la marca Ingersoll Rand modelo D340INA400, instalándolo antes del desecador de aire que venía de fábrica en el equipo, las características del secador se muestran en la figura 12.



Figura 11.- Piezas con mala calidad de corte y Espejos con condensación.

3.4 ¿Qué es un secador de aire de aire comprimido?

Un secador de aire comprimido es una máquina que reduce significativamente el contenido de humedad en el aire del ambiente o en el caudal del aire. Los secadores de aire ayudan al tratamiento del aire comprimido, haciendo que sea más limpia y la humedad no genere mayor corrosión en los equipos o conexiones neumáticas. Existen diferentes tipos de secadores, el uso dependerá de los niveles de humedad y temperatura ambiente.

Los secadores se pueden dividir en 2 tipos:

Secadores refrigerantes: cíclicos y no cíclicos.

Secadores desecantes.

La diferencia principal entre cada tipo de secador es el agente colocado dentro de la máquina para secar el aire, [14] [15].

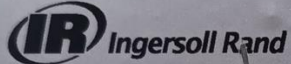
		www.air.ingersoll-rand.com	
MODEL	D340INA400	MAWP (PSIG/BARG):	300
SERIAL NO.	548771	M114	Wiring Diagram:
REFRIGERANT	R404A	LBS: 3	OZS: 0 KG: 1.361 PER COMPRESSOR
REFRIGERATION CIRCUIT PRESSURE TESTED. ONLY QUALIFIED PERSONNEL SHOULD PERFORM SERVICE			
R134A SYSTEMS TESTED AT HIGH AND LOW SIDES 335 PSIG MIN			
R404A SYSTEMS TESTED AT HIGH SIDE 350 PSIG MIN - LOW SIDE 335 PSIG MIN			
60 HZ. VOLTS:	460	PHASE: 3	MAX FUSE SIZE: 6 A MIN CIRCUIT AMPACITY: 3.7
COMP. RLA:	2.5	COMP. LRA: 10	FAN RLA: 0.5 FAN LRA: 1.2
50 HZ. VOLTS:		PHASE: 3	MAX FUSE SIZE: A MIN CIRCUIT AMPACITY:
COMP. RLA:		COMP. LRA:	FAN RLA: FAN LRA:
COMPRESSOR QTY:	1	H.P.: 1	FAN QTY.: 1 H.P.: 1/6
Protected under U.S. Patent No. 6,186,223 and 6,244,333			P/N IR Refrig.QDF

Figura 12.-Especificaciones técnicas del secador, [16].

Especificaciones técnicas del secador.

Marca.	Ingersoll Rand
Modelo.	D340INA400
Flujo Nominal.	200 SFCM
Tensión de alimentación.	3 PH 440 VAC
Tipo de secador.	No cíclico
Presión de entrada	120 psi
Refrigerante	R404A
Caída de presión	2.7 psi
Capacidad del compresor	1 hp

Especificaciones técnicas de la instalación neumática.

Especificaciones para el aire que entra al equipo.

El aire proveniente de la red debe cumplir los siguientes requisitos:

Temperatura máxima aire entrante	45 °C
Temperatura mínima	5 °C
Presión	101 psi
Caudal del compresor	>= 45 scfm
Residuos de aceite	1/3 mg/m3 (ppm)
Residuos sólidos (tamaño de partículas)	>=20um



Especificaciones para el aire que entra a la máquina.

El aire que entra en la máquina, procedente del secador y de los filtros respectivos, debe cumplir los siguientes requisitos:

Temperatura de rocío	40 °C (con temperatura de entrada de secador de 35 °C, humedad relativa de 100 % y presión de 101 psi)
Presión	87 psi
Caudal	≥ 15 scfm
Humedad residual	0.015 g/Nm ³
Residuos de aceite	≤ 0.003 mg/m ³ (ppm)
Residuos sólidos	≤ 0.01 um

Tomando en cuenta las especificaciones que requiere el equipo, el secado Ingersoll Rand modelo D340INA400 cumplía con los requerimientos del equipo, por lo que se toma la decisión de instalarlo.



Este secador de acuerdo con su modelo D340 nos entrega 340Nm³/hr que es equivalente a 200 SCFM (pies cúbicos estándar por minuto.), [16].

Diagrama eléctrico de secador.

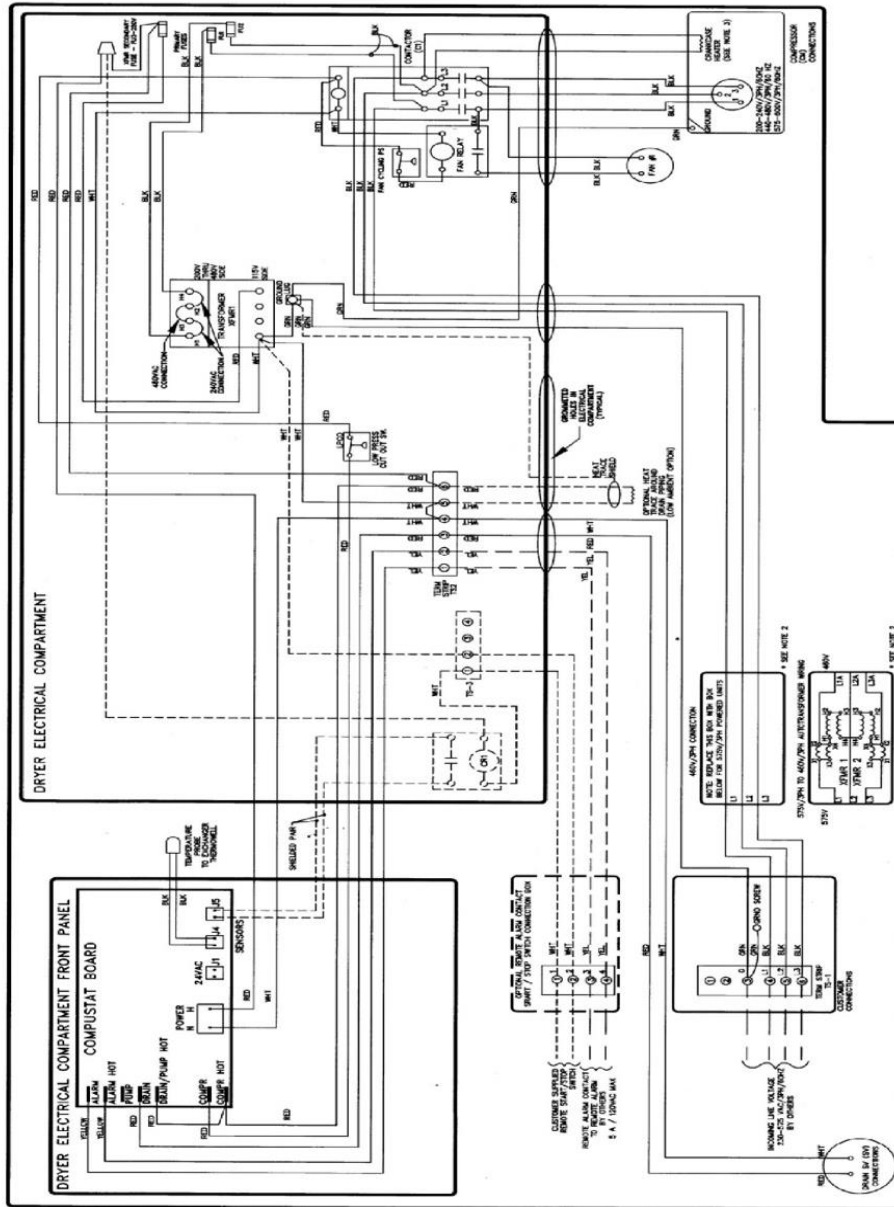


Figura 13.-Diagrama eléctrico de secador.

Este secador está diseñado para una tensión de 230 a 575 VAC. En nuestro caso cuenta con una con una alimentación trifásica de 440 VAC, ver figura 13, [16].



Funcionamiento del secador Ingersoll Rand D340INA400.

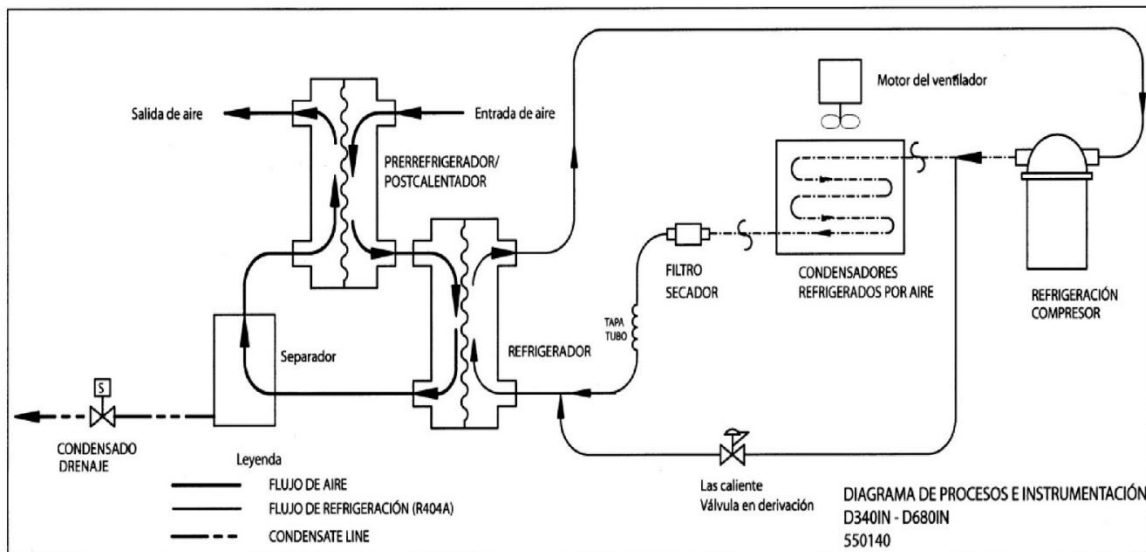


Figura 14.-Principio de operación de un secador, [16].

3.5 Sistemas que componen un secador.

Los secadores no cíclicos de Ingersoll Rand eliminan la humedad, el vapor de aceite y otros contaminantes del aire comprimido enfriando la temperatura del aire a unos 36° Fahrenheit (2.2°C). Este proceso de refrigeración condensa los contaminantes en gotas líquidas que pueden luego ser fácilmente eliminadas del aire. El término no cíclico significa que estos secadores hacen funcionar el compresor de refrigeración continuamente y utilizan una válvula de derivación de gas caliente para redirigir el refrigerante incluso a menos de plena carga. Los secadores no cíclicos son una buena solución para operaciones que desean mejorar la calidad del aire comprimido y reducir los costos de inversión. Se trata de máquinas muy sencillas y fiables que cuentan con opciones mínimas para simplificar tanto su diseño como su funcionamiento. En resumen, estos secadores frigoríficos ofrecen el menor costo de inversión inicial a la vez que suministran aire comprimido, seco y limpio. Los secadores no cíclicos son fáciles de instalar y de utilizar lo que los convierte en el estándar en términos de rendimiento, calidad y capacidad para ofrecer buenos resultados deseados, [14] [15] [16].

Para que el secador funcione correctamente debe estar constituido por varios sistemas que son: aire, eliminación de humedad, refrigeración y un sistema de controles, [14] [15] [16].

Sistema de aire.

Este sistema consta de los componentes del secador que están en contacto con el aire comprimido, con referencia a la figura 14, y siguiendo la indicación de la ruta de "flujo de aire" el aire caliente saturado del compresor ingresa al preenfriador/recalentador donde la temperatura del aire se reduce por el aire frío que sale del separador de aire/humedad, antes de entrar al enfriador. Este preenfriamiento permite el uso de un sistema de refrigeración más pequeño, luego, el aire ingresa a



la sección del enfriador, donde se enfría aún más hasta el punto de condensación deseado a través de la transferencia directa del calor con el refrigerante que se evapora. El aire continúa hacia el separador donde se elimina la humedad, lo que permite que el aire frío y seco regrese al preenfriador/recalentador, la temperatura del aire aumenta debido al aire de entrada cálido y húmedo. El aire sale de la parte del recalentador del secador debe ser aproximadamente de 15 a 20 ° F más bajo que la temperatura del aire de entrada según las condiciones estándar con el flujo nominal, ver figura 14, [14] [15] [16].

Sistema de eliminación de humedad.

Las gotas de líquido se eliminan de la corriente de aire en el separador. A medida que la mezcla de aire y líquido pasa a través del separador, gira, disminuye la velocidad y luego cambia de dirección. Esto hace que el condensado se caiga de la corriente de aire y se acumule en el fondo del separador. El líquido recolectado se elimina del separador mediante un drenaje eléctrico temporizado que es controlado por el controlador. Se accede al tiempo de drenaje abierto y al tiempo de drenaje cerrado presionando el botón *drain* y usando las flechas arriba-abajo para cambiar el valor. El valor de *drain open* es segundos; el valor de *drain close* es minutos. Para obtener los valores de tiempo óptimos para la operación de la válvula de drenaje eléctrica, configure el tiempo de cierre del drenaje en cinco minutos y el tiempo de apertura en diez segundos. Después de hacer funcionar la unidad con el flujo nominal completo durante 30 minutos, verifique que cuando se abre el drenaje eléctrico, se descargue todo el líquido acumulado y luego se produzca una pequeña ráfaga de aire, [16].

Si se descarga una pequeña cantidad de líquido y una gran cantidad de aire reduzca el tiempo de encendido o aumente el tiempo de apagado, por el contrario si hay líquido y nada de aire aumente el tiempo de encendido o reduzca el tiempo de apagado. Los ajustes de tiempo en encendido/apagado varían según las condiciones estacionales. Durante el verano cuando hay más humedad en el ambiente, se requiere un tiempo de encendido más corto que aumenta la apertura de la válvula, [14] [15] [16].

Sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración consta de los componentes que manejan gas R-404A. Este es un sistema cerrado herméticamente sellado. Con referencia a la figura 14 y siguiendo la indicación de ruta de flujo de refrigerante, se muestra el refrigerante que sale de la sección del evaporador del enfriador, que en el proceso de eliminación de calor cambia de un líquido de baja presión a un gas a baja presión. Este gas ingresa al lado de la succión del compresor donde se comprime en un gas a alta presión. El gas a alta presión se enfría en la sección del condensador y se convierte en un líquido a alta presión. Luego pasa por un filtro secador permanente que asegura que el sistema de refrigeración esté libre de contaminantes. Un tubo capilar de pequeño diámetro o una válvula de expansión mide el refrigerante en el evaporador del enfriador. La presión se reduce al entrar al evaporador del enfriador donde se elimina el calor del sistema de aire. Cuando hay cargas bajas, una válvula de gas caliente pasa por alto el condensador y el dispositivo de estrangulamiento. Esta válvula mantiene una presión mínima del evaporador de 76 psig, que corresponde a una temperatura del enfriador de 34° Fahrenheit para evitar el congelamiento, [14] [15] [16].

Sistema de control.

Los secadores sin ciclos de Ingersoll Rand incorporan mandos de control automáticos para un correcto funcionamiento. Como parte del equipamiento estándar, se incluye un indicador de la presión de succión del refrigerante. Este indicador controla la presión de gas refrigerante antes de



que entre al compresor. Cuando el sistema de refrigeración está funcionando, la presión de succión será controlada entre 76 y 85 psig, [16].

Los modelos de aire refrigerado de Ingersoll Rand utilizan un ciclo de ventilación para controlar la temperatura del condensador. Este interruptor controla la temperatura de condensación estableciendo ciclos en el ventilador de acuerdo con la presión de descarga del refrigerante. Cuando la unidad llega a 275 psig, el interruptor del ciclo de ventilación pondrá en marcha el ventilador hasta reducir la presión de descarga a 195 psig, [16].

Los secadores Ingersoll Rand incluyen una válvula de derivación del gas caliente para mantener la presión de succión y la temperatura. Esta válvula es necesaria durante las aplicaciones de carga baja para evitar la congelación en la sección del refrigerador. La presión de succión normal para las condiciones sin carga no debe ser nunca inferior a 72 psig. Esta configuración puede necesitar un ajuste para adecuarse a las condiciones ambientales y de carga del momento, [16].

Para el ajuste de la válvula de derivación se debe tener en cuenta lo siguiente:

Si se gira el tornillo de ajuste en sentido de las manecillas del reloj, la presión de succión aumenta al igual que la temperatura del intercambiador.

Si se gira el tornillo de ajuste en el sentido contrario a las manecillas del reloj, la presión de succión disminuye al igual que la temperatura del intercambiador [16].

3.6 Interfaz del usuario básico.

El controlador proporciona al usuario información sobre el funcionamiento y las alarmas del secador. La figura 15 resume las funciones del teclado.

