

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica
y Mecatrónica



**“MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE INSTRUMENTACION DE LA PLANTA
PRILLEX – ENAEX – CHILE 2019”**

Trabajo de Suficiencia Profesional por el

Bachiller:

Loayza Bombilla, Marco Jean Pierre

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Asesor:

Mg. Mestas Ramos, Sergio

AREQUIPA – PERÚ

2019

Universidad Católica de Santa María

☎ (51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL TITULADO:

**“MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE
INSTRUMENTACION DE LA PLANTA PRILLEX –
ENAEX – CHILE 2019”**

Presentado por el Bachiller:

LOAYZA BOMBILLA MARCO JEAN PIERRE

Nuestro DICTAMEN es:

“PROCEDE”

OBSERVACIONES:

*En el transcurso del desarrollo del trabajo podria
realizarse modificaciones al Índice General*

Arequipa, 2 julio 2019


ING. MARIO VALENCIA SALAS


ING. SERGIO MESTAS RAMOS

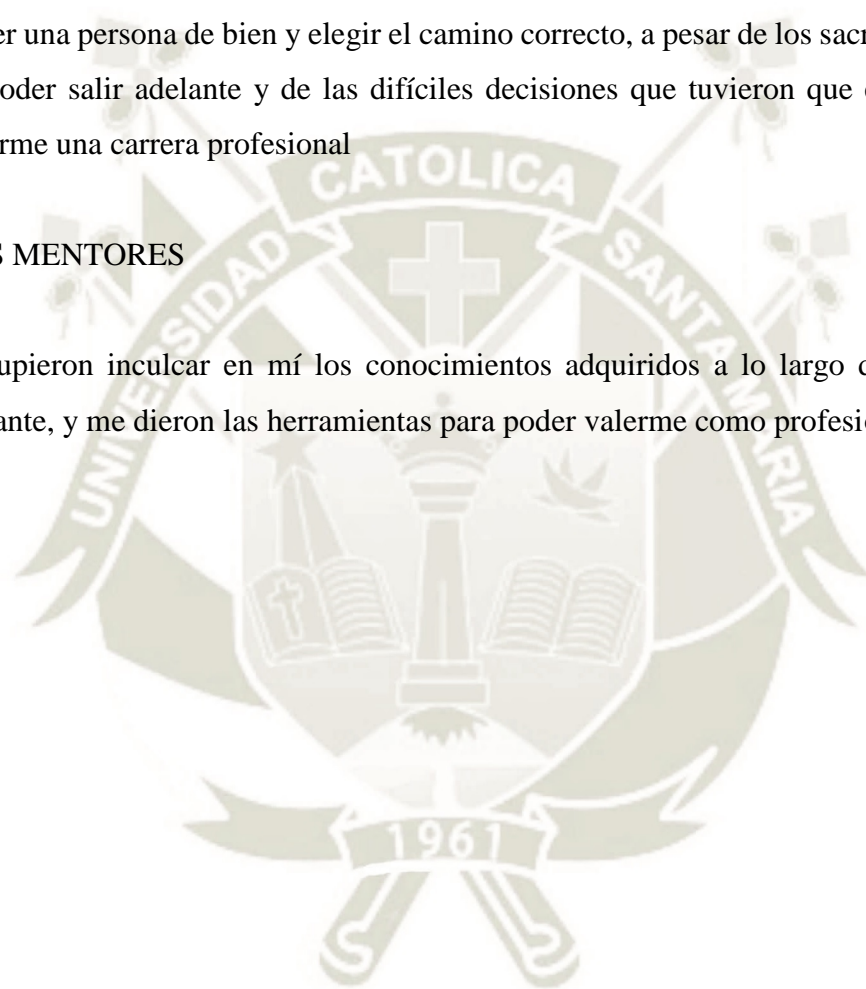
DEDICATORIA

A MIS PADRES

Que me han apoyado a lo largo de mi carrera y mi vida, inculcándome los valores necesarios para ser una persona de bien y elegir el camino correcto, a pesar de los sacrificios realizados para poder salir adelante y de las difíciles decisiones que tuvieron que elegir para poder otorgarme una carrera profesional

A MIS MENTORES

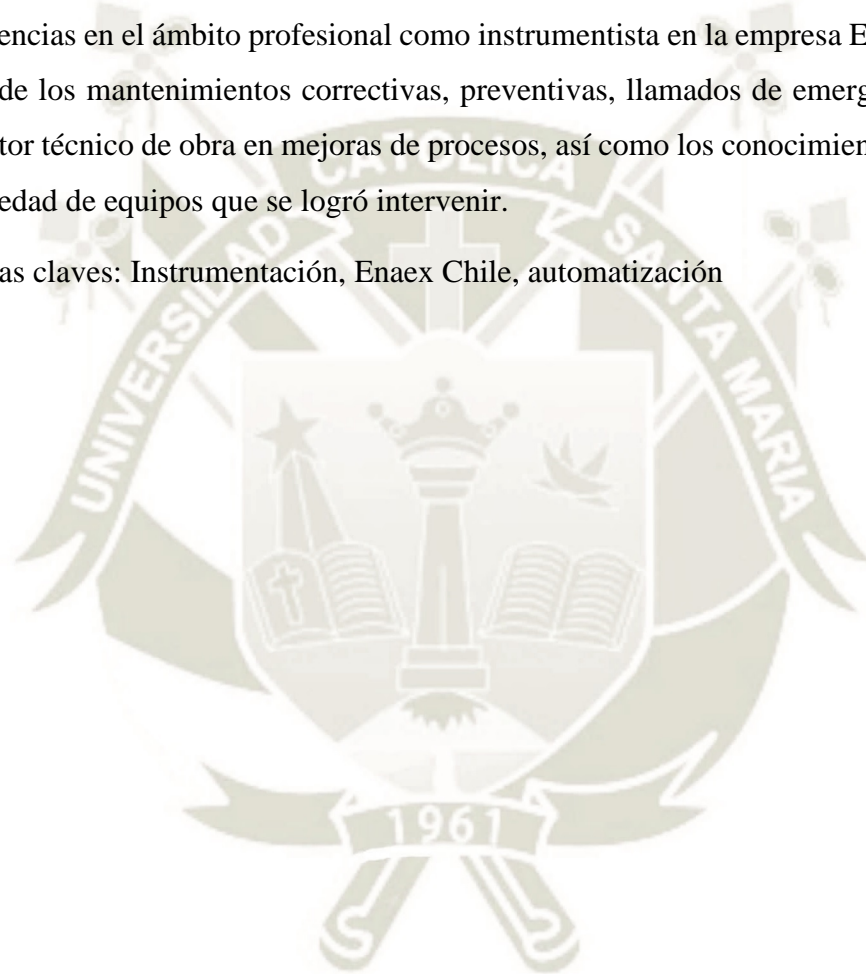
Que supieron inculcar en mí los conocimientos adquiridos a lo largo de mi vida como estudiante, y me dieron las herramientas para poder valerme como profesional



RESUMEN

El Trabajo de instrumentación es un trabajo que permite involucrarse en varios aspectos de la planta, tales como proceso, seguridad, gestión y operaciones. Este trabajo no solo se trata de mantener, preservar o mejorar un sensor o actuador, requiere enfocarse en sí ese actuador o sensor es el necesario para el proceso o si cumple los requisitos necesarios para obtener la información necesaria del proceso y si cumple con los requisitos de seguridad necesaria para no afectar tanto a la empresa como a la persona. En el presente informe se relatará mis experiencias en el ámbito profesional como instrumentista en la empresa ENAEX CHILE, a cargo de los mantenimientos correctivos, preventivos, llamados de emergencia y cargo de inspector técnico de obra en mejoras de procesos, así como los conocimientos adquiridos en la variedad de equipos que se logró intervenir.