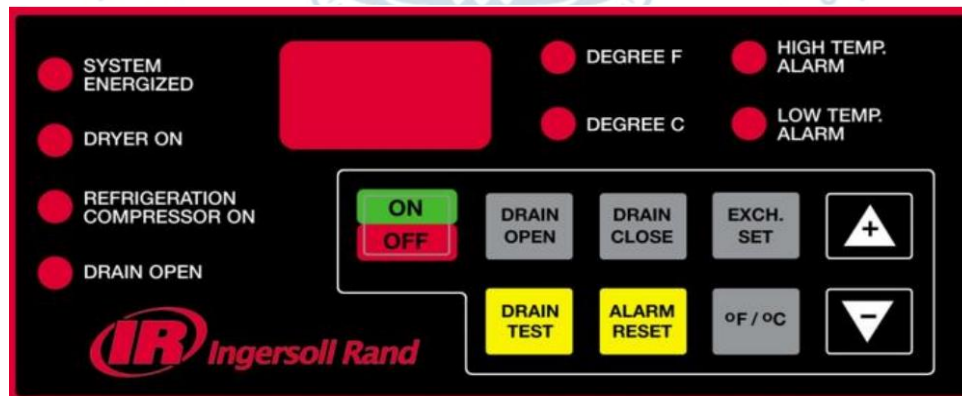


Figura 15.-Control del secador, [16].

Funciones de la interfaz del usuario.

On/off(encendido/apagado).

Alterna el funcionamiento del secador entre los estados “en línea” y “fuera de línea”; activa el compresor. El sistema de refrigeración funcionara basándose en la temperatura, [16].

Exch set(punto de referencia del intercambiador).

Cuando se pulsa, se muestra el punto de ajuste actual de la alarma de alta temperatura en el *display*. Mientras se muestra el punto de ajuste de la alarma de alta temperatura, se pueden utilizar las flechas arriba y abajo para aumentar o disminuir la temperatura del punto de ajuste, [16].

Alarm reset (reinicio de la alarma).

Si se presiona una vez, elimina la indicación de alarma local y desactiva el contacto de la alarma remota. Si la condición de alarma persiste, la alarma volverá a aparecer luego de que expire el tiempo de inhibición de la alarma, [16].

°F/°C.

Alterna los indicadores de temperaturas del led entre unidades de medidas Fahrenheit y Celsius, [16].

+/-.

Permiten que el usuario modifique los valores de punto de referencia. Los valores de punto de referencia. Los valores de punto de referencia varían dentro de un rango fijo, [16].

Drenaje abierto.

Pulse este botón para fijar la duración del tiempo en segundos que se mantendrá abierto el drenaje de condensación, [16].

Drenaje cerrado.

Pulse este botón para fijar la duración del tiempo en minutos que se mantendrá cerrado el drenaje de condensación, [16].

Prueba de drenaje.

Pulse este botón para abrir el drenaje y comprobar el funcionamiento, [16].

Luces Pantalla LCD.

Muestra la temperatura del intercambiador durante el funcionamiento normal. También se usa para mostrar el punto de referencia de temperatura del intercambiador, la condición de alarma y las funciones de sincronización, [16].

System energized. (Sistema activado).

Indica que el sistema este encendido, [16].

Dryer on. (Secador encendido).

Se enciende cuando se ha presionado el interruptor de encendido/pagado para poner la unidad en funcionamiento. El sistema refrigerante se puede iniciar en cualquier momento cuando la luz está encendida, [16].



Refrigeration compressor on.

Indica que está en funcionamiento el sistema de refrigeración, [16].

Degree °F/Degree °C.

Indica las unidades de medida de temperatura, [16].

High temp alarm (alarma de alta temperatura).

Indica que la temperatura del intercambiador ha subido por encima del punto de ajuste de la alarma de alta temperatura, [16].

Low temp alarm. (Alarma de baja temperatura).

Cuando se activa, indica que la temperatura del intercambiador ha bajado a menos de 29 °F o -2 °C. Esta condición detiene el compresor, el compresor no se reiniciará hasta que la temperatura haya subido dos grados por sobre el punto de referencia del intercambiador, [16].

Ajuste de los puntos de fijación.

Se puede cambiar el punto de fijación de la alarma de temperatura alta como sigue, [16].



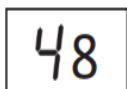
Si se presiona el botón *EXCHANGER SETPOINT*. Cambiará la pantalla para mostrar el punto de referencia actual, [16].



Si se presiona las flechas arriba abajo se modifica el punto de referencia del intercambiador en incremento de un grado, [16].



El controlador acepta el último punto de referencia. Después de 5 segundos, la lectura volverá a mostrar la temperatura actual del intercambiador, [16].



Alarmas y sus funciones.

El controlador indica las alarmas críticas que deben alertar al operador de una condición fuera de tolerancia. Luego de que se detecte cada condición de alarma, se encenderá el indicador led correspondiente y se cerrara el contacto de la alarma remota, [16].

Tabla 3.-Alarmas del secador.

Alarma	Pantalla	Punto de referencia de alarma
Alarma de alta temperatura	<i>High temp alarm</i>	Ajustable por el usuario +10 °F
Alarma de baja temperatura	<i>Low temp alarm</i>	28 °F

Alarma de alta temperatura.

Cuando la temperatura alcance el punto de referencia de la alarma, se activará la alarma. Puede que esta condición de alarma no dañe necesariamente el secador cuando esté sujeto a una exposición prolongada. Sin embargo, puede tener un impacto significativo en los procesos descendentes, por lo que se debe investigar en el momento de detectarla. Esta alarma activará el contacto de la alarma remota y se reiniciará automáticamente luego de que se rectifique la condición de la alarma, [16].

Alarma de seguridad de baja temperatura.

Si la temperatura del secador baja a menos del punto de referencia de fábrica, se activará la alarma. Puede que esta condición de alarma dañe el equipo cuando esté sujeta a exposición prolongada o continua. La alarma se apagará después de un retardo de tiempo de respuesta. Esta alarma activará el contacto de la alarma remota y se reiniciará automáticamente luego de que se rectifique la condición de la alarma, [16].

Mensajes de alerta.

El controlador cuenta con las siguientes lecturas para comunicar el estado de funcionamiento del secador.

PF

Indica una falla de la sonda. Esta condición normalmente se produce cuando se desenchufa una sonda, se daña el conductor o presenta defectos.

CD

Indica que el compresor refrigerante no se iniciara hasta el final de un retardo de seguridad de tres minutos. Aparecerá "cd" en la pantalla e inmediatamente después, el número de minutos que queden del retardo. Esta es una función normal del controlador y no una indicación de falla, [16].



Modos de inicio.

Los secadores de tienen la capacidad de arrancar en uno de los siguientes modos de inicio, [16].

Modo manual.

Tras alimentar de energía al secador, el indicador mostrara la temperatura del intercambiador y el tiempo restante para el tiempo de seguridad. Una vez finalizado el tiempo de seguridad, si deja de presionar el botón de encendido y apagado, se activará el sistema de refrigeración, [16].

Reinicio automático.

Si el secador se queda sin energía mientras se encuentra encendida, este no se volverá a encender hasta que se establezca el suministro de energía, de manera similar, si se desconecta la energía del secador mientras se encuentre apagado, este permanecerá apagado luego de que se restablezca la energía hasta que se presione el interruptor de encendido /apagado o se cierre el interruptor remoto, [16].

Ubicación e instalación.

El secador no debe estar ubicado en un lugar en donde la temperatura ambiente pueda superar los 45°C o ser menor que 10°C. El secador se debe ubicar en un lugar que proporcione la separación suficiente de las paredes y de otro equipo, para permitir un fácil acceso para realizar los mantenimientos.

En instalaciones que tengan velocidad de flujo relativamente estable, el secador s conecta de manera normal después del receptor de aire. Si las cargas tienen una gran fluctuación, el secador se debe colocar adelante del receptor y es necesario tener la suficiente capacidad de almacenamiento descendente para evitar que haya un flujo de aire excesivo por el secador.

Cuando se instala después de cualquier compresor que provoque vibraciones significativas o impulsos de aire, se deben de instalar los dispositivos de aislamiento de vibraciones y de amortiguación de pulsaciones para proteger el secador, [16].

Tuberías y Válvulas.

La figura 16, indica una disposición típica de las tuberías para un secador refrigerante, lo que incluye las derivaciones del secador y el filtro. Esta figura se puede usar como guía para la instalación de válvulas y accesorios en el sistema.

Los secadores de Ingersoll Rand vienen instalados de fábrica con una válvula de aislamiento de drenaje (D). La válvula de aislamiento del drenaje permite el mantenimiento del drenaje automático sin aislar el flujo de aire del secador. Para hacer funcionar el secador, se deben cerrar todas las válvulas que se muestran en la figura 16, excepto las válvulas (B), (C) y (D). La válvula (A) se usa para propósitos de derivación y la válvula (E) es para propósitos de prueba y drenaje manual, [16].



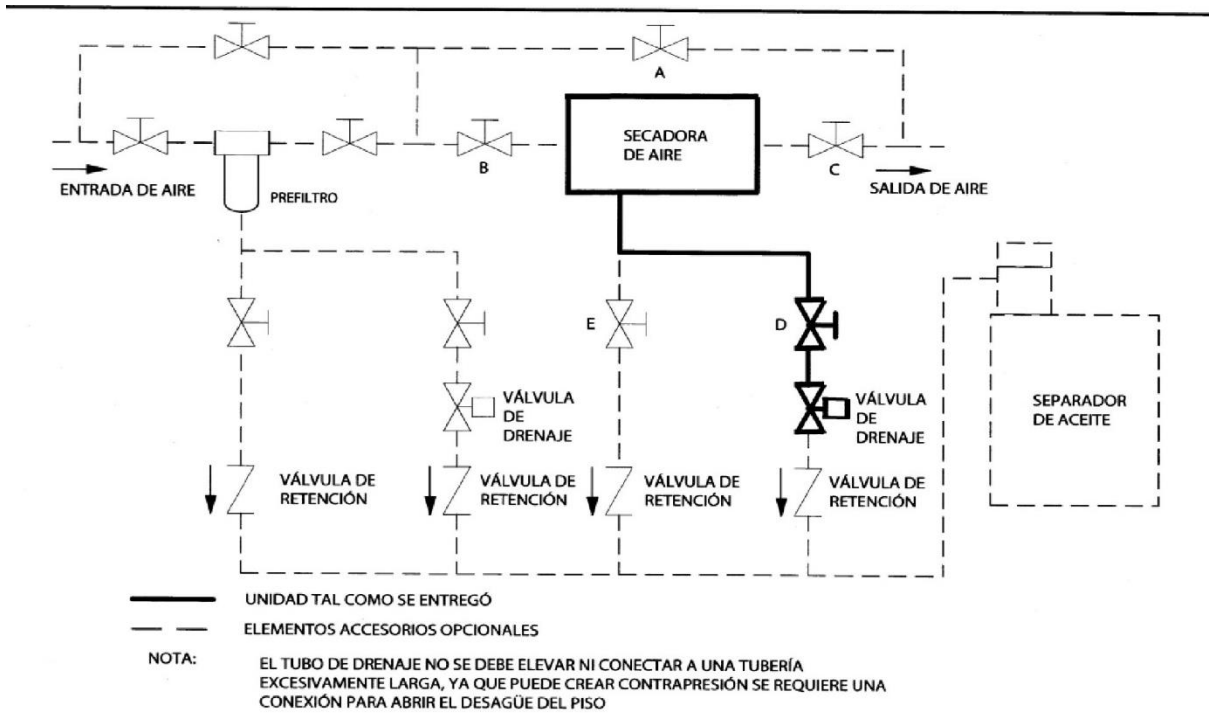


Figura 16.-Disposición típica de tuberías, [16].

Conexión eléctrica.

El equipo se encuentra disponible en varias configuraciones eléctricas. En este caso, está conectado a una red trifásica de 440 VAC. Ver figura 13, [16].

Secuencia de puesta en marcha.

Encienda el secador, se encenderá el panel LCD, el retardo del ciclo corto comenzará con la cuenta regresiva.

Ponga en marcha el secador usando uno de los siguientes métodos, dependiendo de la configuración del modo de inicio: Modo manual o modo de reinicio automático, [16].

Observaciones para la puesta en marcha.

Durante la puesta en marcha, se deben de respetar las siguientes condiciones:

El indicador de presión de succión bajará normalmente a entre 76 y 85 psig. La válvula circulación de gas caliente puede necesitar un ajuste al principio.

La presión de descarga del refrigerante variará con la temperatura ambiente.

Se encenderá la luz de “encendido”.

Se encenderá la alarma de “temperatura alta”. El termostato de esta alarma muestra el aire comprimido refrigerado. Poco después de haber introducido el flujo, se apagará la luz de “temperatura alta”.

Después de un tiempo suficiente, el flujo de aire puede ser introducido lentamente al secador, [16].

Mantenimiento programado.

Los secadores de aire refrigerante Ingersoll Rand requieren poco mantenimiento. Estos secadores utilizan compresores sellados herméticamente que no requieren ningún tipo de lubricación. Los motores del ventilador requieren lubricación en ambos orificios de aceite cada seis meses, [16].

Condensador del refrigerante.

Para secadores estándar, se recomienda realizar inspecciones y limpiezas del condensador de manera regular. Los secadores de Ingersoll Rand pueden contar con un filtro de aire diseñado para proteger al condensador de la suciedad y las impurezas que se pueden acumular en el condensador. Para mantener limpio este filtro es necesario revisarlo de manera regular. Se recomienda el reemplazo anual de este filtro. Para lugares donde el secador este expuesto e a un ambiente sucio es recomendable revisarlo y limpiarlo con más frecuencia, [16].

Sistema de descarga condensada.

Regularmente este sistema se debe revisar cada mes, debe comprobarse el correcto funcionamiento del drenaje, periódicamente debe retirarse el drenaje y limpiarse para asegurarse de que no queden restos del material en el sistema. Estos equipos están equipados con una válvula de aislamiento del drenaje, que permite que las válvulas sean limpiadas durante la operación de secado una vez que la válvula de aislamiento sea cerrada manualmente. La válvula de drenaje se encuentra cerca de la válvula solenoide, ver figura 16, [16].



Instrucciones de limpieza-drenaje solenoide (ver figura 17).

Asegúrese de que el secador esté despresurizado y la válvula de aislamiento cerrada.

Desconecte el cuerpo de drenaje.

Afloje el tornillo del conector para poder quitar el conector eléctrico.

Retire la tuerca del retenedor y separe el cuerpo de la válvula del solenoide.

Desmunte el conjunto del tubo del desatascador en el sentido contrario a las manecillas del reloj hasta separarlo del cuerpo de válvula.

Limpie con agua y con jabón la arandela biselada, la junta de la rosca y el colador.

Vuelva a montar todos los componentes de drenaje una vez que estén limpios y revisados.

Vuelva a montar la válvula e instálela, revise que funcione correctamente, [16].

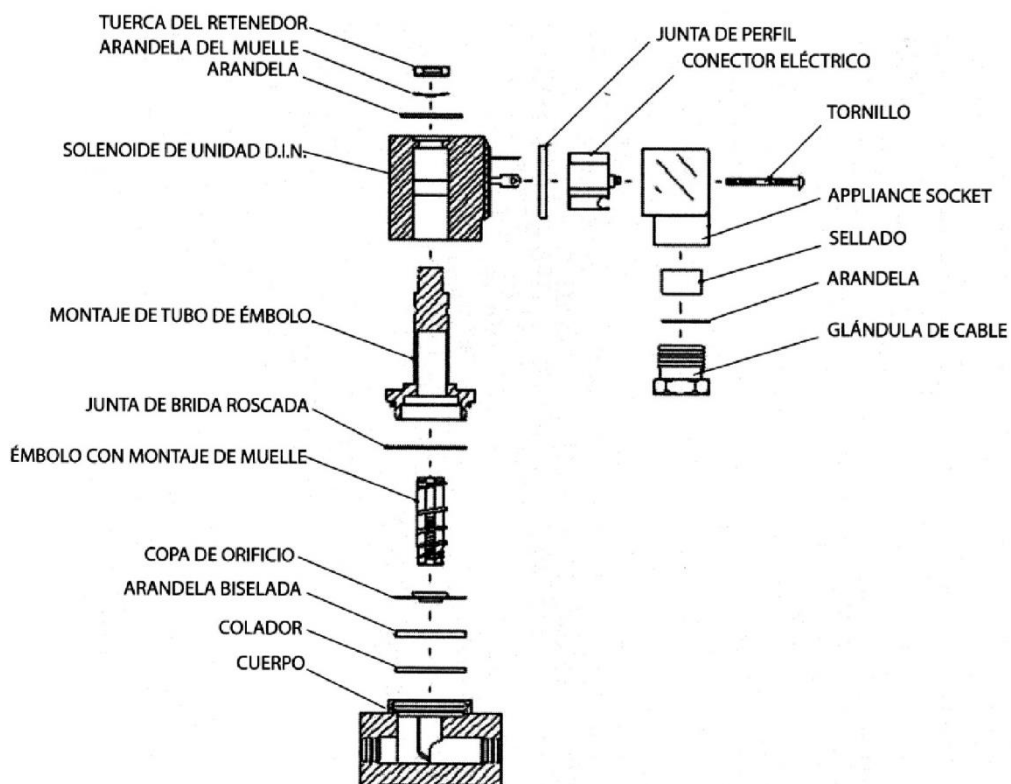


Figura 17.-Detalle de la válvula de drenaje, [16].

Elemento del filtro del panel.

Se recomienda el reemplazo anual del elemento de filtro del panel. Para reemplazarlo retire el filtro tirándolo hacia arriba de sus ranuras y luego ajuste el nuevo elemento, [16].

Localización de fallas.

Los secadores Ingersoll rand están diseñados para proporcionar un funcionamiento confiable y sin problemas. En el caso de que se produzca una falla, tenemos esta guía para la identificación de problemas y medidas correctivas. Ver tabla 4,5, [16].

Guía de fallas/medidas.

Tabla 4.-Localización de fallas y medidas, [16].

Problema	Síntomas	Causa probable	Medida correctiva
Existe humedad descendente	El secador enfría correctamente el flujo de aire (revise la temperatura del refrigerador en el controlador)	Fallo del drenaje	Reemplace drain
		Flujo excesivo	Revise la presión de entrada y salida y la capacidad de diseño del sistema.
		La válvula de derivación del secador no está cerrada	Cierre la válvula de derivación
		No hay alimentación de energía	Revise el suministro de energía
	La temperatura de entrada y salida son las mismas.	Alta presión de succión	Revise y limpie el condensador
		Filtración del refrigerante	Revise el manómetro de succión si la lectura es de 0 psi, apague el equipo
		No funciona el compresor y funciona el ventilador	Revise y limpie el condensador Verifique la temperatura ambiente y redúzcala a menos 113°F.
Existe humedad descendente	Las temperaturas de entrada y salida son las mismas	El compresor y el ventilador no funcionan	Verifique intercambiador Revise el fusible de control principal. Ver figura 21.
		El compresor y el ventilador no funcionan. El controlador indica que el compresor este encendido	El relé del compresor puede estar dañado Compruebe que no haya conexiones de cables sueltas en el contactor o perdida de energía en el tablero. Ver figura 21.
			Tarjeta de control defectuosa. Ver figura 18.



Tabla 5.-Localización de fallas y medidas, [16].

Problema	Síntomas	Causa posible	Medida correctiva
La pantalla del controlador aparentemente funciona bien.	Pantalla en blanco.	Fusible dañado.	Revise los fusibles. Ver figura 21.
		Falla del tablero de control.	Comunicarse con proveedor. Ver figura 18.
	Se muestra una temperatura poco creíble.	Sonda suelta o sonda defectuosa.	Inspeccione el cable de la sonda y la conexión del terminal. Ver figura 19.
	Las lecturas son erráticas o imprecisas.	La sonda no se encuentra completamente en el pozo térmico.	Inspeccione la sonda y verifique las lecturas comparándolas con una fuente independiente.
Sonda defectuosa.		Reemplace la sonda. Ver figura 19.	
Caída en la alta presión del secador.	La presión de salida es más baja que la presión de entrada. La temperatura de funcionamiento del sistema es mayor que 32°F.	Las válvulas de entrada y salida no están completamente abiertas.	Abra las válvulas
		Los filtros de entrada y salida están bloqueados.	Cambie los elementos del filtro
	La presión de salida es más baja que la presión de entrada. La temperatura del funcionamiento del sistema es menor que 32°F.	El relé/contactador del compresor está atascado	Reemplace el relé /contactador. Ver figura 21.
		El relé del control del microprocesador está dañado	Reemplace el relé. Ver figura 20.
	La sonda no se encuentra correctamente instalada.	Inspeccione la sonda. Ver figura 19.	
	Persiste el problema.	Apague el secador y comuníquese con el proveedor.	
No se activa el drenaje del condensado.	El diámetro interno de entrada/salida es demasiado pequeño lo que provoca que se bloquee el aire o hay contrapresión.	Reemplácela con una tubería de mayor diámetro.	
		Uso excesivo de curvas en las tuberías de entrada/salida produce bloqueo del aire/contrapresión.	Reduzca la cantidad de curvas.
	La tubería es demasiado larga.	Vuelva a configurar la tubería de condensado.	
	Más de una fuente de condensado está conectada.	Cambie la ruta de condensado.	



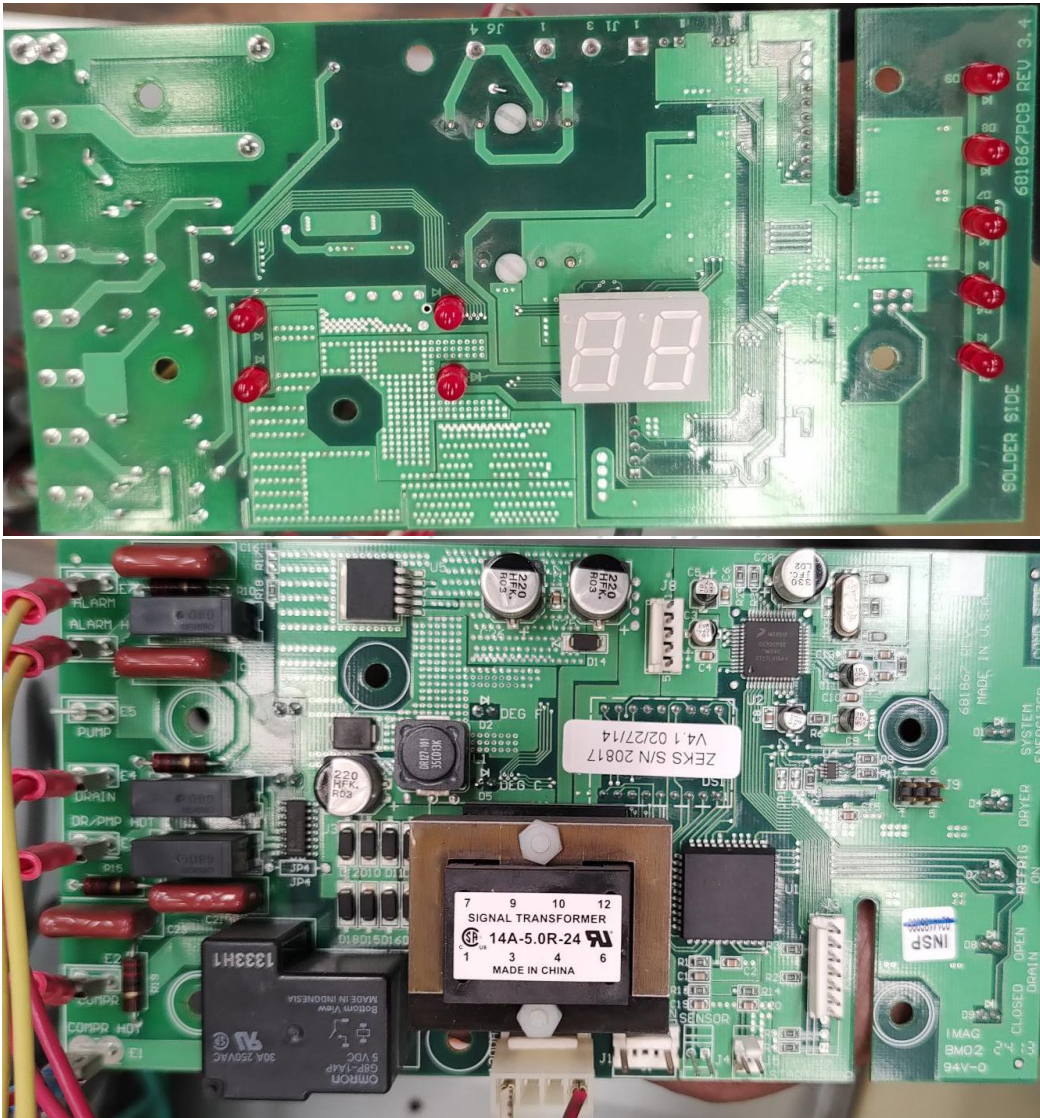


Figura 18.-Tarjeta de control de secador vista frontal y posterior.



Figura 19.-Ubicación sensor de temperatura.

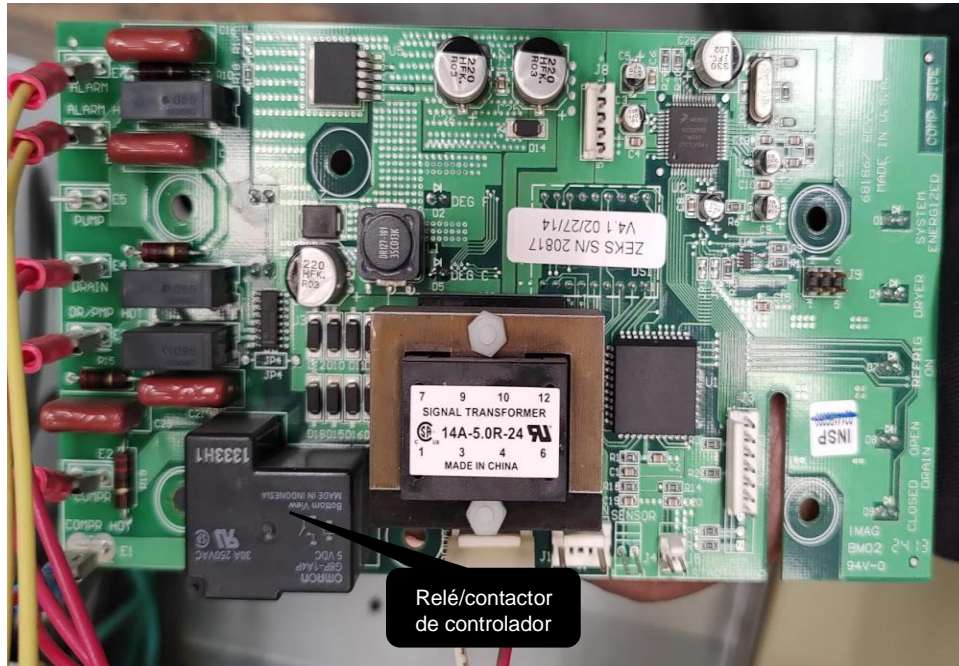


Figura 20.-Ubicación de relé de controlador

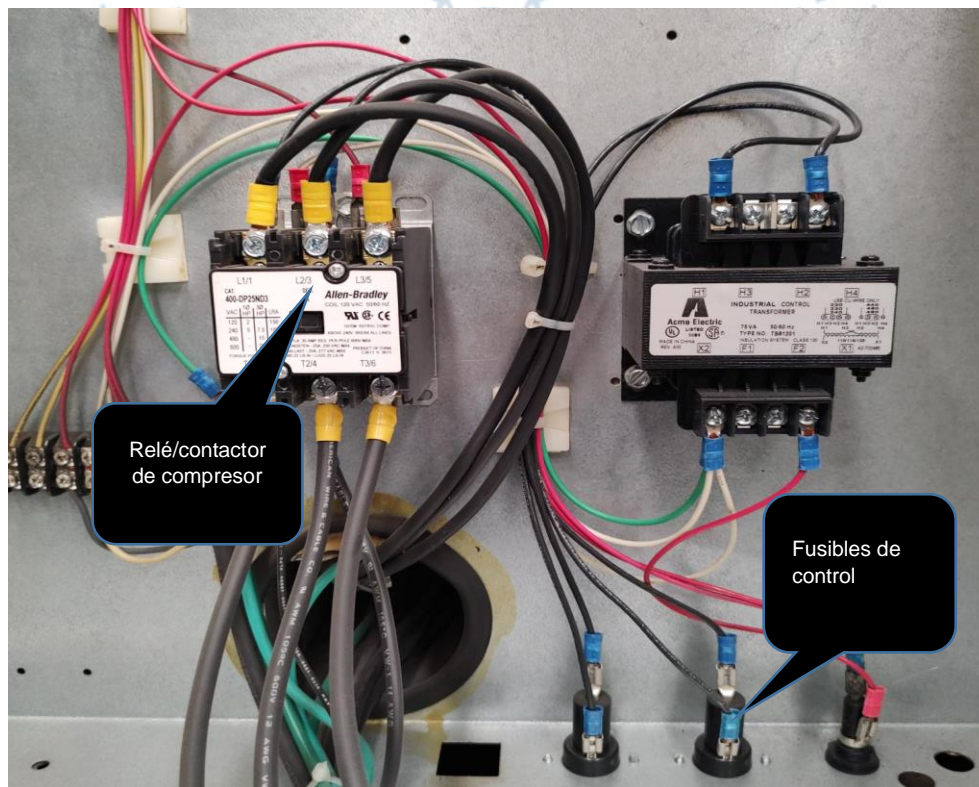


Figura 21.-Contactador de compresor y fusibles control.

Sistemas neumáticos antes de la propuesta, [1].

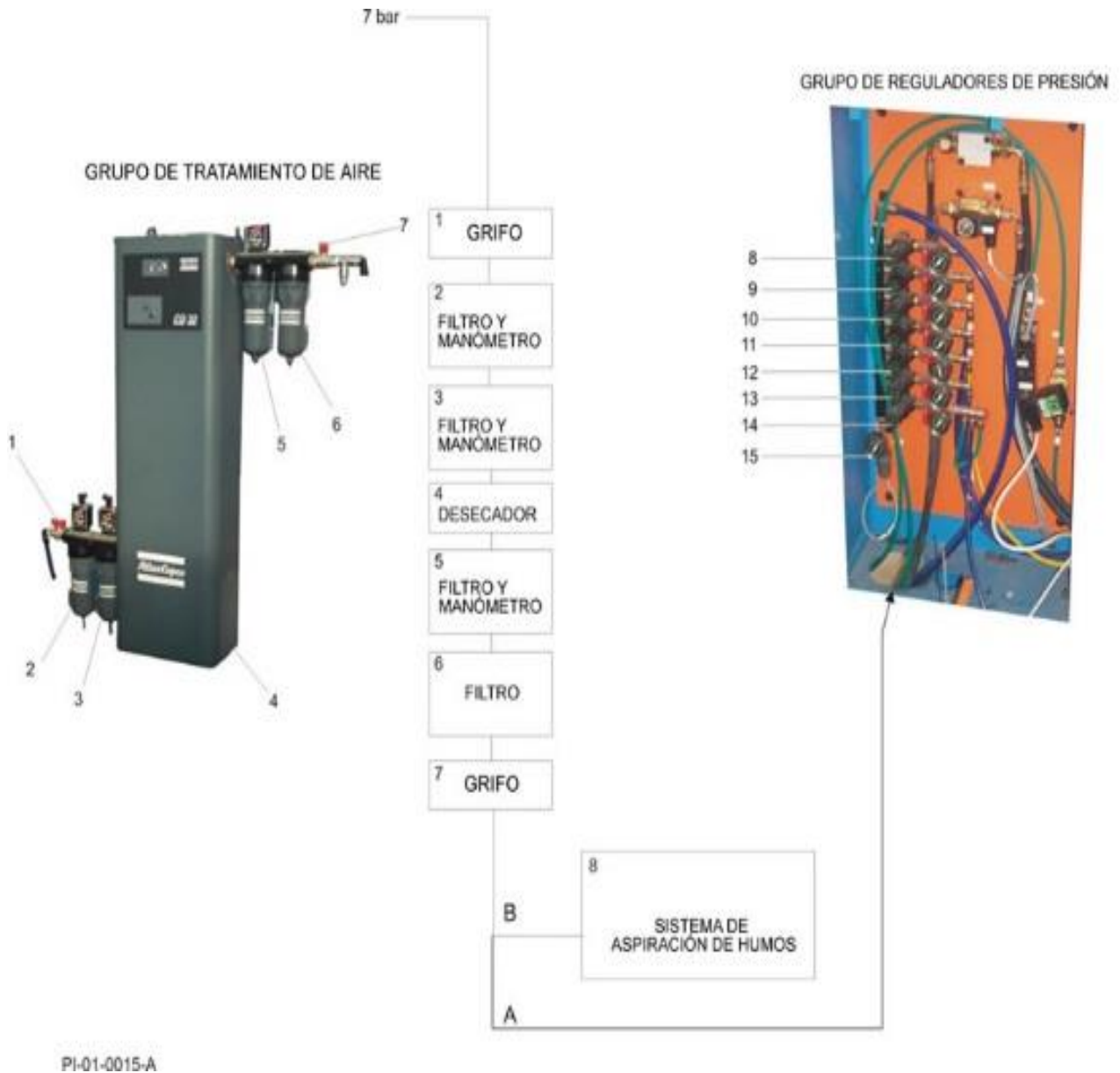


Figura 22.-Sistema neumático sin secador.