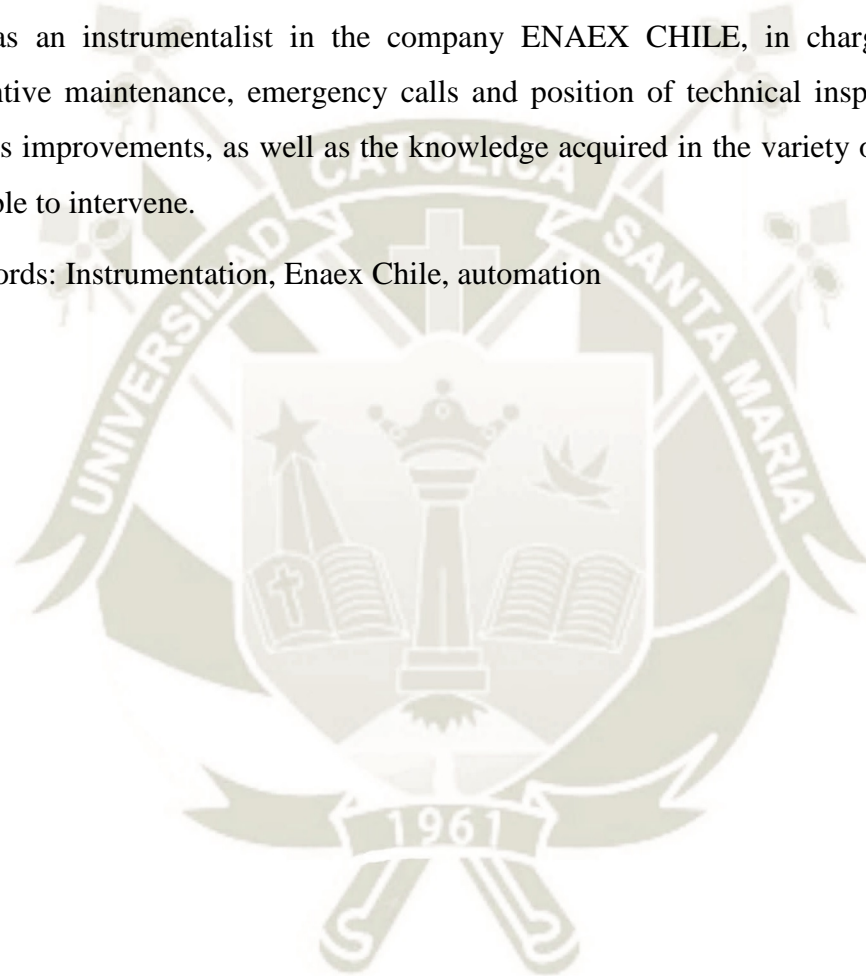
Palabras claves: Instrumentación, Enaex Chile, automatización



ABSTRACT

Instrumentation work is a job that allows you to get involved in various aspects of the plant, such as process, safety, management and operations. This work is not just about maintaining, preserving or improving a sensor or actuator, it requires focusing on that actuator or sensor is necessary for the process or if it meets the necessary requirements to obtain the necessary information of the process and if it meets the requirements of security necessary to not affect both the company and the person. In the present report, my experiences in the professional field as an instrumentalist in the company ENAEX CHILE, in charge of corrective, preventive maintenance, emergency calls and position of technical inspector of work in process improvements, as well as the knowledge acquired in the variety of equipment that was able to intervene.

Keywords: Instrumentation, Enaex Chile, automation



INTRODUCCION

Mi experiencia como instrumentista comenzó antes de poder bachillerarme, en la cual realice practicas pre profesionales en la planta Rio Loa ENAEX, ubicada en la ciudad de Calama en la Segunda Región de Chile, la cual fue por un periodo de 2 mes y pude aportar mis conocimientos en automatización, programación de PLC, control lazo cerrado y PID. Debido al aporte realizado y mi actitud como profesional, tuve la oportunidad de ser llamado por el Jefe de Departamento de Mantenimiento para integrarme en su equipo como instrumentista en contrato de plazo indefinido. Integre el equipo de mantenimiento por 1 año y 6 meses hasta que se me presento la oportunidad de pertenecer al equipo de mantenimiento de Planta Prillex Américas ENAEX, ubicada en la ciudad de Mejillones, la cual, por parte de ENAEX, es la planta más grande que Nitrato de Amonio en Prill y es el pilar en referencia de Mantenimiento de todo ENAEX, ya que el equipo de Planta Prillex atiende las necesidades requeridas en las diferentes plantas ubicadas al interior de Chile.

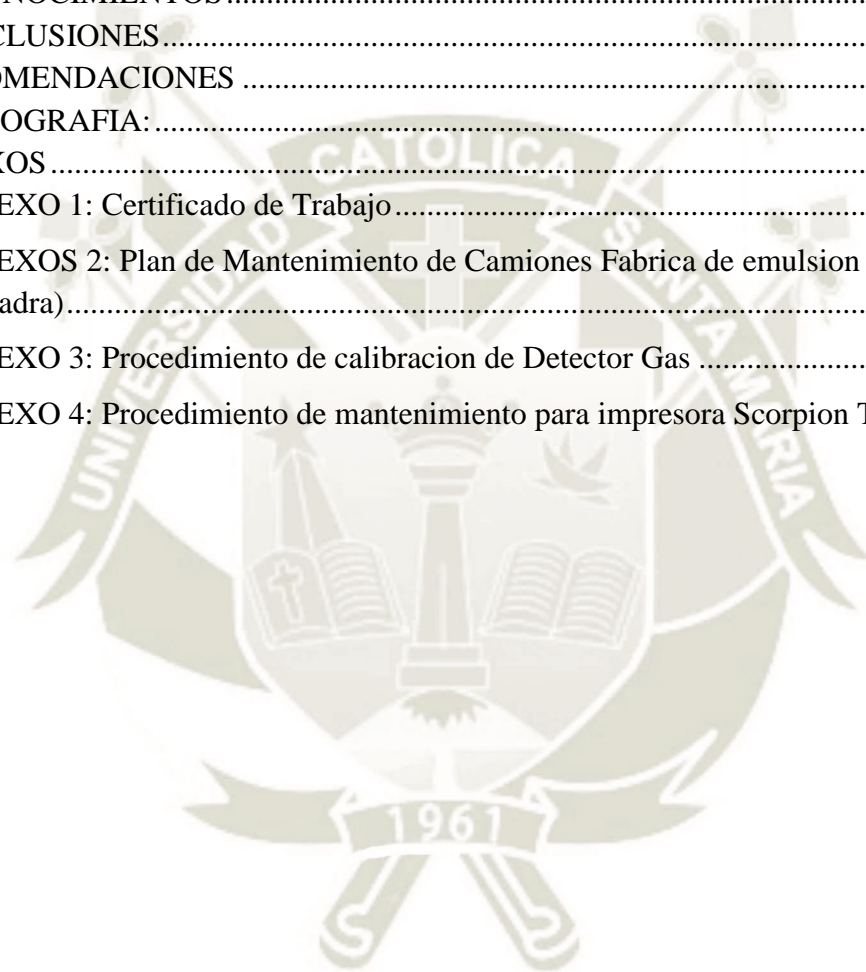
Los conocimientos aplicados en el sector industrial son con la finalidad de realizar trabajos de calidad y con la mayor eficiencia posible que se puede aplicar en los equipos. A todos los equipos se deben realizarle mantención, pero es necesario escoger la frecuencia de mantenimiento y el nivel correspondiente para asegurar su operatividad, disponibilidad y confiabilidad.

Por otro lado, en la industria se debe también escoger el instrumento necesario para el proceso, y en este concepto se aplican los conocimientos de ingeniería y mantenimiento, ya que un equipo puede tener el mejor plan de mantenimiento, pero si este no es el adecuado, los recursos son mal aplicados en las mantenciones y puede generar gastos o detenciones innecesarias.

INDICE

DEDICATORIA	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
INDICE	
INDICE DE IMÁGENES	
INDICE DE RECONOCIMIENTOS	
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL INFORME.....	1
1.1. Definición de trabajo por suficiencia profesional.....	1
1.2. Área de experiencia profesional.....	1
1.3. Objetivo general.....	1
1.4. Objetivos específicos:.....	2
CAPITULO 2. MARCO TEORICO – CONCEPTUAL.....	3
2.1. Marco Teórico.....	3
2.1.1. Instrumentación industrial.....	3
2.1.2. Sensores y Transductores.....	6
2.1.3. Sistemas de control.....	9
2.1.4. Protocolos de comunicaciones industriales.....	13
2.1.5. Transmisión de señales.....	19
2.1.6. Diagrama de instrumentación y líneas:.....	24
2.2. Antecedentes.....	27
2.2.1. Enaex.....	27
2.2.2. Metodología lean.....	35
CAPITULO 3. INFORME DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL.....	40
3.1. Descripción General de experiencia.....	40
3.1.1. Funciones principales del cargo.....	40
3.1.2. Propósitos del puesto.....	41
3.1.3. Resultados concretos.....	41
3.2. Tareas principales:.....	41
3.2.1. Mantenimiento de Instrumentación:.....	42
3.2.2. Análisis de Ordenes de Trabajo y Análisis Causa Raíz:.....	55
3.2.3. Gestión de Recursos:.....	62
3.2.4. Rediseño de Ingeniería:.....	69
3.3. Desarrollo de experiencias.....	70
3.4. Capacitaciones dadas por la empresa:.....	84

3.5. Implementación de lo aprendido en la carrera.....	91
3.5.1. Anécdota 1: Análisis Causa Raíz de falla de encendido de una caldera de vapor	91
3.5.2. Anécdota 2 (Puesta en servicio de Bascula de 25 kg, Haver Broecker).....	94
3.5.3. Anécdota 3: Automatización de Vaciado de 2 tanques de condensado	101
3.5.4. Anécdota 4 (Mejora en plan de mantenimiento Impresora Escorpión SQ2)	109
RECONOCIMIENTOS	116
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFIA:.....	126
ANEXOS	128
ANEXO 1: Certificado de Trabajo.....	129
ANEXOS 2: Plan de Mantenimiento de Camiones Fabrica de emulsion Modelo (Quadra).....	130
ANEXO 3: Procedimiento de calibracion de Detector Gas	132
ANEXO 4: Procedimiento de mantenimiento para impresora Scorpion T-60.....	139