En la figura 22 y 23 podemos ver el sistema neumático antes de implementar la propuesta de mejora donde el aire comprimido llega directamente al desecador, [1].



En la figura 23 podemos apreciar el diagrama a bloques del sistema neumático, antes de realizar la propuesta de mejora, [1].

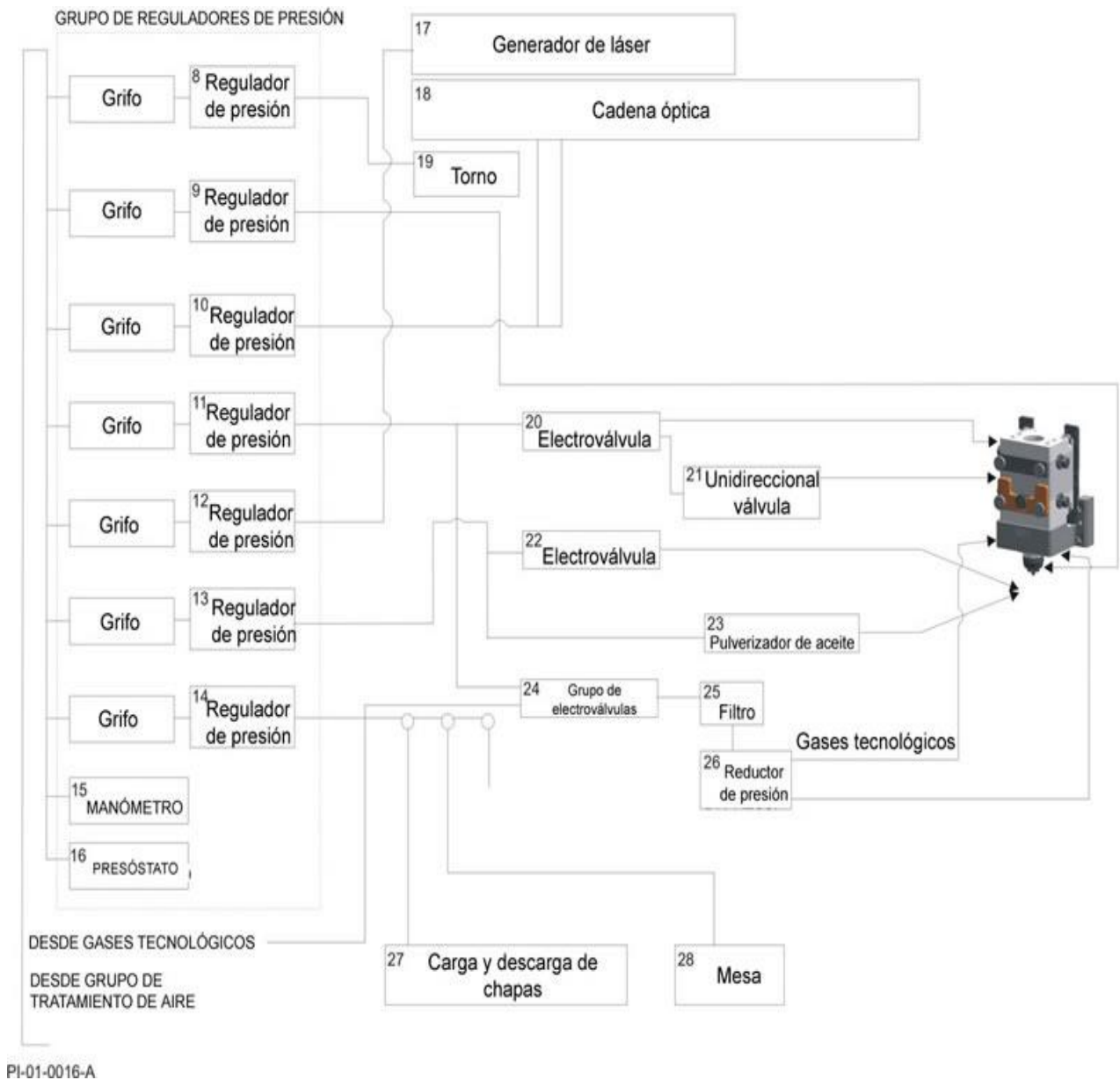


Figura 23.-Diagrama a bloques del sistema neumático, [1].

Resultados del sistema neumático con la propuesta implementada.

En la figura 24 y 25 podemos ver el sistema neumático con la propuesta de mejora implementada, se instaló antes del desecador de aire, con esta mejora eliminamos por completo la condensación en todo el sistema neumático, para ser más precisos en la cadena óptica que era donde se presentaba el problema de condensación.

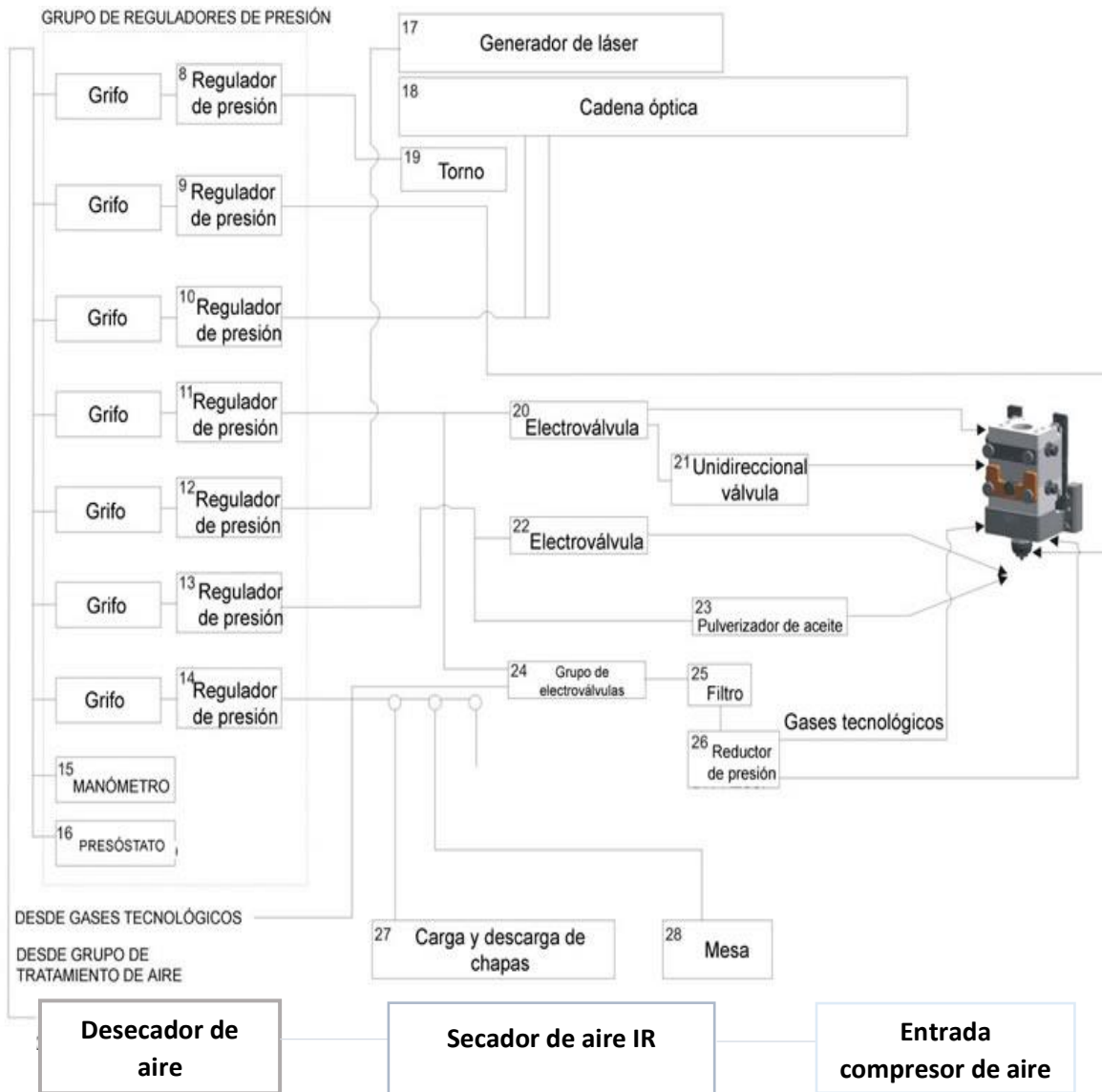


Figura 24.-Diagrama a bloques sistema neumático con la implementación de la propuesta.



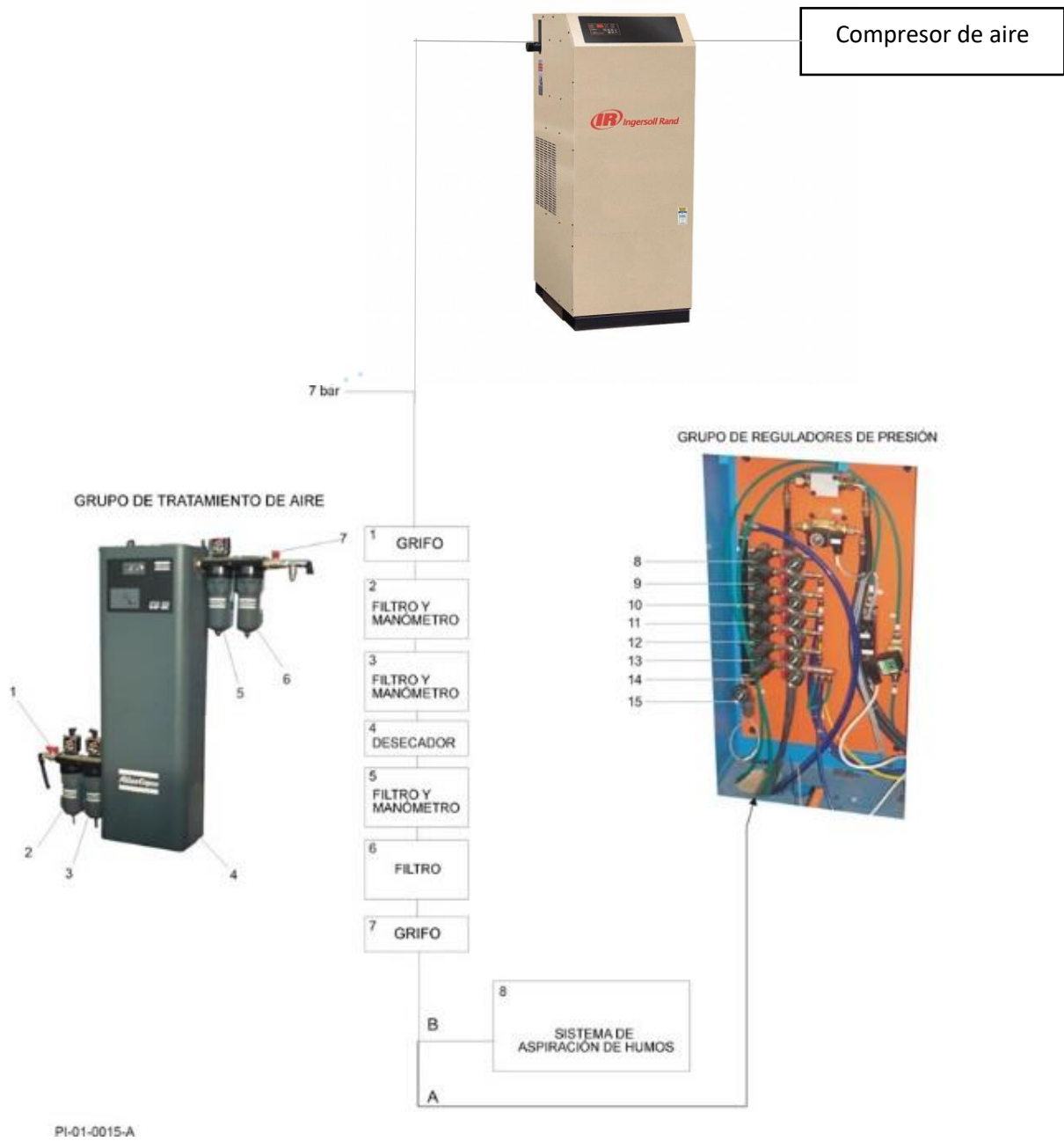


Figura 25.-Sistema neumático con propuesta implementada.



3.7 Conclusiones propuestas implementada.

Tomando en cuenta que los paros por mantenimiento correctivo eran muy frecuentes se toma la decisión de colocar un secador de aire, con las especificaciones requeridas por el equipo. Con esta mejora se logra eliminar la falla por completo.

Los resultados después de implementar la estrategia de mejora, en la cortadora Laser Platino 2040 HS, se pueden observar en la figura 26, donde se ve el estado de los espejos libres de condensación y suciedad, derivado de esta mejora, los tiempo de paros correctivos se redujo significativamente, y los períodos de mantenimiento preventivo fueron reprogramados en períodos de 3 meses cuando se estaban realizando cada semana, con esta mejora se logra regresar al corte de placa con una calidad muy buena y se logra incrementar la producción en dicho equipo.

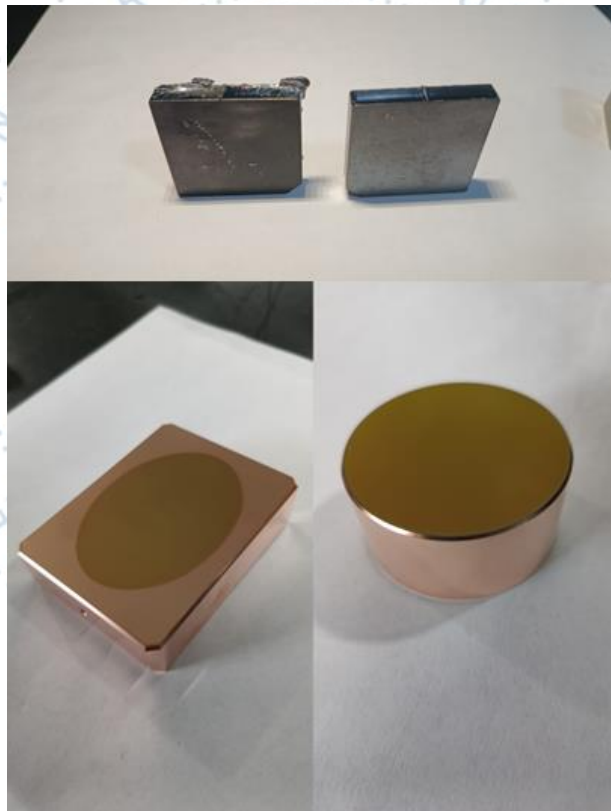


Figura 26.- Estado de espejos y calidad en el corte con mejora implementada.

Capítulo 4.- Sistema de enfriamiento de la cortadora Laser Platino 2040 HS CP4000.

Este equipo consta de 2 sistemas de refrigeración, un sistema es el que enfría el resonador (fuente del láser), ver figura 28, y el otro sistema es el que se encarga de enfriar los espejos de la cadena óptica, ver figura 27, este sistema de enfriamiento de la cadena óptica presentaba fallas muy continuas en este equipo, el equipo que venía con la máquina originalmente, presentaba muchos problemas en la bomba de refrigerante que se encargaba de recircular el refrigerante por dicha cadena, esto ocasionaba que el sensor de flujo no detectara flujo de refrigerante, provocando que el sistema se protegiera apagando el resonador, [1].

El sistema de agua de refrigeración (chiller) del resonador (fuente láser), se utiliza para enfriar los espejos de la fuente láser, la capacidad total del depósito de refrigerante es de 70 lts, el agua que se carga en el chiller debe ser 70 % de agua desmineralizada y 30% de aditivo anticorrosión (etilenglicol) ver figura 27, [1] [17].

El sistema de agua de refrigeración de la cadena óptica es el que se utiliza para enfriar los espejos de la cadena óptica, la capacidad total del depósito es de 10 lts, y la mezcla es 70 % agua desmineralizada y 30% de etilenglicol ver figura 25, [1] [17].

Definición de monoetilenglicol.

El monoetilenglicol proviene del etilenglicol, compuesto químico perteneciente al grupo de los glicoles. Es poco volátil, generalmente es usado como anticongelante en los circuitos de refrigeración de motores de combustión interna, como difusor de calor. El monoetilenglicol es un líquido transparente, higroscópico y prácticamente inodoro.





Figura 27.-Sistema de enfriamiento de la cadena óptica, [1].



Figura 28.-Sistema de enfriamiento Resonador, [1].



4.1 Definición de sistema de enfriamiento industrial (Chiller).

El chiller es un refrigerador de líquido, que, como en un sistema de expansión directa, calienta o enfría mediante el intercambio térmico. Las enfriadoras industriales (chiller) pueden no estar directamente relacionados con el aire comprimido, pero cumplen una función igualmente importante: mover el calor de un lugar a otro para proteger los equipos. Aunque no están directamente relacionadas con el aire comprimido, son un tipo de equipo industrial especialmente diseñado para hacer circular agua de enfriamiento (o una mezcla de agua y glicol) a través del equipo de proceso. Un chiller generalmente consta de un sistema de bombeo, encargado de hacer circular agua fría de la enfriadora al proceso, este líquido extrae el calor del proceso, desde allí, el líquido (ahora caliente, ya que ha absorbido algo de energía procedente del proceso) vuelve a la enfriadora, así el ciclo se inicia de nuevo. Los *chiller* tienen como características principales: Mantener el líquido refrigerado cuando está en función de frío. Mantener el líquido calentado cuando está en función de bomba de calor. Las partes que componen un chiller son, [17] [18]:

Compresor. - Una vez que el refrigerante se evapora por completo convirtiéndose en un gas frío, vuelve al compresor, donde aumenta su presión y temperatura, eleva la presión del fluido refrigerante para la continuidad del sistema, [17] [18].

Condensador. - El gas refrigerante, una vez comprimido, fluye desde el compresor a un condensador. El condensador transfiere el calor de compresión y la energía absorbida del agua de refrigeración del proceso al ambiente. La eliminación de esta cantidad de temperatura del refrigerante convierte el vapor de nuevo en líquido. Al condensar el vapor en líquido extrae el calor del fluido, es un serpentín de cobre con laminillas de aluminio a modo de disipadores de calor, [17] [18].

Evaporador. - El refrigerante a baja temperatura y presión pasa por el evaporador y este absorbe el calor, es un intercambiador de calor como el condensador, mejora el proceso de enfriamiento con entrada y salida de agua, también por ahí entra el agua para el proceso, [17] [18].

Válvula de expansión. -Permite el paso del líquido de alta a baja presión en una mezcla de líquido vapor para su total evaporación en el evaporador y completa el ciclo, [17] [18].

Los beneficios de usar este sistema de enfriamiento es proporcionar un control de temperatura preciso para sus procesos, un ejemplo de esto es la industria alimentaria, que requiere un grado muy alto de precisión en la temperatura para garantizar la integridad de un producto, otro ejemplo es el moldeo por inyección de plástico, que requiere que se mantengan límites de temperatura precisos para evitar fisuras y deformaciones, [17] [18].

Un segundo beneficio es eliminar el exceso de calor. Si no se elimina, se seguiría acumulando e incrementando, para evitar problemas como paradas, reducción de tiempos de producción y fallos en los equipos, es esencial eliminar dicho calor. Un tercer beneficio es la disminución del consumo del agua. En lugar de un sistema de paso único, la enfriadora recircula el agua de refrigeración, esa recirculación minimiza el impacto ambiental y el costo del consumo de agua, [17] [18].



Partes que componen un chiller (Ver figura 29).

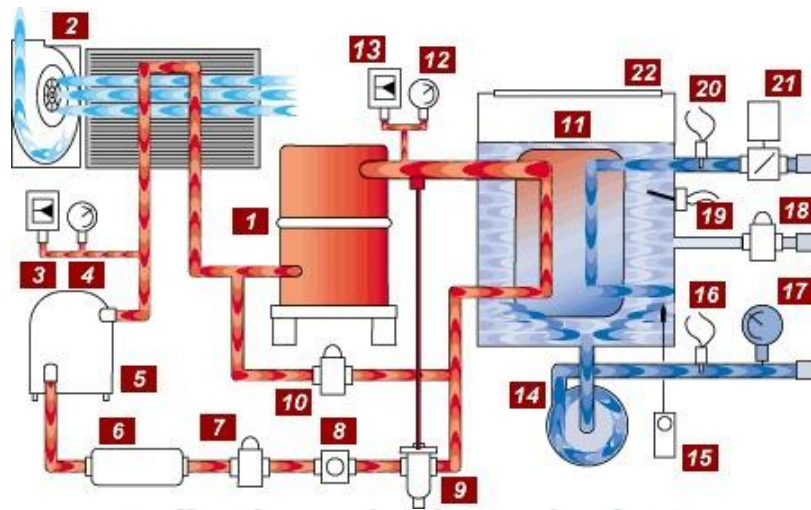


Figura 29.-Partes que componen un chiller, [17] [18].

- | | |
|--|---|
| 1.- Compresor | 17.-Manómetro de refrigerante. |
| 2.- Condensador | 18.-Solenoides. |
| 3.- Límite de alta presión | 19.- Interruptor flotador nivel depósito. |
| 4.- Manómetro de presión alta | 20.-Sonda del sensor de proceso. |
| 5.- Receptor de líquido | 21.-Interruptor de flujo del evaporador. |
| 6.- Filtro Secador | 22.-Deposito. |
| 7.- Solenoides de línea de líquido | |
| 8.- Vista de refrigerante | |
| 9.- Válvula de expansión | |
| 10.- Válvula de derivación de gas caliente | |
| 11.- Evaporador | |
| 12.-Indicador en baja presión | |
| 13.- Límite de presión baja | |
| 14.- Bomba de refrigerante | |
| 15.- Límite de Freezestat | |
| 16.- Sonda del sensor. | |

Funcionamiento de las partes de un chiller.

El compresor tiene dos funciones en el ciclo refrigerante. Primero, elimina el vapor de refrigerante del evaporador y reduce la presión en el evaporador hasta un punto donde se puede mantener la temperatura de evaporación deseada, [17] [18].

Segundo, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto para que la temperatura sea más alta que la temperatura del medio de enfriamiento disponible para condensarse en el vapor del refrigerante, ver figura 28, [17] [18].

El condensador refrigerado por aire es un intercambiador de calor donde el calor del proceso absorbido por el refrigerante se desprende al aire a su alrededor. Como el calor es emitido por el vapor de alta temperatura y presión, su temperatura disminuye hasta que el vapor se condensa en un líquido. Un ventilador centrífugo o ventiladores accionados por motor generan flujo de aire a través del condensador ver figura 29, [17] [18].

Límite de alta presión, manómetro de alta presión, protegen el sistema contra la presión excesiva y nos da la indicación visual de la presión de condensación del refrigerante ver figura 29, [17] [18].

Receptor de líquido, mantiene la carga del refrigerante del sistema durante el servicio, evita entonces un golpe de líquido al compresor, ver figura 29, [17] [18].

Filtro secador, este filtro elimina la humedad, la suciedad y otros materiales extraños del refrigerante que dañarán los componentes del sistema y reducirán la eficiencia, ver figura 29, [17] [18].

Solenoide de línea de líquido, es una válvula de control de flujo de refrigerante controlada eléctricamente que se cierra cuando el compresor se detiene. Esto evita que el refrigerante líquido migre del evaporador y provoque golpes de líquido cuando el compresor vuelve a arrancar. El golpeteo de líquidos puede causar daños severos al compresor. La válvula se abre cuando el compresor este encendido, ver figura 29, [17] [18].

Vista de refrigerante, un indicador verde indica que no hay contenido de humedad, un indicador amarillo indica que el sistema está contaminado con humedad y requiere servicio ver figura 29, [17] [18].

Válvula de expansión, proporciona la cantidad correcta de refrigerante a la bobina del evaporador para una refrigeración adecuada, ver figura 29, [17] [18].

Válvula de derivación de gas caliente, evita ciclos cortos del compresor al modular la capacidad de este. Cuando se activa, la válvula se abre y permite que el gas refrigerante caliente ingrese a la corriente de refrigerante que ingresa al evaporador, esto reduce la capacidad efectiva del sistema, ver figura 29, [17] [18].

Evaporador, es el dispositivo en el cual el refrigerante líquido hierve, evapora el líquido, enfriando el fluido en un intercambio termodinámico, ver figura 29, [17] [18].

Indicador visual del refrigerante en baja presión y límite de presión de refrigerante bajo, protege el sistema contra la baja de presión en el circuito de refrigerante ver figura 29, [17] [18].

La bomba del refrigerante hace circular el fluido refrigerado a través del circuito de proceso, ver figura 29, [17] [18].

El *freesstat*, ayuda a proteger el evaporador de posibles congelaciones, apaga el ventilador, esta es una opción en la mayoría de los modelos, ver figura 29, [17] [18].

Las decisiones de control se toman en función de la temperatura del refrigerante de proceso con la sonda del sensor y el manómetro es para monitorear la presión del refrigerante suministrada al proceso ver figura 29, [17] [18].

Si el nivel del agua cae por debajo del nivel adecuado, el interruptor de flotador activa la válvula de solenoide de rellenado de agua para volver a llenar el tanque a nivel adecuado, ver figura 29, [17] [18].



La sonda del sensor de proceso se coloca en la corriente de flujo de refrigerante que regresa del proceso el interruptor de flujo del evaporador protege el sistema de condiciones de bajo flujo de refrigerante que pueden causar problemas de operación del sistema y daños, ver figura 29, [17] [18].

El depósito de refrigerante se selecciona para tener el volumen adecuado para soportar los requisitos de flujo de la enfriadora, el depósito no está presurizado, lo que favorece la separación de aire y los flujos de procesos elevados, ver figura 29, [17] [18].

Mantenimiento preventivo.

Inspección visual, detección de componentes dañados, fugas de refrigerante, limpieza de condensadores, vibraciones en compresor (tornillería de sujeción), aislantes térmicos, caída de presión, protecciones en conexiones, resistencias calefactoras de aceite, pruebas de refrigerante, presiones de aceite en compresores, inspección de secuencias de control, verificar conexiones eléctricas, contactores, detalles de pintura, pruebas de acidez en aceite del compresor ver tabla 6. [18].

Tabla 6.-Posibles soluciones a fallas en el equipo.

SÍNTOMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
EL COMPRESOR PARA SIN RAZÓN (LUZ DE ALARMA ENCENDIDA)	Falla en el sistema de control	Contacte al fabricante
	Compresor con posible defecto	
RUIDO Y VIBRACIÓN	Suciedad o polvo en el motor y ventilador	Limpieza del motor ventilador
	Compresor ruidoso	Verificar la instalación del equipo
	Vibración y ruido provocado por paredes o base de montaje	
EL MOTOVENTILADOR SE PROTEGE	Circuito eléctrico incorrecto	Verificar el circuito y reparar si es necesario
	Relay de arranque sobrecalentado	Desconectar
INSUFICIENTE CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO	Compresor con posible defecto	Contactar al fabricante
	Contaminación en el sistema hidráulico	Limpiar el sistema hidráulico
	Condensador obstruido o sucio	Limpiar la pieza
	Poca carga de refrigerante	Verificar fugas, reparar y cargar refrigerante
LA BOMBA DE AGUA NO ARRANCA	No hay energía	Verifique la energía
	Motor de la bomba con posible defecto	Verificar la bomba de agua
	Bomba con posible defecto	Cambiar la bomba si es necesario
FALLA EN LA CIRCULACIÓN DE AGUA	Aire en el sistema hidráulico	Eliminar el aire (purgar el sistema)
	Intercambiador de calor sucio u obstruido	Limpiar el intercambiador
EL EQUIPO NO ARRANCA	Falla en el interruptor de flujo de agua	Verificar el flujo de agua
	Falla en el interruptor de presión	Verificar la presión del sistema



4.2 Estrategia de mejora en el sistema de enfriamiento.

En este equipo como lo mencionamos anteriormente teníamos fallas frecuentes en el sistema de enfriamiento de la cadena óptica, ver figura 27, este sistema se encargaba de enfriar todos los espejos de dicha cadena, ver figura 31, 32, por lo que se determina utilizar el sistema de enfriamiento de la fuente láser, ver figura 28, y de este mismo tomar una derivación del *manifold* para que alimente el sistema de la cadena óptica, y a su vez eliminar el sistema de la cadena óptica.

Para esta estrategia utilizamos el chiller con las especificaciones mostradas en la figura 30, [1]. Este equipo está conectado a una red trifásica de 440 vac. Ver figura 33, [1]. Su capacidad de enfriamiento se de 12000 BTU/HR Ver figura 34, [1] [19].



Figura 30.-Especificaciones técnicas del chiller, [1].





Figura 31.-Sistema de enfriamiento de los espejos de la cadena óptica.

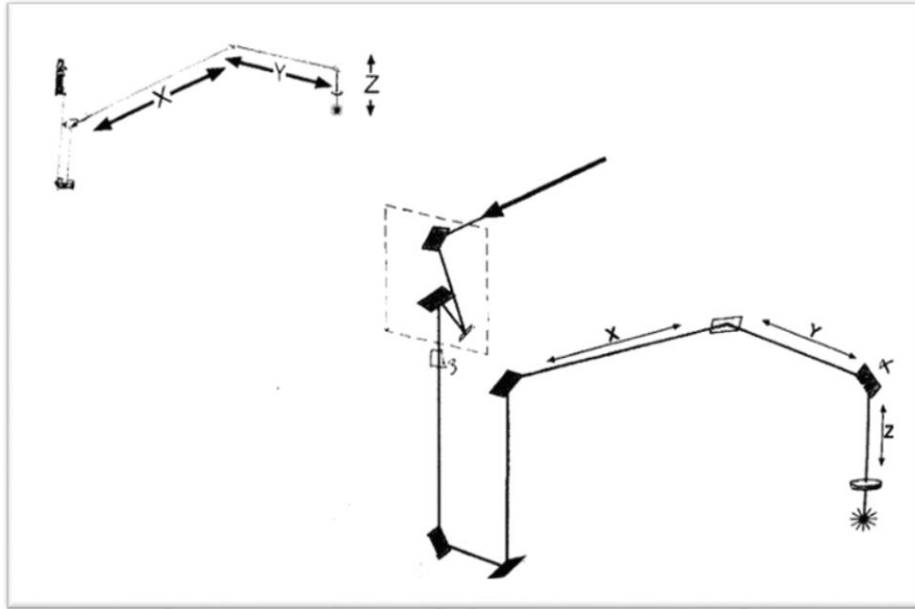


Figura 32.-Diagrama de flujo de la cadena óptica, [1].



Control de temperatura.

El control de temperatura de este sistema, en un controlador PXW-4 fabricado por *Fuji electric*, ver figura 35, consta de un termopar tipo K, el cuál es el que se encarga de monitorear la temperatura del líquido refrigerante, su *set point* de trabajo es de 12 °C a 15 °C, cuando el sistema llega a 15 °C arranca el sistema, y en 12 °C para el sistema, temperatura requerida por el equipo para su funcionamiento, en este controlador el único parámetro que podemos modificar es el de la temperatura, ya que en tiempos de calor bajamos 2 °C el *set point*, su voltaje de alimentación es de 100 a 240 vac. Ver figura 36, [19].

El termopar tipo K es un sensor de temperatura que suministra una señal de tensión eléctrica en función de la temperatura. Un termopar no mide directamente las temperaturas, sino la diferencia de temperatura entre el extremo caliente y el extremo frío. Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K, y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas (0 °C a 1317 °C) y bajo costo, [19] [20].

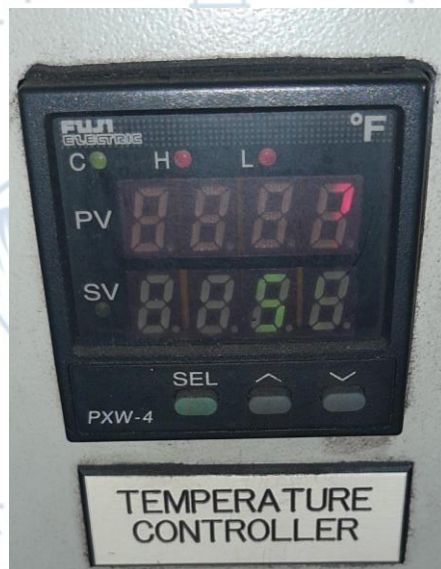


Figura 35.-Control de temperatura del sistema, [1].



Figura 36.-Diagrama de conexiones de control de temperatura, [1].

Medidas de seguridad para implementar la mejora.

Para implementar esta mejora se tenía que checar de donde tomaríamos la línea de entrada y retorno de refrigerante, por lo nos basamos en el diagrama de flujo del sistema de enfriamiento, ver figura 37, el cual nos indica la distribución de líneas de refrigerante y donde nos podemos conectar sin afectar el proceso.