INDICE DE FIGURAS

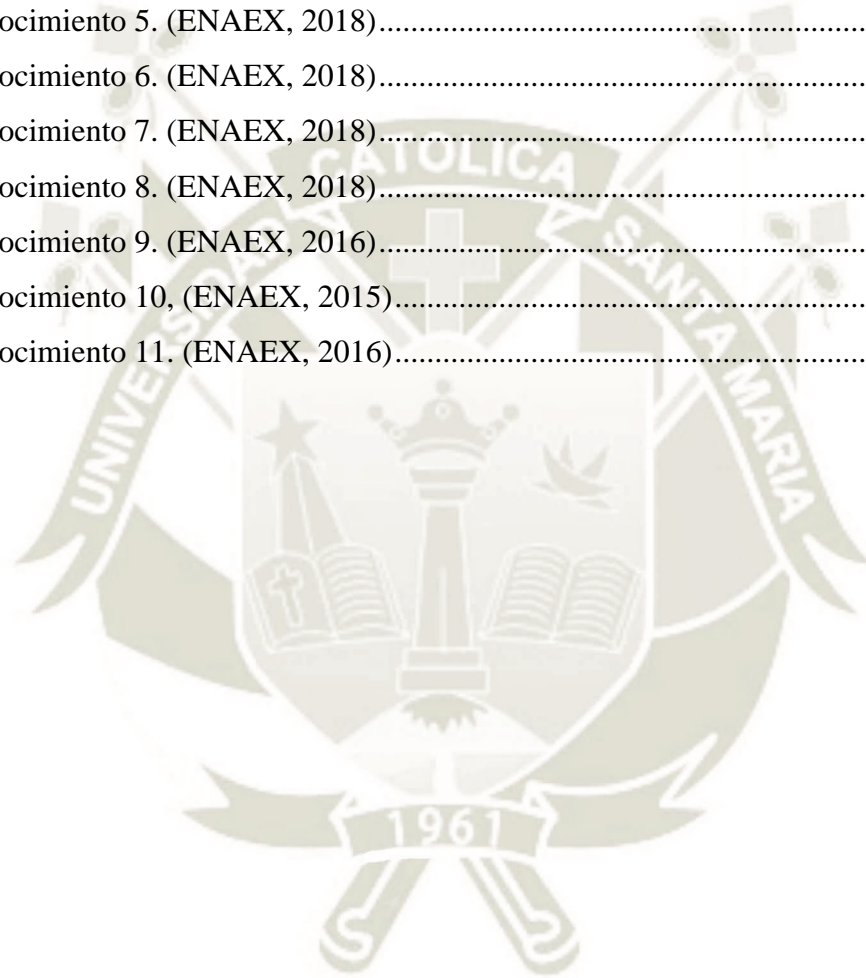
Figura 1. Usos de Instrumentación (Academia.edu, 2019)	4
Figura 2. Lazos de control de instrumentación (Academia.edu, 2019).....	5
Figura 3 Áreas que se aplican en la instrumentación (aec.es, 2019).....	5
Figura 4. Transductor (Fuente propia).....	7
Figura 5. Clasificación de sensores (eudim.uta.cl, 2019).....	8
Figura 6. Control de lazo abierto para llenado de tanque (Academia.edu, 2019)	11
Figura 7. Diagrama lazo de control lazo cerrado (aec.es, 2019)	13
Figura 8. Características de buses y Protocolos de comunicación (Protocolos de Redes Industriales, 2019)	16
Figura 9. Señal de transmisión 4-20 mA (academia.edu, 2019).....	17
Figura 10. Comunicador HART 475 (Emerson, 2018)	18
Figura 11. Información obtenida de un Transmisor de presión con un comunicador HART (Planta Prillex, 2018).....	18
Figura 12. Mapeo de voltaje con presión (Elaboración Propia, 2019).....	19
Figura 13. Mapeo de variable de Temperatura con señal de corriente 4 a 20 mA (Elaboración Propia, 2019).....	20
Figura 14. Bucle de control (aec.es, 2019)	21
Figura 15. Calculo de pendiente para mapeo de corriente 4 a 20 mA (aec.es, 2019)	22
Figura 16. Control de válvula por 4-20 mA (aec.es, 2019).....	23
Figura 18. Revisión de salida de corriente de un transmisor por medio de puntos de medición (Planta Rio Loa, 2016).....	24
Figura 19. P&ID de un proceso de control de bomba (ANSI/ISA-S5.1)	25
Figura 20. Identificación de Letras en planos P&ID (ANSI/ISA-S5.1).....	25
Figura 21. P&ID de un control de Válvulas (ENAEEX, 2018).....	26
Figura 22. Logo de la Empresa (ENAEEX 2019)	27
Figura 23. Estructura de la Propiedad al año 2018 (Memoria ENAEEX, 2018).....	28
Figura 24. Ingreso de ventas por Producto al año 2018 (Memoria ENAEEX, 2018)	29
Figura 25. Ingreso de ventas por Destino al año 2018 (Memoria ENAEEX, 2018)	29
Figura 26. Nitrato de amonio PRILL (ENAEEX, 2019)	32
Figura 27. Cartuchos de APD (ENAEEX, 2019)	33
Figura 28. Lugares en el mundo donde se encuentra ENAEEX (Memoria ENAEEX, 2018) .	34
Figura 29. Camión Fabrica Milodon (ENAEEX, 2019)	34
Figura 30. Resumen de Huella de Carbono corporativa (Memoria ENAEEX, 2018).....	35
Figura 31. Antes y después de aplicar 5'S en cajón de herramientas (Planta Prillex, 2018)	37
Figura 32. Auditoria de Recorrido Gemba (Planta Prillex, 2018).....	37
Figura 33. Tabla de compromisos con metodología 5W y 1H (Planta Prillex, 2018).....	38
Figura 34. Reunión Gemba (Planta Prillex, 2018)	39
Figura 35. Tipos de Mantenimiento (Fuente Propia, 2019)	42
Figura 36. Bornes corroídos por fisura en Thermowell de un sensor de Temperatura (Planta Prillex, 2018).....	43

Figura 37. Fuga de ácido por prensa en válvula controladora de Ácido Nítrico (Planta Prillex, 2018)	44
Figura 38. Antes y después de mantenimiento preventiva de válvula neumática (Planta Prillex, 2018)	45
Figura 39. Posicionador electro neumático Samson 3270, a su derecha, su pauta de mantenimiento (SAMSON, 2019).....	46
Figura 40. Maquina ensacadora de Maxi Sacos de 1000 a 1300 kg, a su derecha, Planes de mantenimiento en diferentes frecuencias (Payper, 2019).....	46
Figura 41. Transmisor de temperatura deteriorado por gases nitrosos (Planta Prillex, 2017)	48
Figura 42. Creación de Orden de Trabajo (SAP, 2019)	51
Figura 43. Listado de órdenes de trabajo (SAP, 2019).....	51
Figura 44. Hoja de Datos de instrumento (ENAEX, 2018).....	53
Figura 45. Informe de turno usado en la Empresa (ENAEX, 2018)	54
Figura 46. Procedimiento Paso a Paso para Detectores de Gases en General (ENAEX, 2018).....	57
Figura 47. Estándar de procedimiento de acuerdo a norma LEAN (ENAEX, 2018).....	58
Figura 48. Recopilación de datos de un transmisor de temperatura para el análisis de una falla (ENAEX, 2019).....	59
Figura 49. Prueba de un controlador de flujo en taller, para determinar su correcto funcionamiento (ENAEX, 2019).....	60
Figura 50. Análisis Causa Raíz FV-45021 (ENAEX, 2019).....	61
Figura 51. Válvula neumática controladora de ácido (Planta Prillex, 2018).....	64
Figura 52. Partes internas de una Válvulas de Control (Manual Foxboro Eckardt, 2019)..	64
Figura 53. Tipos de sensor de Nivel (VETO, 2019).....	66
Figura 54. Medición de temperaturas en los descansos de un tren de turbina (ENAEX, 2019).....	68
Figura 55. Equipos de medición de Ph, con su correspondiente equipo en Stand by, a su derecha, un pantallazo del panel de control con un selector digital del equipo de Ph a usar (ENAEX, 2019)	68
Figura 56. Condiciones que requieren un rediseño	69
Figura 57. Sensor de velocidad (veto.cl, 2019)	71
Figura 58. Sinergia entre planta Rio Loa y Planta Prillex (Planta Prillex, 2017).....	73
Figura 59. Entrada a Planta Prillex América (Planta Prillex, 2017).....	74
Figura 60. Control obsoleto de motores por medio de contactares (Planta Prillex, 2019)..	74
Figura 61. Placa electrónica de impresora TROY con problemas de corrosión en los puntos de bornes de conexión (Planta Prillex, 2018)	75
Figura 62. Cambio de Regulador de aire a válvula de neumática (Plante Prillex 2017).....	75
Figura 63. Celda de pesaje SIWAREX, para pesos de hasta 5 toneladas (Siemens, 2019)	76
Figura 64. Caja de conexiones de marca Siemens para celdas de pesaje (Planta Prillex, 2018).....	76
Figura 65. Indicador de peso de alto tonelaje marca BTEK, usado en el pesaje de camiones con Nitrato de Amonio Prill (Planta Prillex, 2018).....	77
Figura 66. Interior de un Flujometros de tipo Coriolis (Yokogawa, 2019).....	78