Otro punto importante que se tiene que tomar en consideración es el sensor de flujo del sistema, ver figura 38, que monitorea los litros por minuto requerido por el equipo que debe ser ≥ 5.5 LPM, una lectura por debajo de este valor nos arrojaría una falla de flujo de agua provocando que el resonador se apague, [1].

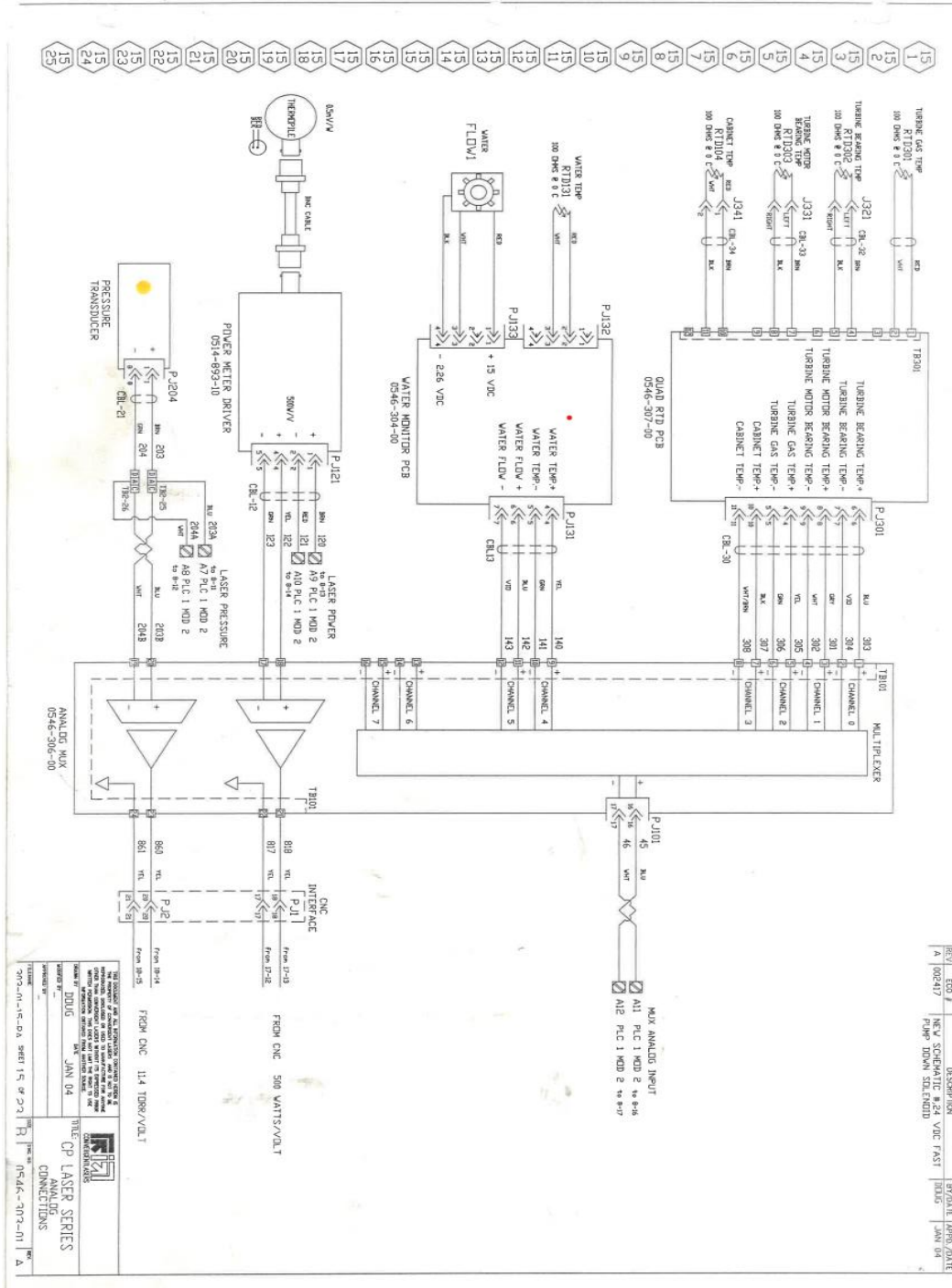


Figura 38.-Diagrama eléctrico sensor de flujo, [1].



Estrategia de mejora implementada.

En esta estrategia de mejora, lo que se hizo fue eliminar el sistema original que traía el equipo de fábrica, ver figura 27, tomando las conexiones de salida y retorno del refrigerante, del sistema original, tomando en cuenta que este sistema tiene un sensor de flujo de refrigerante, y si no se conectaba marcaría falla de flujo de refrigerante, nos conectamos del manifold del resonador ver figura 40, colocando mangueras de 8 mm con conectores tipo racor, ver figura 40, donde la manguera de color azul es la salida de refrigerante y la manguera roja es el retorno, el refrigerante como podemos ver en la especificaciones del equipo, ambos sistemas tienen las mismas características. Con esta mejora se eliminan las fallas recurrentes en el sistema de enfriamiento, teniendo como resultado el aumento en la producción de la cortadora laser. Con esta mejora los mantenimientos preventivos de este sistema se eliminan al no estar este equipo en funcionamiento ver figura 27.



Figura 39.-Conexiones tipo Racor.

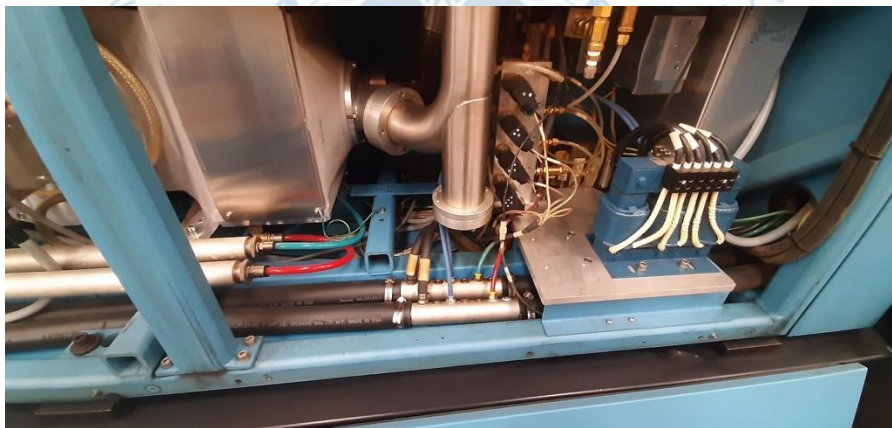


Figura 40.-Manifold sistema de conexiones sistema de enfriamiento.

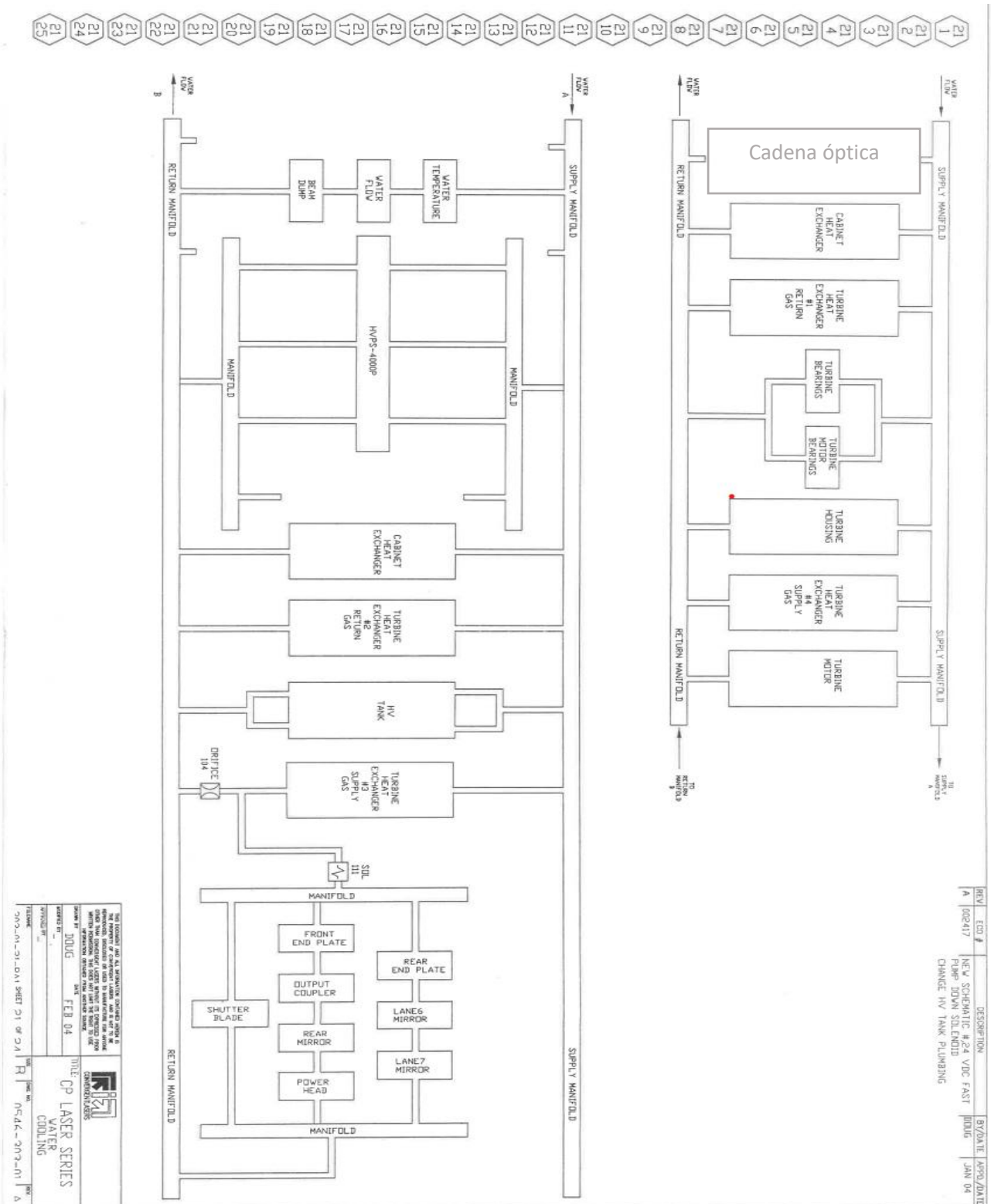


Figura 41.-Diagrama de flujo con bloque de cadena óptica adicionado.



Resultados de la implementación de la propuesta de mejora.

Al implementar esta mejora en el equipo, se tuvo que modificar el sistema de enfriamiento, ver figura 41, diagrama de flujo con modificación realizada, teniendo en cuenta en no alterar su funcionamiento el circuito de flujo del resonador. Los resultados son los esperados, los espejos de la cadena óptica se mantienen en la temperatura adecuada, reduciendo se desgaste por calentamiento y se elimina por completo el sistema de enfriamiento que venía originalmente con el equipo. El flujo de refrigerante se mantiene arriba de los 7 LPM, la temperatura del agua dentro del sistema se mantiene en 17 °C. Con esta mejora al eliminar este sistema, también eliminamos el mantenimiento preventivo programado y así usamos este tiempo en otra parte del equipo.



Capítulo 5.- Propuesta de mejora sistema de obturación.

5.1 Sistema de obturación (shutter beam).

La cortadora Láser Platino 2040 HS CP 4000 tiene un sistema de obturación, que desvía o no deja pasar el rayo cuando el equipo tiene activado el láser pero no está cortando, podemos decir un sistema de seguridad para el operador, este equipo presentaba fallas continuas en la apertura-cierre de este sistema, después de que se instala el secador la falla se presentaba ya no de la misma forma pero seguía de forma esporádica por lo se determina implementar una estrategia de mejora propuesta en este sistema de apertura-cierre, ver figura 42.

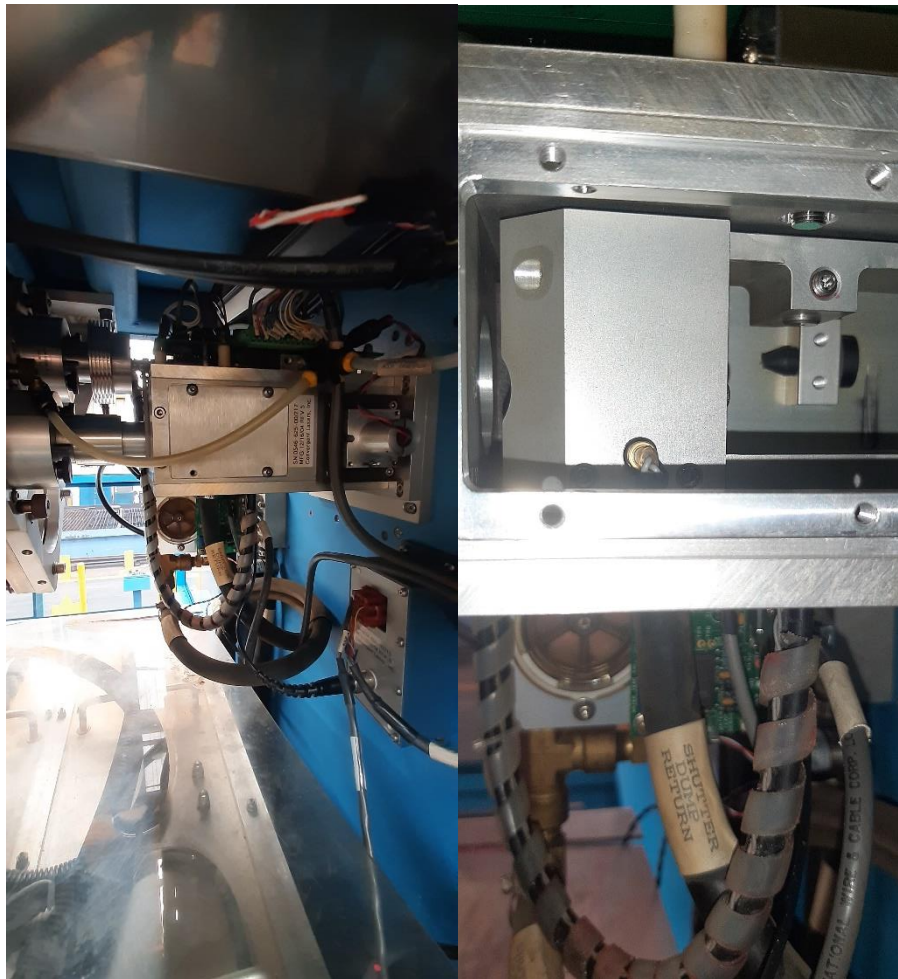


Figura 42.-Sistema de obturación Laser Platino.

Definición de sistema de obturación (shutter).

El obturador para láser de CO₂ sirve para bloquear o desbloquear externamente el rayo. Así, se permite o no su paso al circuito óptico, mediante un espejo interior el cual se acciona mediante un dispositivo electrónico, neumático o solenoide rotatorio. Una luz piloto, conectable a la unidad, le indicará si el rayo está bloqueado. Una vez bloqueado el haz es dirigido a un absorbedor interno montado en serie en la unidad. El shutter se refrigera mediante su conexión al circuito de agua del sistema, [21] [22].

Si en determinados momentos no se desea utilizar un rayo láser, en principio se puede apagar el láser. Sin embargo, esto no es práctico, los láseres de alta potencia suelen estar diseñados para funcionar de forma continua durante períodos más prolongados y necesitan tiempo para calentarse antes de alcanzar su máximo rendimiento. Por lo tanto, se utiliza un obturador para bloquear el haz cuando sea necesario, [21] [22].

Las contraventanas de haz normalmente interrumpen o liberan un haz colocando o retirando una lámina absorbente o reflectante, este proceso se puede controlar manualmente, pero es mejor un actuador electromecánico para operación controlada distancia y/o automática, por ejemplo, los obturadores de rayos suelen estar conectados a dispositivos de seguridad láser para evitar peligros causados por dicho láser, [21] [22].

En la cortadora laser platino 2040 HS, su sistema de obturación es movido por un sistema neumático, [1].

Los tiempos de conmutación son del orden de 10 ms, pero a veces muy por debajo de 1 ms. En aplicaciones de seguridad laser, a menudo no se requiere una conmutación especialmente rápida. Un aspecto más importante es la fiabilidad del bloqueo del haz, [21] [22].

En estado abierto, un obturador de haz no debería tener ningún efecto sobre el rayo láser, suponiendo que su apertura sea lo suficientemente grande para el rayo. En el estado cerrado toda la potencia del láser debe disiparse de forma segura sin provocar reflejos en el láser ni luz parásita, [21] [22].

Los obturadores suelen estar diseñados para soportar potencias laser sustanciales. Para láseres con potencia óptica moderada, un obturador de haz puede contener simplemente un absorbente robusto. Para niveles de potencia más altos puede contener un espejo móvil para dirigir el haz hacia un descargador de haz, que puede estar enfriado por ventilador o por agua. En algunos casos, debe haber un buen contacto con la placa sobre la que se monta el obturador. El sobrecalentamiento de un obturador al operarlo con una potencia óptica demasiado alta en el estado cerrado puede provocar daños permanentes o una falla temporal del mecanismo de cierre. En cualquier caso, un rayo láser con potencia óptica significativa no debe enviarse a un obturador de rayo con un radio de rayo demasiado pequeño, ya que de lo contrario se podría dañar el absorbente, [21] [22].

Definición de sensor de proximidad inductivo.

Para esta mejora se utilizaron sensores de proximidad inductivos. Un sensor de proximidad inductivo es aquel que detecta objetos de metal sin contacto ni desgaste. Para ello utiliza un campo electromagnético alterno de alta frecuencia que interactúa con el objeto, ver figura 43, características destacadas de los sensores son su elevada resistencia, gran fiabilidad, elevadas frecuencias de conmutación y su larga vida útil. Los sensores inductivos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como la industria de procesos, la industria automotriz y muchas otras. Estos sensores sustituyen a los interruptores de límite, microinterruptores y otros interruptores mecánicos, [23] [24].



Funcionamiento de un sensor de proximidad inductivo.

Un campo magnético de alta frecuencia es generado por la bobina en el circuito de oscilación. Cuando un objeto se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción electromagnética. Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de la corriente de inducción, lo cual provoca que la carga en el circuito de oscilación crezca. Entonces, la oscilación se atenúa o decrece. El sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante el circuito de detección de amplitud, y emite una señal de detección ver figura 43, [23] [24].

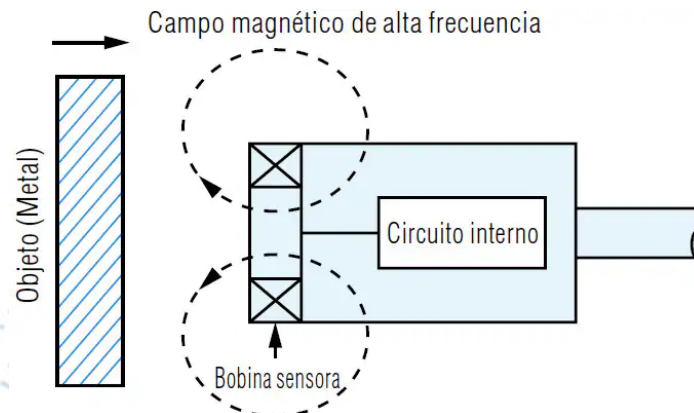


Figura 43.-Funcionamiento de un sensor inductivo.

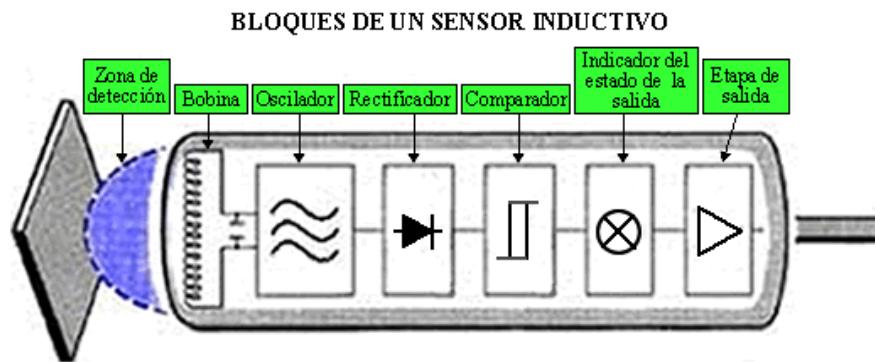


Figura 44.-Diagrama a bloques de un sensor inductivo.

Diagrama a bloques de un sensor de proximidad.

El principio básico consiste en conseguir el disparo de señal provocado en el comparador que detecta cambios entre la señal emitida por el oscilador y la señal detectada por el circuito de inducción al aproximarse a un cuerpo que provoque cambios en el campo magnético inicial generada por el oscilador. En realidad, al aproximar el campo magnético generado a un cuerpo metálico conductor, se generan a su vez una inducción eléctrica en dicho conductor. Esa tensión provoca la aparición de corrientes internas de Foucault que a su vez generan un campo inducido de respuesta al generado por el detector. El campo resultante es detectado en el comparador y ante un cambio desencadena el proceso de detección. Excitando de esa manera la etapa de salida, ver figura 44.

La etapa de salida consiste en una etapa transistorizada caracterizada por la activación de un transistor bipolar. Este transistor bipolar puede ser de dos tipos, PNP o NPN.

Las tensiones de trabajo de este tipo de sensores son 24 voltios en Corriente Continua. 24VDC. Y sus tipos de conexiones más habituales son a 3 hilos y a 2 hilos [25].

Sensor de proximidad PNP.

El sensor de proximidad PNP es un tipo de sensor utilizado en diversas industrias para detectar la presencia o ausencia de objetos sin contacto físico. Funciona según el principio de campos electromagnéticos y se usa comúnmente en sistemas de automatización y control. El sensor PNP de proximidad es conocido por su alta precisión y confiabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones como detección de objetos, detección de posición y control de nivel. Es fácil de instalar y requiere mantenimiento mínimo, por lo que es una opción popular en entornos industriales. Las siglas PNP significan positivo-negativo-positivo [25].



Figura 45.-Sensor de proximidad inductivo.

Diagrama eléctrico sensor de proximidad PNP.

Una salida PNP del sensor conecta la conexión de salida a la tensión de alimentación del sensor cuando se conmuta. La carga está conectada entre la salida PNP del sensor y la tierra L-. la tensión de alimentación va de los 10-30 VDC, ver figura 46.

Los sensores con salida PNP se suelen utilizar con más frecuencia para evitar cortocircuitos a tierra [25].

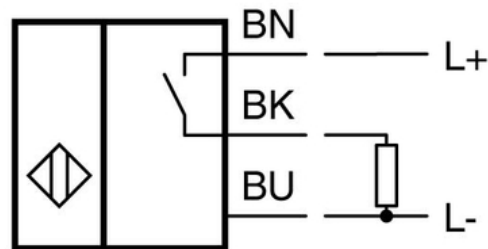


Figura 46.- Diagrama eléctrico sensor inductivo PNP.

Tipos de blindaje de sensores de proximidad.

Los sensores de proximidad tienen bobinas enrolladas en núcleos de ferrita, estos pueden ser blindados o no blindados. Los sensores no blindados tienen una mayor distancia de sensado [25].



Figura 47.- Sensor con blindaje.



Figura 48.- Sensor sin blindaje.

Electrónica del sensor inductivo [26].

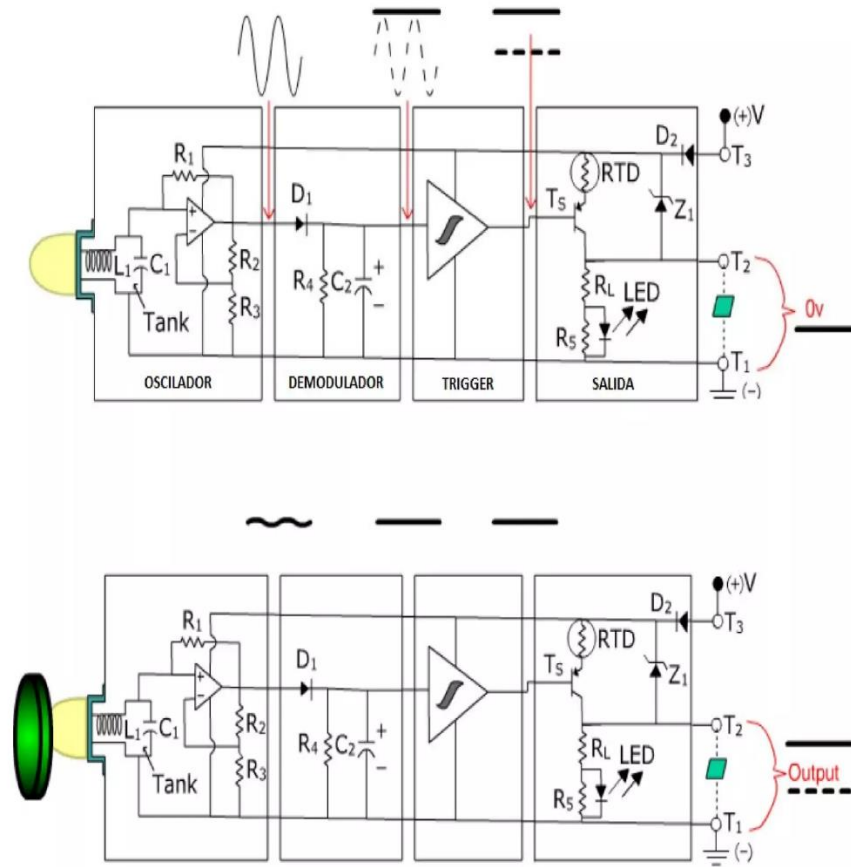


Figura 49.-Electrónica del sensor inductivo.



Principio de funcionamiento.

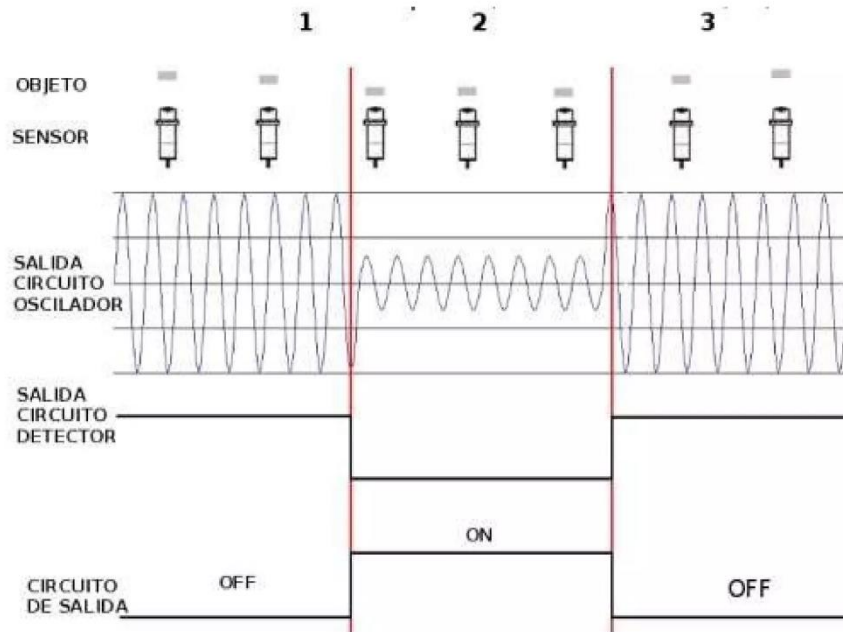


Figura 50.- Principio funcionamiento sensor inductivo.

El principio de funcionamiento se basa en la interacción de conductores metálicos con el campo alterno electromagnético, generado por la bobina del sensor dentro del material atenuador metálico se inducen corrientes de Foucault que extraen energía del campo, generando un cambio de amplitud de la onda, en el circuito oscilador, esta variación se evalúa en la electrónica del sensor [26].

Propuesta de mejora implementada.



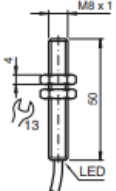
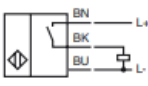
Para la implementación de esta mejora nos basamos en el diagrama eléctrico-electrónico del equipo para definir con qué tipo de sensores contaba, ver figura 51. Los sensores que muestra el diagrama son tipo PNP alimentados con una tensión de 24 VDC.

En esta propuesta de mejora se cambiaron sensores de proximidad inductivos de 6mm y se colocaron sensores de 8mm para ampliar 2 mm el área de detección del mecanismo de apertura y cierre, los sensores que el equipo traía de fabrica fueron reemplazados por el siguiente sensor NBB1.5-8GM50-E2 sus características se muestran en la tabla de especificaciones, ver tabla 7, [27].

Para la implementación de esta mejora no hubo necesidad de modificar la estructura del *shutter* ya que los orificios que traía la estructura entraban los sensores de 8 mm. De esta forma eliminamos la falla recurrente en este sistema de apertura-cierre en el sistema de obturación. Obteniendo un aumento en la producción, esto al eliminar paros de producción por mantenimiento correctivo.



Tabla 7.-Especificaciones sensor inductivo, [27].

Sensor inductivo		NBB1,5-8GM50-E2
		
		
Referencia de pedido NBB1,5-8GM50-E2		
Características <ul style="list-style-type: none"> Serie base 1,5 mm enrasado 		
Accesorios <ul style="list-style-type: none"> BF 8 Brida de fijación, 8 mm EXG-08 Soporte de montaje rápido con taponé fijo 		
Datos técnicos		
Datos generales		
Función del elemento de conmutación	PNP	N.A.
Distancia de conmutación de medición s_m	1,5 mm	
Instalación	enrasado	
Polaridad de salida	CC	
Distancia de conmutación asegurada s_a	0 ... 1,215 mm	
Factor de reducción r_{A1}	0,45	
Factor de reducción r_{D1}	0,35	
Factor de reducción $r_{1,4301}$	0,75	
Datos característicos		
Tensión de trabajo U_B	10 ... 30 V	
Frecuencia de conmutación f	0 ... 1500 Hz	
Protección contra la inversión de polaridad	protegido	
Protección contra cortocircuito	sincronizado	
Caída de tensión U_d	≤ 3 V	
Corriente de trabajo I_L	0 ... 100 mA	
Corriente residual I_r	0 ... 0,5 mA tip. 0,1 μ A a 25 °C	
Corriente en vacío I_0	≤ 15 mA	
Indicación del estado de conmutación	LED, amarillo	
Datos característicos de seguridad funcional		
MTTF _d	2730 a	
Duración de servicio (T ₉₀)	20 a	
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)	0 %	
Condiciones ambientales		
Temperatura ambiente	-25 ... 70 °C (-13 ... 158 °F)	
Datos mecánicos		
Tipo de conexión	Cable PVC, 2 m	
Sección transversal	0,14 mm ²	
Material de la carcasa	latón, niquelado	
Superficie frontal	LCP	
Grado de protección	IP67	
Conformidad con Normas y Directivas		
Conformidad con la normativa		
Estándares	EN 60947-5-2:2007 IEC 60947-5-2:2007	
Autorizaciones y Certificados		
Autorización UL	cULus Listed, General Purpose	
Autorización CSA	cCSAus Listed, General Purpose	
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤ 36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.	
Dimensiones		
		
Conexión		
		

Fecha de edición: 2016-09-13 601374_0pa.xml



5.2 Análisis de riesgo.

Un análisis de riesgo en el trabajo permite identificar y clasificar cada uno de los riesgos inherentes y potenciales de cualquier actividad laboral. Su correcta implementación permite evitar accidentes y proteger la salud de todos los trabajadores.

Un Análisis de Riesgo del Trabajo o ART, consiste en aplicar un procedimiento estandarizado, para identificar y evaluar los riesgos reales y potenciales que pueden suceder durante la ejecución de una labor específica. De esta forma, se pueden tomar las medidas necesarias para prevenir, controlar o minimizar su ocurrencia, [28].

Como se realiza un análisis de riesgo de trabajo [28].

La principal metodología para aplicar un ART consiste en observar directamente la forma en que el trabajador realizar sus tareas cotidianas, incluyendo en dicho análisis:

Tipos de equipos y herramientas utilizadas.

Descripción del espacio de trabajo.

Elementos de protección personal.

Esta observación debe ser realizada por:

Un supervisor directo del trabajador.

Un prevencionista de riesgos (externo o interno).

Un integrante del Comité de Seguridad y Salud Laboral de la empresa.

Pasos básicos de la implementación de un análisis de riesgo [28].

1. Seleccionar el trabajo que se analizará

El primer paso consiste en seleccionar cualquier trabajo que tenga riesgos inherentes o potenciales. Por ejemplo:

Trabajos que frecuentemente producen accidentes con resultado de lesiones graves o incapacitantes (explotaciones mineras, instalaciones en altura y transporte de sustancias inflamables, entre otras).

Trabajos nuevos o desconocidos para la fuerza laboral.

Trabajos que no se realizan muy seguido.



2. Dividir el trabajo en secciones o pasos.

Este desglose considera todas las acciones que realiza el trabajador durante sus tareas cotidianas. Por ejemplo:

Preparación de equipos

Limpieza del puesto de trabajo

Encendido de máquinas

Ejecución de la tarea

Orden de implementos

Los distintos pasos deben ser identificados y clasificados considerando la opinión de todos los participantes de la observación (incluyendo el supervisor, seguridad y el trabajador).

Una división exhaustiva ayudará a identificar mejor cada uno de los riesgos a los cuales están expuestos el trabajador y la empresa.