Figura 67. Panel de toma muestra y medición para sensores de PH (Planta Prillex, 2017)	79
Figura 69. Flujómetros de tipo Vortex para la medición de Amoniaco (Planta Prillex, 2018)	80
Figura 70. Toma de proceso de un sensor de Flujo de tipo placa orificio (Planta Prillex, 2018)	80
Figura 71. Reunión de seguridad (Planta Prillex, 2017)	81
Figura 72. Mantenimiento Preventivo a Válvula neumática de bola (Planta Prillex 2018)	83
Figura 73. Ejerciendo la labor de Maestro Guía, explicando a alumno Dual los componentes de la válvula (Planta Prillex 2018)	83
Figura 74. En construcción de proyecto dual 2018 (Planta Prillex 2018)	84
Figura 75. Malla de tierra en proceso de construcción (Chile. 2019)	85
Figura 76. Portada de la NFPA 70E, (NFPA, 2019)	87
Figura 77. Instalaciones FESTO donde se realizó capacitación de control neumático (Chile, 2016)	88
Figura 78. Modelo de brazo neumático en Instalaciones FESTO (Chile, 2016)	88
Figura 79. Control neumático con Método Cascada (Chile, 2016)	89
Figura 80. PLC S7-300 (Siemens, 2019)	89
Figura 81. En clases para la capacitación técnica de electricidad, curso de Inglés (CEDUC, 2018)	90
Figura 82. Ceremonia de culminación de primer año académico (CEDUC, 2018)	90
Figura 83. Maquina ensacadora sacos de 25 kg FFS (HAVER BROECKER, 2019)	95
Figura 84. Panel de control Ensacadora HAVER (Planta Prillex 2017)	100
Figura 85. Tipos de sensor de nivel discreto (ENAEX, 2016)	103
Figura 86. Comparación de Sensores de nivel discreto para elegir el adecuado para el proceso (ENAEX, 2016)	104
Figura 87. Circuito de control de bombas por medio de niveles discretos (ENAEX, 2016)	108
Figura 88. Impresora de tinta al óleo SQUID INK Scorpion (SoluTec, 2019)	109
Figura 89. Impresión del lote y fecha en el maxi saco por maquina Scorpion SQ2 (ENAEX, 2019)	110
Figura 90. Pauta para mantenimiento autónoma por parte del operador (ENAEX, 2017)	113
Figura 91. Cantidad de avisos por año (ENAEX, 2018)	114
Figura 92. Costo total de mantenimiento por año en pesos chilenos (ENAEX, 2018)	114
Figura 93. Gasto Anual de mantenimiento en impresoras Scorpion SQ2 en pesos chilenos (ENAEX, 2018)	115

ÍNDICE DE RECONOCIMIENTOS

Reconocimiento 1. Por trabajo realizado en Ensacadora HAVER (ENAEX, 2017)	100
Reconocimiento 2. Prueba del trabajo realizado, para la automatización del vaciado del tanque (ENAEX, 2016)	106
Reconocimiento 3. (ENAEX, 2018).....	117
Reconocimiento 4. (ENAEX, 2018).....	118
Reconocimiento 5. (ENAEX, 2018).....	118
Reconocimiento 6. (ENAEX, 2018).....	119
Reconocimiento 7. (ENAEX, 2018).....	120
Reconocimiento 8. (ENAEX, 2018).....	120
Reconocimiento 9. (ENAEX, 2016).....	121
Reconocimiento 10, (ENAEX, 2015).....	121
Reconocimiento 11. (ENAEX, 2016).....	122



CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL INFORME

1.1. Definición de trabajo por suficiencia profesional

Según el Reglamento General de Grado y títulos de la Universidad Católica de Santa María, en el Título III, Capítulo 1, indica que de acuerdo a la Ley Universitaria 30220, estipula que, para optar al Título Profesional de Primera, existen dos modalidades, la aprobación de una “tesis” o la presentación de un “Trabajo de Suficiencia Profesional”.

En la cual la última es una modalidad de titulación que implica la capacidad de demostrar y documentar el dominio y la aplicación de competencias profesionales adquiridas (Glosario de términos RENATI Art 45 Ley Universitaria 30220) donde la modalidad de presentación deberá ser de forma individual.

1.2. Área de experiencia profesional

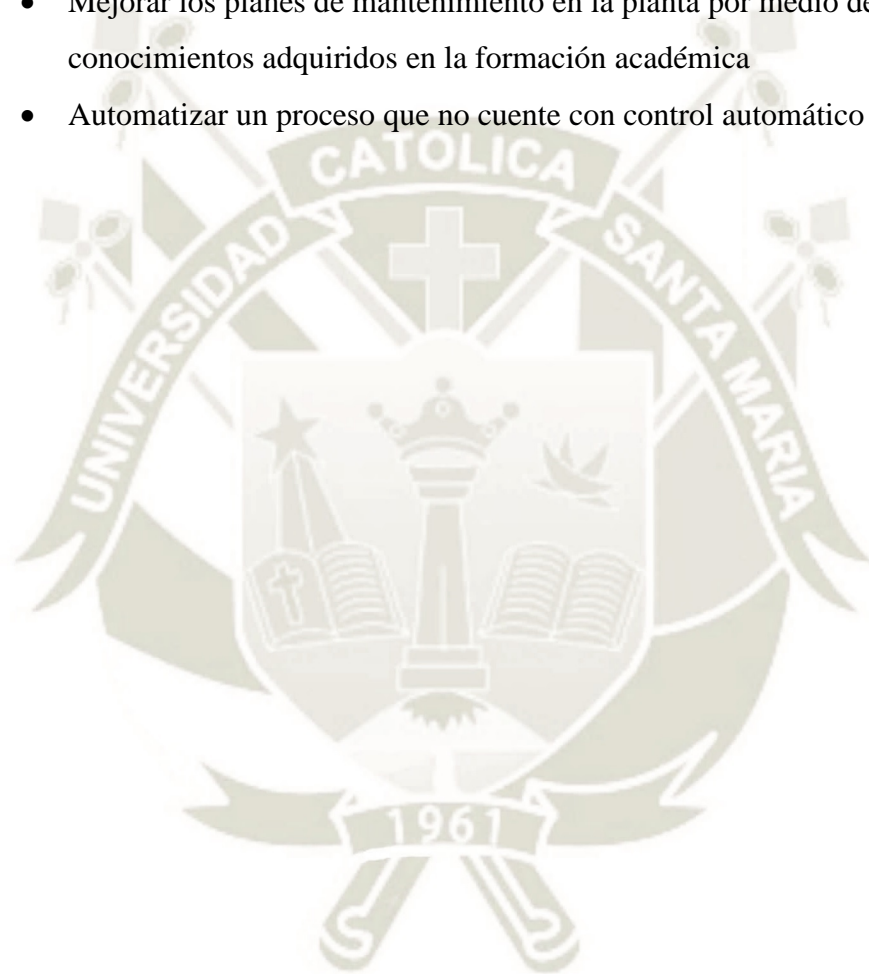
Lo expuesto en el presente informe, abarca el área de Instrumentación Industrial, Automatización de Procesos, Electricidad de Baja Potencia, Hidráulica, Control Mecatrónico (Control Lazo Cerrado y Abierto y PID). Los cuales son los pilares fundamentales de las tecnologías de esta época. Lo relatado a lo largo de todo este informe, se encuentra ubicado en las Plantas Rio Loa, Calama y Planta Prillex América, Mejillones, los cuales se encuentran en el País de Chile, que como toda planta industrial de alta competitividad deben contar con la instrumentación necesaria para poder garantizar la operatividad y seguridad de los trabajadores como de la comunidad, así como la idea de negocio. Se adjunta certificado de trabajo en el **ANEXO 1**, donde se garantiza que me encuentro trabajando actualmente en la Planta Prillex América – ENAEX – Chile.

1.3. Objetivo general

Exponer las experiencias encontradas en un trabajo operativo, donde se logra aprender de primera instancia la respuesta de los instrumentos y actuadores para mejorar el análisis y estrategias que debe tener un Ingeniero Mecatrónico sobre los procesos a automatizar

1.4. Objetivos específicos:

- Adquirir conocimiento teórico en la industria por medio del trabajo como Técnico de Mantenimiento de Instrumentación
- Aprender la diferencia de instrumentos de campo con respecto a las características del proceso
- Mejorar los planes de mantenimiento en la planta por medio de los conocimientos adquiridos en la formación académica
- Automatizar un proceso que no cuente con control automático



CAPITULO 2. MARCO TEORICO – CONCEPTUAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Instrumentación industrial

La Instrumentación industrial es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

Un sistema de instrumentación es una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y, por último, y no menos importante, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las medidas.

En términos abstractos, un instrumento de medición es un dispositivo que transforma una variable física de interés, que se denomina variable medida, en una forma apropiada para registrarla o visualizarla o simplemente detectarla, llamada medición o señal medida.

Una medición es, entonces, un acto de asignar un valor específico a una variable física. Dicha variable física es la variable medida. Un sistema de medición es una herramienta utilizada para cuantificar la variable medida.

El elemento clave fundamental de un sistema de instrumentación, es el elemento sensor. La función del sensor es percibir y convertir la entrada (variable física) percibida por el sensor, en una variable de la señal de salida.

El sensor es un elemento físico que emplea algún fenómeno natural por medio del cual sensor la variable a ser medida. El transductor, convierte esta información sensada en una señal detectable, la cual puede ser eléctrica, mecánica, óptica, u otra. El objetivo es convertir la información sensada en una forma que pueda ser fácilmente cuantificada (Instrumentación industrial: El

recurso para controlar los procesos, 2017). Las variables a medir o controlar pueden ser:

VARIABLES FÍSICAS:

Caudal.
Caudal másico.
Caudal volumétrico.
Presión.
Temperatura.
Nivel.
Nivel de líquidos.
Nivel de sólidos.
Velocidad.
Peso.
Humedad.
Punto de rocío.

VARIABLES QUÍMICAS:

Ph.
Conductividad eléctrica.
Redox (Instrumentación industrial: El recurso para controlar los procesos, 2017).

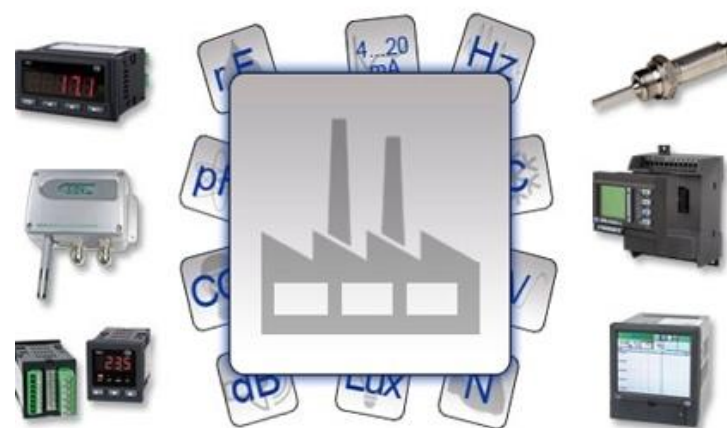


Figura 1. Usos de Instrumentación (Academia.edu, 2019)

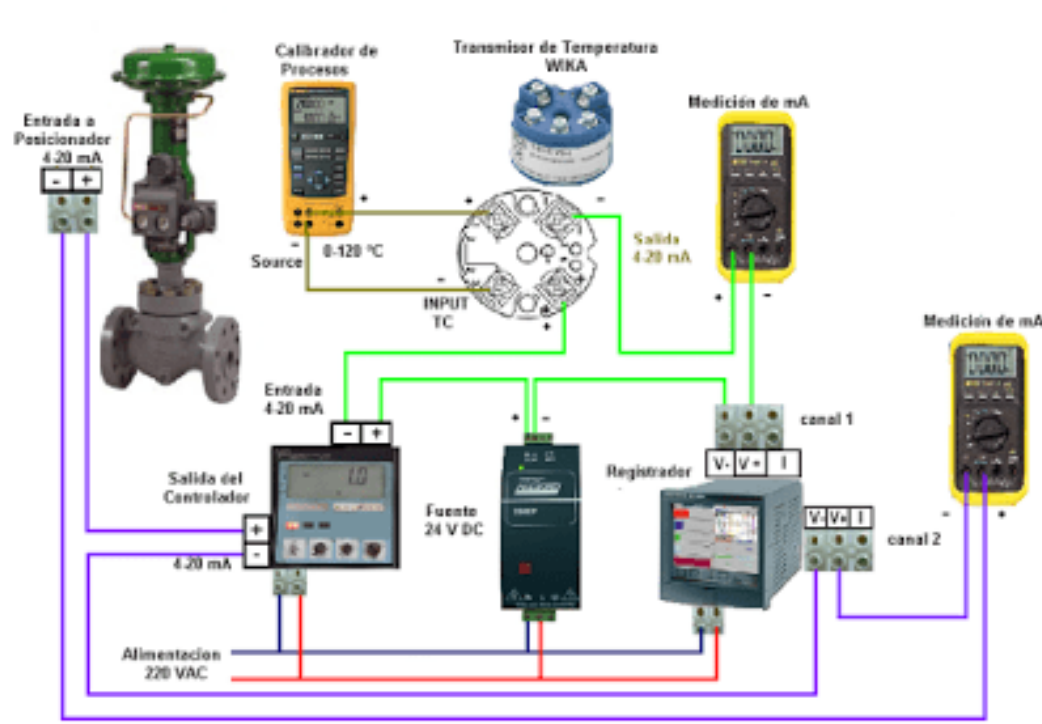


Figura 2. Lazos de control de instrumentación (Academia.edu, 2019)



Figura 3 Áreas que se aplican en la instrumentación (aec.es, 2019)

2.1.2 Sensores y Transductores

Sensor: Un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea.

Por lo que define como un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir. Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones.

Transductor: Son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno. Un transductor es el dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica. Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida. Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida.

Los dos tipos son:

Transductores analógicos: Proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Transductores digitales: Producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el

valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.



Figura 4. Transductor (Fuente propia)

Los sensores se pueden clasificar desde algunos puntos de vista:

Clasificación de los sensores según la energía.

Los sensores pueden ser:

- **Activos:** Emiten energía a partir de la transformación realizada. Dentro de este tipo de sensores podemos citar a las Termocuplas, cristales piezoeléctricos, etc.
- **Pasivos:** Reciben energía para realizar la transformación. En este grupo están los termistores (su resistencia varía en función de la temperatura), micrófonos de condensador, los fotodiodos, etc.

Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento.

Dentro de esta categoría los sensores se pueden clasificar en:

- Sensores primarios.
- Sensores resistivos.
- Sensores de reactancia variable y electromagnética.
- Sensores generadores.
- Sensores digitales

CLASIFICACIÓN DE SENSORES

Magnitud detectada	Transductor	Señal salida
Posición lineal o angular	Finales de carrera	Todo-Nada
	Potenciómetros	Analógica
	Encoders (absolutos / incrementales)	Digital
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformadores diferenciales (LVDT)	Analógica
	Galgas extensiométricos	Analógica
Velocidad lineal o angular	Dinamos tacométricas	Analógica
	Encoders (absoluto / incremental)	Digital
	Detectores inductivos	Digital
Aceleración	Acelerómetros	Analógica
	Sensores de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales)	Analógicas
Nivel	Flotador + detector desplazamiento	Analógica
	Capacitivos	Analógica
	Ultrasonidos	Digital
Presión	Membrana + detector de desplazamiento	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Caudal	Presión diferencial (Diafragmas / tubos de Venturi)	Analógica
	De turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termostatos	Todo-Nada
	Termopares	Analógica
	Termorresistencias (PT100)	Analógica
	Resistencias NTC	Analógica
	Resistencias PTC	Analógica
	Pirómetros	Analógica
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo-Nada
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos (Células fotoeléctricas)	Todo-Nada
	Ultrasonicos	Analógica
Sistemas de visión artificial	Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento por puntos o pixels
	Cámaras CCD	

Figura 5. Clasificación de sensores (eudim.uta.cl, 2019)

2.1.3. Sistemas de control

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industriales en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas.

Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida se genera dependiendo de la entrada; mientras que en los sistemas de lazo cerrado la salida depende de las consideraciones y correcciones realizadas por la retroalimentación. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos sobre la base de muchos parámetros y reciben el nombre de controladores de automatización programables (PAC).

Control: Selección de las entradas de un sistema de manera que los estados o salidas cambien de acuerdo a una manera deseada. Los elementos son:

- Siempre existe para verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planeación.
- Medición. Para controlar es imprescindible medir y cuantificar los resultados.
- Detectar desviaciones. Una de las funciones inherentes al control, es descubrir las diferencias que se presentan entre la ejecución y la planeación.
- Establecer medidas correctivas. El objeto del control es prever y corregir los errores.
- Factores de control; Cantidad, Tiempo, costo, Calidad

Controlador: (Electrónica). Es un dispositivo electrónico que emula la capacidad de los seres humanos para ejercer control. Por medio de cuatro acciones de control: compara, calcula, ajusta y limita.