Identificar riesgos [28].

<p>Riesgo real</p>	<p>Es aquel que siempre se presenta dependiendo de las características de la actividad realizada.</p> <p>Por ejemplo, el martillo neumático genera riesgo de golpes y contaminación acústica; mientras que una soldadura genera riesgo de quemaduras.</p>
<p>Riesgo potencial</p>	<p>Se presenta de acuerdo con múltiples variables, tales como:</p> <p>Calidad del equipo Grado de capacitación del trabajador Limpieza del área de trabajo</p> <p>Deben identificarse en cada paso del trabajo observado, considerando siempre la posibilidad de que un accidente o enfermedad puede producirse.</p>



Tabla de evaluación de riesgo de trabajo, para la cortadora láser [1].

¿El estado de las herramientas, máquinas o equipos representa algún riesgo?	no
¿El trabajador puede tener contacto nocivo con alguno o más objetos?	no
¿El trabajador puede resbalar, tropezar o caer?	si
¿El trabajador puede sufrir una contractura o desgarro al levantar, empujar o jalar un objeto?	si
¿El trabajador está expuesto a calor o frío extremo?	si
¿El ruido o vibración presentes en el lugar de trabajo son molestos?	si
¿Existe algún peligro de que caigan objetos?	no
¿La iluminación del lugar de trabajo es deficiente?	no
¿Las condiciones atmosféricas pueden afectar la seguridad?	no
¿Existe presencia de sustancias nocivas o contaminantes?	si
¿Hay gases, polvos o vapores presentes en el aire?	si
¿Existe riesgo de quemaduras?	si
¿Existe riesgo de colisionar con los ejes del equipo?	no

Determinar las medidas preventivas para prevenir los riesgos identificados [28].

En esta etapa se determina la forma más efectiva de eliminar, controlar o minimizar los riesgos identificados. Esto incluye las siguientes opciones:

Eliminar el riesgo.

Esta acción implica seleccionar un proceso de trabajo diferente del habitual o bien, modificarlo. También es posible:

Sustituir materias primas peligrosas por otras más inocuas.

Mejorar las condiciones del ambiente (ventilación, iluminación y ruido, entre otros).

Modificar el equipo o cambiar las herramientas.

Contener el riesgo.

Si el riesgo no se puede eliminar, se puede prevenir empleando más y mejores dispositivos de seguridad general y personal, como, por ejemplo [1]:

Guardas de máquinas, cascos, zapatos de seguridad, guantes y gafas de protección entre otras.



Revisar los procedimientos de trabajo.

Otra medida es aplicar modificaciones sobre los procesos de trabajos observados. De esta forma, se pueden reforzar medidas de seguridad y uso de EPP.

Controlar, gestionar y medir el impacto de las medidas implementadas [28].

Es muy relevante realizar un seguimiento oportuno de las medidas implementadas a partir del ART, para así evaluar su impacto real en la reducción o mitigación de los riesgos detectados.

Para optimizar esta fase, se debe verificar que el trabajador:

Dispone de los conocimientos técnicos relacionados con la tarea que realiza.

Cuenta con competencias y habilidades consolidadas para realizar esas tareas.

Conocer en su totalidad los riesgos de cada una de las tareas que realiza, así como las acciones que los previenen.

Conclusiones.

Los cambios realizados en este equipo no repercuten en la seguridad del operador, esto debido a que dichos cambios no tienen interacción con el operador, por lo que se aconseja utilizar, como se debe hacer en todo equipo utilizar correctamente el uso del equipo de protección personal, conocido como EPP.



5.3 Equipos que se fabrican en Grupo CIPSA.



Figura 52.-Buggy con neumáticos.



Figura 53.-Buggy con orugas.



Figura 54.-Revolvedora de concreto.



Figura 55.-Revolvedora de concreto con olla de polietileno.



Figura 56.-Bomba Tragasolidos.



Figura 57.-Bomba para concreto.



Figura 58.-Mezcladora de mortero exportación.



Figura 59.-Mezcladora de mortero con olla de polietileno.





Figura 60.-Rodillo vibratorio AR15H.



Figura 61.-Rodillo vibratorio sencillo PR8.





Figura 62.-Cortadora para concreto y asfalto.



Figura 63.-Revolvedora exclusiva Cemex.



Figura 64.-Torre de iluminación 6000 Watts.



Figura 65.-Bomba para concreto.



Figura 66.-Packers para recolector de basura.



Figura 67.-Mezcladoras de concreto.



5.4 Equipos en Grupo CIPSA.

Estos son algunos equipos con tecnología de punta que existen en las líneas de producción en Grupo CIPSA, todos los equipos son de tipo CNC.



Figura 68.-Punzonadora Amada EM3612ZR.



Figura 69.-Cortadora Laser Bystronic 4000W Fibra óptica.





Figura 70.-Repulsadora ZENN 200.



Figura 71.-Torno CNC Slant Turn 550M Mazak.



Figura 72.-Centro de maquinado Smooth VTC200 Mazak.



Figura 73.-Centro de maquinado Smooth VC500C Mazak.



Figura 74.-Torno Smooth Quick Turn 350 MY Mazak.



Figura 75.-Control CNC Smooth Mazak.



Capítulo 6.- Conclusiones.

En Grupo CIPSA, las mejoras, tanto en los equipos, como en las líneas de producción, han sido base fundamental, para incrementar el porcentaje de producción, una estrategia de mejora se enfoca en identificar y optimizar los procesos existentes, con el objetivo de aumentar la eficiencia, reducir costos, minimizar errores y optimizar la calidad de los productos o servicios. Lo que nos llevó a hacer cambios en este equipo fue la mala calidad de corte en las piezas, lo que ocasionaba retrabajos en las piezas y retrasos en la fabricación de equipos. En esta tesis se muestra la importancia del departamento de mantenimiento, en el aspecto eléctrico, electrónico y mecánico, para poder modificar un equipo sin alterar su funcionamiento óptimo, en este equipo se hicieron tres mejoras dando como resultado, la eliminación de paros correctivos muy frecuentes.

Después de que se implementaron las propuestas de mejora, eliminamos los paros del equipo por mantenimientos correctivos, los objetivos de este trabajo fueron alcanzados de la siguiente forma:

Eliminando la humedad del aire comprimido, esto se logró instalando un secador de aire en la entrada al sistema neumático, de esta forma se eliminó la condensación en los espejos de reflexión de la cadena óptica. En la figura 76, podemos observar el comportamiento de como cortaba el equipo antes de la propuesta y después de la implementación de las mejoras.

En el sistema de enfriamiento, se elimina de forma permanente el sistema de enfriamiento de la cadena óptica, dejando como sistema principal de enfriamiento para todo el equipo el sistema denominado *chiller*, y así eliminamos los paros por falla en el flujo de refrigerante y por alta temperatura.

Por último, en el sistema de obturación se elimina de forma permanente las fallas por mal sensado en el sistema, en esta estrategia, se cambiaron los sensores inductivos que eran de 6mm y se instalaron de 8mm de esta forma el área de sensado fue mayor, podemos mencionar que al eliminar esta falla la producción regresa en su totalidad al nivel de cuando el equipo era nuevo, por lo que este cambio de sensores repercutió en la producción.

Con los cambios realizados en estos equipos podemos mencionar, que el equipo ha cambiado en un 10 por ciento de acuerdo con su fabricación original.

Por otra parte, se utilizó el sistema Kaizen que nos dice que se trata de un sistema de mejora continua y se rige bajo principios primordiales los cuales son:

Buenos procesos traen buenos resultados.

Al realizar estas tres mejoras el equipo mejoro, alcanzando las exigencias de la producción.

Gestionar con hechos.

Durante 2 semanas se midió la eficiencia del equipo teniendo en comparativa un aumento del 22 por ciento contra lo producido antes de las mejoras.

Tomar medidas de contención y corregir las causas principales de los problemas.

Se hace un plan de mantenimiento preventivo para el secador y chiller con un periodo de tiempo más corto, para evitar daños.

Seguimiento y estandarización.

Todos estos cambios quedan registrados dentro del manual de la máquina para futuras mejoras en las estrategias del plan de mantenimiento.



La mejora es constante. La optimización nunca se detiene: siempre se pueden revisar las circunstancias actuales y ajustar aspectos para alcanzar una mejoría.

Algunos ejemplos de Kaizen son: Calidad total, mantenimiento productivo total.

Al realizar estas mejoras en este equipo se logra aumentar la calidad en el corte de la placa de acero, de esta forma eliminamos el retrabajo, en las áreas de soldadura, ver figura 76.



Figura 76.-Cortes de placa, antes y después.

Se puede concluir que al implementar estas mejoras la producción no incrementó simplemente regreso al 100 por ciento, comparándola cuando el equipo estaba nuevo, en la siguiente tabla podemos observar la eficiencia recuperada en los diferentes espesores de placa.



Tabla 8.-Tabla de eficiencia en corte de placa.

Calibre placa	Tiempo corte sin propuesta	Tiempo corte con propuesta	% de eficiencia
16	25 minutos	20 minutos	20
14	30 minutos	25 minutos	16.6
10	35 minutos	30 minutos	14,2
3/16	40 minutos	35 minutos	12.5
1/4	80 minutos	70 minutos	12.5
5/16	100 minutos	80 minutos	20
3/8	170 minutos	130 minutos	23.5

En esta tabla podemos ver, por ejemplo, en la placa calibre 14, que, antes de la propuesta se cortaban aproximadamente 16 placas por turno y después que se implementaron las propuestas la producción aumento aproximadamente a 19 placas por turno, dando como resultado 18 placas más a la semana.

Haciendo un seguimiento de resultados después de haber realizado las propuestas , el equipo continua trabajando sin problema alguno, la producción se sigue manteniendo dentro de la eficiencia requerida por planta, la calidad de las piezas cortadas continúan siendo la adecuada, se logra identificar que es necesario, que tanto para el chiller como el secador de aire, se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento para que no se tenga variación tanto en la calidad como en el tiempo de corte, el equipo regreso al nivel requerido por producción logrando así eliminar un día de trabajo en este equipo, el equipo se mantiene sin fallas en los sistemas antes mencionados.



Bibliografía

- [P. Industrie, Manual de cortadora Laser Prima Platino 2040 HS, italia, 2005.
1
]
- [U. d. I. Rioja, «la implantación de una estrategia de mejora continua,» Universidad de la Rioja,
2 [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/565265.pdf>. [Último acceso:
] 05 Agosto 2023].
- [L. I. o. America., «<https://www.lia.org/>,» Laser Institute of America., [En línea]. Available:
3 <https://www.lia.org/resources/laser-safety-information>. [Último acceso: 12 Septiembre 2023].
]
- [J. o. Tocho, Fundamentos de Laser., Buenos Aires, Argentina.: Editorial de la Universidad de La
4 Plata., 2018.
]
- [A. C. Arranz, Tecnología Laser aplicaciones industriales., Barcelona España.: Marcombo, 2011.
5
]
- [C. J. G. Garcia, Tesis Aplicación de seis sigma en la optimización de velocidad de corte de placa
6 en un proceso Laser CO2, Monterrey Nuevo León.: Tecnológico de Monterrey., 2004.
]
- [M. J. Y. M. Perez., Tesis Láser de CO2 excitado por radiofrecuencia., Mexico DF.: Instituto
7 Politécnico Nacional., 2005.
]
- [P. Láser, «Pirograbado Láser,» Pirograbado, 2023. [En línea]. Available:
8 <https://pirograbadolaser.com/seguridad-laser/clase-4/>. [Último acceso: 25 Julio 2023].
]
- [Fractal, «<https://www.fractal.com/>,» [En línea]. Available:
9 <https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-lean-mejora-continua>. [Último acceso: 02
] Noviembre 2023].
- [T. T. I. S. d. R.L., «<https://traction.com/>,» traction, [En línea]. Available:
1 <https://traction.com/es/blog/lean-manufacturing-en-mantenimiento>. [Último acceso: 01
0 Noviembre 2023].
]



[H. Spot, «<https://blog.hubspot.es/>,» [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/sales/5-1-porques>. [Último acceso: 05 02 2024].

1
]

[i. empresa, «<https://www.ingenioempresa.com/>,» [En línea]. Available: <https://www.ingenioempresa.com/los-5-por-que/>. [Último acceso: 05 02 2024].

2
]

[Festo, «<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-de-honduras/sist-hidraulicos-y-neumaticos/festo-preparacion-aire-comprimido-ms-white-paper-es-v04/34720529>,» [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/>. [Último acceso: 10 Agosto 2023].

[M. R. Germán, «<https://es.scribd.com/document/379239978/Tipos-de-Secadores-de-Aire-Comprimido>,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/480632756/T5-p1-4-martinez-reyna-german-pdf>. [Último acceso: 2023 Agosto 10].

]

[Atlascopco, «<https://www.atlascopco.com/es-mx/compressors/guides-and-ebooks/ebook-dryers>,» [En línea]. Available: <https://ebooks.atlascopco.com/story/libro-electronico-del-secador-de-aire-comprimido-es-mx/page/4?teaser=yes>. [Último acceso: 2023 agosto 13].

]

[I. Rand, Manual del operador secador refrigerado D340IN, ingersoll rand, 2014.

1
6
]

[a. copco, «<https://www.atlascopco.com/>,» [En línea]. Available: <https://www.atlascopco.com/es-es/compressors/air-compressor-blog/saber-sobre-enfriadoras-industriales>. [Último acceso: 01 Septiembre 2023].

]

[a. ingenieros, «www.airsoningenieros.com/,» [En línea]. Available: <https://www.airsoningenieros.com/que-es-un-chiller-funcionamiento-y-mantenimiento/#:~:text=El%20chiller%20es%20un%20refrigerador,funci%C3%B3n%20de%20bomba%20de%20calor..> [Último acceso: 01 Septiembre 2023].

[t. care, «www.thermalcare.com/,» thermal care, 01 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.thermalcare.com/>. [Último acceso: 03 Septiembre 2023].

9
]



- [J. I. t. S. d. CV., «www.jmi.com.mx,» jm industrial, [En línea]. Available:
2 <https://www.jmi.com.mx/literatura/blog.html>. [Último acceso: 03 Septiembre 2023].
0
]
- [R. Láser, «www.recursoslaser.es,» Recursos Laser, 2016. [En línea]. Available:
2 <https://www.recursoslaser.es/laser/opticas-co2-shutter-obturador/>. [Último acceso: 11
1 Septiembre 2023].
]
- [R. Photnics, «www.rp-photnics.com,» RP Photonics AG, Febrero 2022. [En línea]. Available:
2 https://www.rp-photnics.com/beam_shutters.html. [Último acceso: 11 Septiembre 2023].
2
]
- [Keyence, «<https://www.keyence.com.mx/>,» Keyence, [En línea]. Available:
2 <https://www.keyence.com.mx/mykeyence/?ptn=001>. [Último acceso: 20 Septiembre 2023].
3
]
- [alfaomega, «www.alphaomegacom.mx,» alfaomega, [En línea]. Available:
2 [https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/487/free/ovas_statics/sensores/temas/SA_TEMA_0
4 7-INDUCTIVOS.pdf](https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/487/free/ovas_statics/sensores/temas/SA_TEMA_07-INDUCTIVOS.pdf). [Último acceso: 20 Septiembre 2023].
]
- [S. E. S. ABIERTOS, «<https://www.seas.es/>,» [En línea]. Available:
2 <https://www.seas.es/blog/automatizacion/sensores-inductivos/>. [Último acceso: 01 02 2024].
5
]
- [SlideShare, «<https://es.slideshare.net/>,» [En línea]. Available:
2 <https://es.slideshare.net/EDOW/sensores-inductivos-11097017>. [Último acceso: 01 02 2024].
6
]
- [pepperl+Fuchs, «<https://www.pepperl-fuchs.com/>,» pepperl+fuchs, [En línea]. Available:
2 [https://www.pepperl-
7 fuchs.com/global/es/classid_143.htm?view=productdetails&prodid=25494](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_143.htm?view=productdetails&prodid=25494). [Último acceso: 01
] Octubre 2023].
- [<https://datascope.io/>, «como aplicar un analisis de riesgo de trabajo,» [En línea]. Available:
2 [https://datascope.io/es/blog/analisis-de-riesgo-en-el-
8 trabajo/#:~:text=Pasos%20b%C3%A1sicos%20de%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20an%C3%A1lisis,implementadas%20...%207%207.%20Comunicar%20las%20conclusiones%
20](https://datascope.io/es/blog/analisis-de-riesgo-en-el-trabajo/#:~:text=Pasos%20b%C3%A1sicos%20de%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20an%C3%A1lisis,implementadas%20...%207%207.%20Comunicar%20las%20conclusiones%20). [Último acceso: 02 02 2024].