Proceso: Operación o desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden uno al otro en una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados. Operación artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinados. Ejemplos: procesos químicos, económicos y biológicos.

Supervisión: acto de observar el trabajo y tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad.

a. Sistema de control de lazo abierto

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

Este tipo de control es usado cuando la variable de control no necesita tanta exactitud, es decir, cuando el resultado final tiene un error más amplio. Es por eso que es muy usado en los controles de nivel de estanques de almacenamiento de grandes cantidades, controles ON-OFF, entre otros.

Ejemplo 1:

Un tanque con una manguera de jardín. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en el tanque no puede hacer que la llave se cierre y por tanto no nos sirve para un proceso que necesite de un control de contenido o concentración.

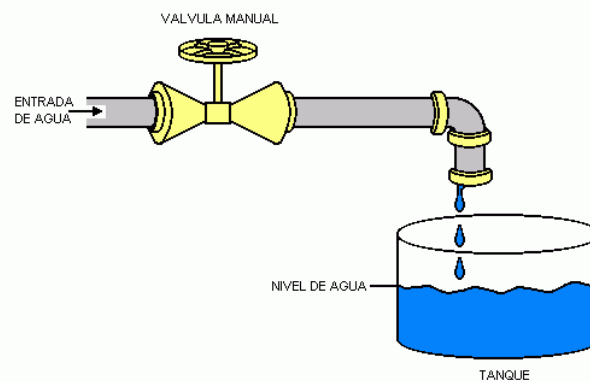


Figura 6. Control de lazo abierto para llenado de tanque (Academia.edu, 2019)

Ejemplo 2:

Al hacer una tostada, lo que hacemos es controlar el tiempo de tostado de ella misma entrando una variable (en este caso el grado de tostado que queremos). En definitiva, el que nosotros introducimos como parámetro es el tiempo.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Estas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema

b. Sistema de control de lazo cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia.

El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente difícil en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.
- Este tipo de control es usado cuando se quiere conseguir un valor más exacto, donde es necesario una retroalimentación de la variable de control, o se quiere llegar en menor tiempo a la variable deseada. Es por eso que la retroalimentación se realiza por medio de un sensor, que nos entregue la medición constante del proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Un ejemplo sería un regulador de nivel de gran sensibilidad de un depósito. El movimiento de la boya produce más o menos obstrucción en un chorro de aire o gas a baja presión. Esto se traduce en cambios de presión que afectan a la membrana de la válvula de paso, haciendo que se abra más cuanto más cerca se encuentre del nivel máximo.

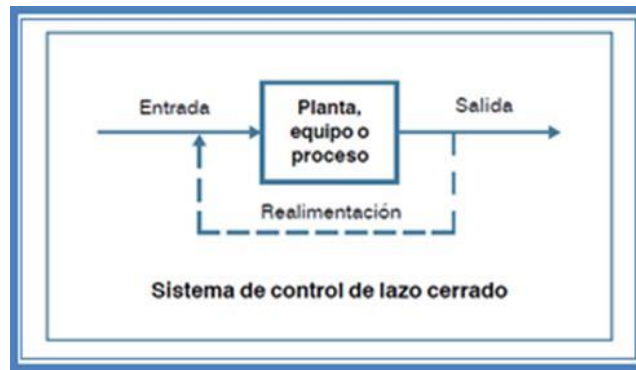


Figura 7. Diagrama lazo de control lazo cerrado (aec.es, 2019)

2.1.4. Protocolos de comunicaciones industriales

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando. Con el objeto de familiarizar a los lectores, expondremos sus principales características y fundamentos de los más utilizados. En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

Un importante número de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación Industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso.

La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo
- Diagnóstico remoto de componentes

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

En esta oportunidad nos referiremos a los protocolos de comunicación más usados en la industria

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión. Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores. Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal.

- a. **DEVICENET:** Red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. y dispositivos de alto nivel (PLC, controladores, computadores, HMI, entre otros). Provee información adicional sobre el estado de la red, cuyos datos serán desplegados en la interfaz del usuario.

Ventajas:

- Posibilidad de intercambio de información entre equipos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso.
- Facilidad de comunicación hombre máquina.
- Uso de una base de datos común (Salazar, 2011).

- b. PROFIBUS:** (Process Field Bus) Norma internacional de bus de campo de alta velocidad para control de procesos normalizada en Europa por EN 50170. Existen tres perfiles:
- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLC's) o terminales.
 - Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso, cumple normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).
 - Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. Ver Características en Tabla N°1 (Salazar, 2011).
- c. FOUNDATION FIELDBUS:** Foundation Fieldbus (FF) es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus Fieldbus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite. Otros protocolos ampliamente usados, aunque de menor alcance son:
- d. MODBUS:** Es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. La Interfaces de Capa Física puede estar configurada en: RS-232, RS-422, RS-485. Ver características en tabla N° 1 En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión: Modo RTU y Modo ASCII.

Nombre	Topología	Soporte	Máx dispositivos	Rate transm. bps	Distancia máx Km	Comunicación
Profibus DP	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	127/segm	Hasta 1.5M y 12M	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus PA	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	14400 /segm	31.5K	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus FMS		par trenzado fibra óptica	127/segm	500K		Master/Slave peer to peer
Foundation Fieldbus HSE	estrella	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	100M	0.1 par 2 fibra	Single/multi master
Foundation Fieldbus H1	estrella o bus	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	31.25K	1.9 cable	Single/multi master
LonWorks	bus, anillo, lazo, estrella	par trenzado fibra óptica coaxial, radio	32768 /dom	500K	2	Master/Slave peer to peer
Interbus-S	segmentado	par trenzado fibra óptica	256 nodos	500K	400/segm 12.8 total	Master/Slave
DeviceNet	troncal/puntual c/bifurcación	par trenzado fibra óptica	2048 nodos	500K	0.5 6 c/repetid	Master/Slave, multi-master, peer to peer
AS-I	bus, anillo, árbol, estrella	par trenzado	31 p/red	167K	0.1, 0.3 c/rep	Master/Slave
Modbus RTU	línea, estrella, árbol, red con segmentos	par trenzado coaxial radio	250 p/segm	1.2 a 115.2K	0.35	Master/Slave
Ethernet Industrial	bus, estrella, malla-cadena	coaxial par trenzado fibra óptica	400 p/segm	10, 100M	0.1 100 mono c/switch	Master/Slave peer to peer
HART		par trenzado	15 p/segm	1.2K		Master/Slave

Figura 8. Características de buses y Protocolos de comunicación (Protocolos de Redes Industriales, 2019)

- e. **HART:** El protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer) agrupa la información digital sobre la señal analógica típica de 4 a 20 mA DC. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz, que representan los dígitos 1 y 0 respectivamente y que en conjunto forman una onda sinusoidal que se superpone al lazo de corriente de 4-20 mA

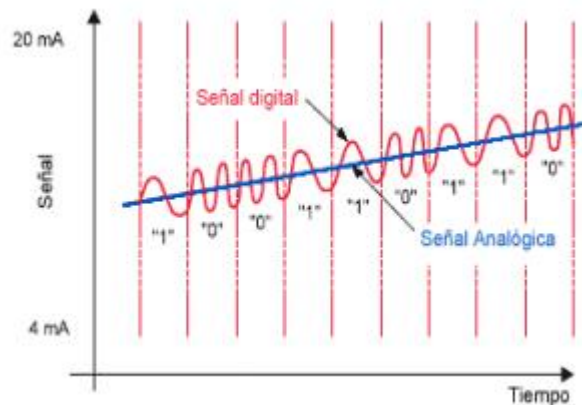


Figura 9. Señal de transmisión 4-20 mA (academia.edu, 2019)

Como la señal promedio de una onda sinusoidal es cero, no se añade ninguna componente DC a la señal analógica de 4-20 mA lo que permite continuar utilizando la variación analógica para el control del proceso.

GENERALIDADES DEL COMUNICADOR DE CAMPO 475:

En la planta, casi en un 100% se usan equipos con protocolo HART, donde es necesario tener una herramienta donde nos permita el fácil acceso y configuración de los instrumentos. Para esto usamos el Comunicador 475 de la marca EMERSON. El comunicador de campo 475 portátil incluye una pantalla LCD táctil a color, una batería de ion de litio (módulo de alimentación), un procesador SH3, los componentes de memoria, tarjeta del sistema y un sistema integral de circuitos para mediciones y comunicación. Cuando el comunicador de campo 475 se usa para comunicarse con otros dispositivos, se deben seguir todas las normas y procedimientos aplicables a la región en cuestión. Si no se hace esto se puede ocasionar daños al equipo y/o lesiones personales. El

usuario debe comprender las secciones de este manual y seguir las instrucciones indicadas.



Figura 10. Comunicador HART 475 (Emerson, 2018)

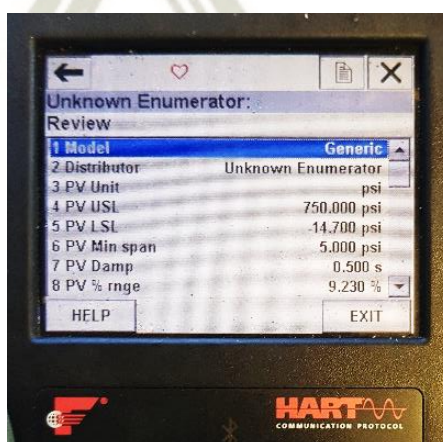


Figura 11. Información obtenida de un Transmisor de presión con un comunicador HART (Planta Prillex, 2018)

2.1.5. Transmisión de señales

Una señal de corriente ofrece una mayor resistencia contra efectos electromagnéticos que señales de tensión. Las perturbaciones electromagnéticas se manifiestan en variaciones de tensión y provocan pocas variaciones de corriente.

La señal de 4...20 mA se aplica a menudo en la transmisión de valores de presión y temperatura. Un transmisor por ejemplo puede convertir el rango de 0 a 10 bar a una señal de 4...20 mA. El conexionado habitual por ser el más económico es el de dos hilos en lugar del conexionado de tres hilos. Una rotura de cable se detecta al bajar la corriente por debajo de 3,8 mA y un cortocircuito provoca una subida por encima de 20,5mA (según NAMUR NE43).

Las variantes de 4...20 mA con tres hilos son poco habituales y se aplican únicamente para instrumentos que requieren un elevado nivel de energía auxiliar. Otras señales muy frecuentes en la automatización industrial son 0...10 V, 1...5V y 1...10 V. Las ventajas residen en el fácil manejo y en la detección fácil de errores mediante un multímetro.

Sin embargo, este tipo de señalización de tensión es muy susceptible a perturbaciones electromagnéticas, provocando errores de medición. Por lo tanto, se deben utilizar cables apantallados para la protección. Las señales de 0...10V, 1...5V 1...10 V son muy frecuentes como valores nominales de motores, pero también se aplican en contados casos en sensores de temperatura y presión.

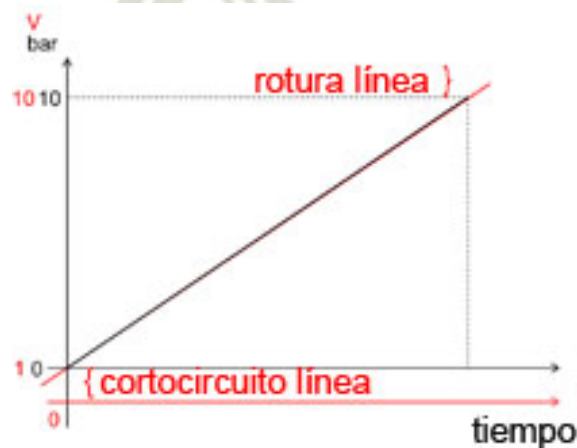


Figura 12. Mapeo de voltaje con presión (Elaboración Propia, 2019)

La forma más popular para transmitir señales en instrumentación industrial, aun hoy en día, es el estándar 4 a 20 miliamperios DC. Esta es una señal estándar, que significa que la señal de corriente usada es usada proporcionalmente para representar señales de medidas o salidas (comandos).

Típicamente, un valor de 4 miliamperios de corriente representa 0% de medida, y un valor de 20 miliamperios representa un 100% de la medida, y cualquier otro valor entre 4 y 20 miliamperios representa un porcentaje entre 0% y 100%.

Por ejemplo, si estamos calibrando un transmisor de temperatura a 4-20mA para medir rango de 50 a 250 grados C, podríamos representar los valores de corriente y temperatura como el siguiente gráfico:

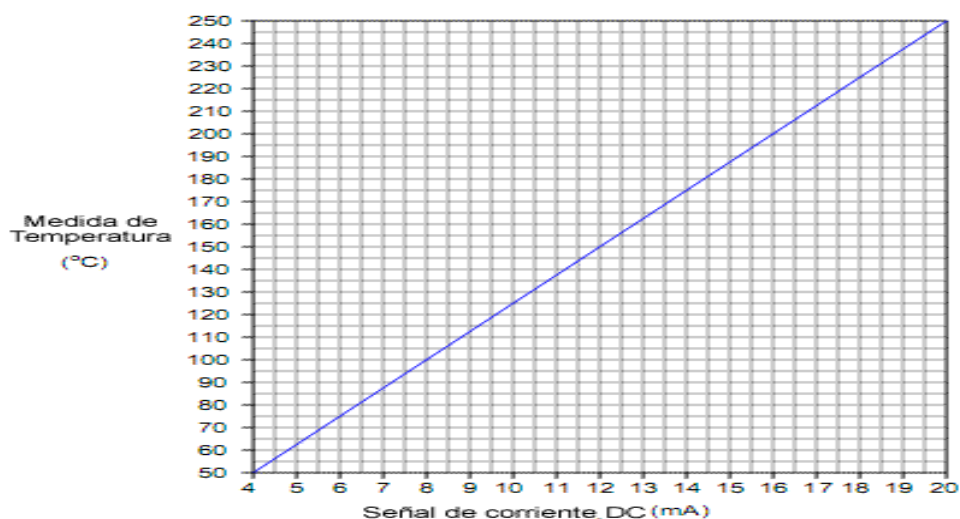


Figura 13. Mapeo de variable de Temperatura con señal de corriente 4 a 20 mA
(Elaboración Propia, 2019)

Por tanto, casi todos (aun hoy en día) sistemas de control usan dos diferentes señales de 4-20mA: una para representar variables de proceso (PV) y una para representar comandos hacia un elemento final de control (la variable manipulada o MV).

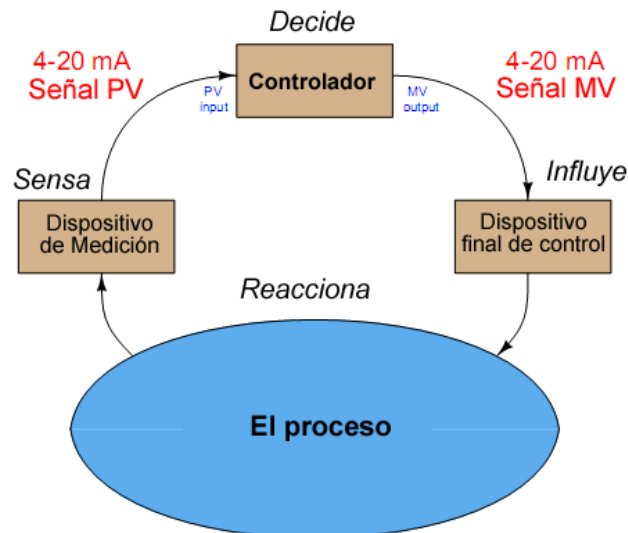


Figura 14. Bucle de control (aec.es, 2019)

La relación entre estas dos señales depender enteramente de la respuesta del controlador. No hay razón para decir que las dos señales van a ser iguales, porque representan dos cosas totalmente diferentes. De hecho, si el controlador es de acción inversa, es totalmente normal que las dos señales sean inversamente proporcionales, cuando la señal de proceso PV de incrementa va hacia el controlador de acción inversa entonces la señal de salida disminuye. Si el controlador es puesto en modo “manual” por el operador, la señal de salida no será automáticamente proporcionada a la señal de entrada PV del todo, en cambio esta señal será totalmente manipulada a gusto del operador.

Siendo una función lineal, podemos usar la ecuación de una recta para proporcional las señales medidas a sus respectivos valores de corriente:

$$y = mx + b$$

Donde:

y = Salida del instrumento

x = Entrada del Instrumento

m = Pendiente de la recta

b = punto de intercepto respecto a y (por ejemplo, el “live Zero” cero del rango del instrumento)

Esto será muy útil para nosotros cuando busquemos determinar el valor de señal 4-20mA de salida de cualquier transmisor, o la posición de vástago de una válvula ante una salida de señal 4-20mA, o cualquier otra correspondencia entre una señal 4-20mA y alguna variable física.

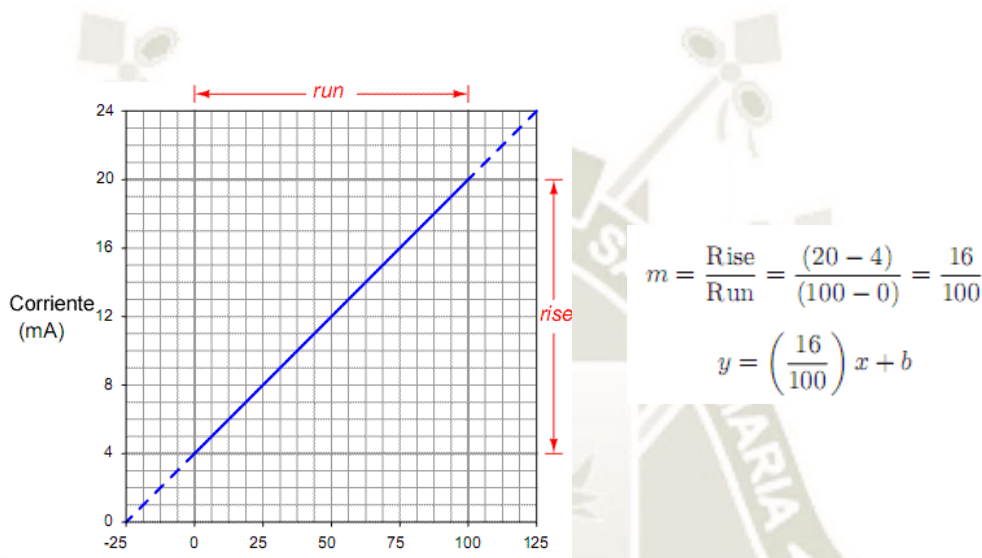


Figura 15. Calculo de pendiente para mapeo de corriente 4 a 20 mA (aec.es, 2019)

Para calcular el intercepto (b), todo lo que necesitamos hacer es resolver la ecuación en un punto determinado (x – y). En este caso probamos el punto (0,4) es decir a 0% tenemos 4 miliamperios y calculamos:

$$4 = \left(\frac{16}{100}\right) 0 + b$$

$$4 = 0 + b$$

$$b = 4$$

Ahora que tenemos nuestra ecuación completa podemos describir la relación entre la señal 4-20mA y una señal de apertura 0-100%, podemos usarla para determinar cuántos miliamperios representan cualquier porcentaje de señal. Por ejemplo, supongamos que necesitamos convertir un porcentaje de 34.7% a su correspondiente señal de corriente de 4-20mA, como se representa en la siguiente grafica

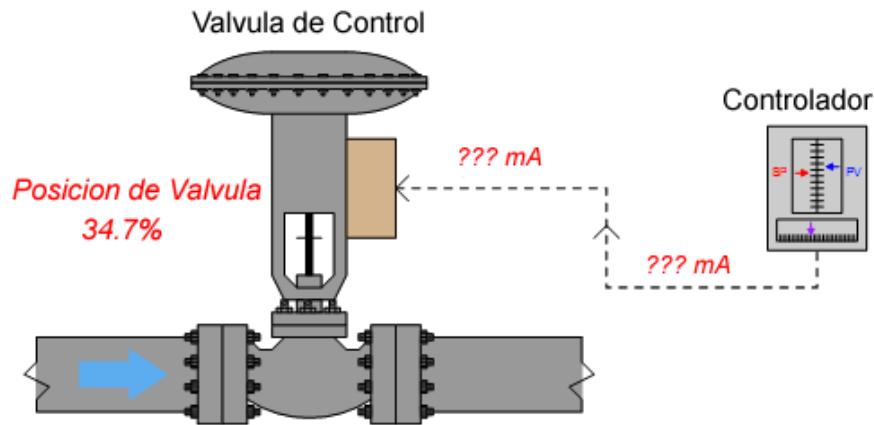


Figura 16. Control de válvula por 4-20 mA (aec.es, 2019)

Entonces haríamos algo como esto:

$$y = \left(\frac{16}{100} \right) 34.7 + 4$$

$$y = 5.552 + 4$$

$$y = 9.552$$

Por tanto, 34.7% es equivalente a 9.552 miliamperios en un rango de señal de 4-20mA. Este ejemplo es básico para la mayoría de mantenimientos realizados a los equipos, tanto válvulas como sensores de comportamiento lineal. Hay que tener cuidado en cuando los instrumentos, ya que la mayoría de sensores de flujo por presión diferencial tienen un comportamiento cuadrático, y no se comportara como lo ya explicado, debido a que su fórmula es diferente.

En la siguiente se aprecia cuando se está revisando la señal de salida por un transmisor de nivel, el cual tiene puntos de muestra instalados, pero como se aprecia en la siguiente Figura, esta muestra 0 mA, es decir que el instrumento está dañado. Sin embargo, para este caso, se revisó también la alimentación de 24 VDC, la cual estaba conforme, y también la señal de corriente colocando el multímetro en serie con la alimentación positiva.



Figura 18. Revisión de salida de corriente de un transmisor por medio de puntos de medición (Planta Rio Loa, 2016)

2.1.6. Diagrama de instrumentación y líneas:

El P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) es el diagrama de instrumentación y canalización, donde se refleja todos los equipos, actuadores, motores, estanques, etc., que tiene la planta y el flujo del proceso, esta herramienta es necesaria para un instrumentista al momento de conocer la filosofía del proceso y el las alarmas o eventos que puedan suceder. También es una herramienta importante para la ubicación de los equipos, debido a que en una planta o industria tan grande con más de 7000 mil instrumentos es muy difícil encontrar uno incluso si en la Orden de Trabajo no indica el equipo padre. Es muy importante para cualquier trabajador conocer la simbología de los instrumentos, pero más cuando se es instrumentista para saber cómo interpretarla. Actualmente existen normas que nos ayudan a estandarizar la información y también por norma siempre al inicio de todo folio de P&ID debe haber una tabla donde indique los conceptos generales

	T001	P001
SERVICE	STORAGE TANK	FEED PUMP
DATA	DIAMETER: 1000 mm HEIGHT: 3000 mm CAPACITY: 2.4 m ³	FLOW RATE: 5 m ³ /h DIFF. PRESSURE: 2.5 bar
DESIGN PRESSURE	10 barg	10 barg
DESIGN TEMP	50 °C	50 °C

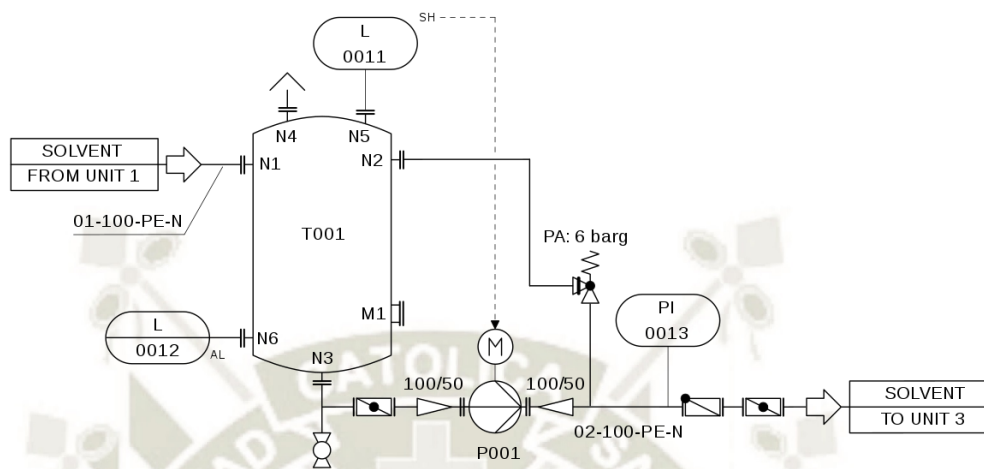


Figura 19. P&ID de un proceso de control de bomba (ANSI/ISA-S5.1)

	1° Letra	2° Letra		
Variable medida(3)	Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	Función de Salida	Letra de Modificación
A. Análisis (4)		Alarma		
B. Llama (quemador)		Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C. Conductividad			Control	
D. Densidad o Peso específico	Diferencial (3)			
E. Tensión (Fem.)		Elemento Primario		
F. Caudal	Relación (3)			
G. Calibre		Vidrio (8)		
H. Manual				Alto (6)(13)(14)
I. Corriente Eléctrica		Indicación o indicador (9)		
J. Potencia	Exploración (6)			
K. Tiempo			Estación de Control	
L. Nivel		Luz Piloto (10)		Bajo (6)(13)(14)
M. Humedad				Medio (6)(13)
N. Libre(1)		Libre	Libre	Libre
O. Libre(1)		Orificio		
P. Presión o vacío		Punto de prueba		
Q. Cantidad	Integración (3)			
R. Radiactividad		Registro		
S. Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)		Interruptor	
T. Temperatura			Transmisión o transmisor	
U. Multivariable (5)		Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V. Viscosidad			Válvula	
W. Peso o Fuerza		Vaina		
X. Sin clasificar (2)		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y. Libre(1)			Relé o compensador (12)	Sin clasificar
Z. Posición			Elemento final de control sin clasificar	

Figura 20. Identificación de Letras en planos P&ID (ANSI/ISA-S5.1)

Para cualquier instrumentista es necesario interpretar los sensores y actuadores del proceso, así como su ubicación en terreno por medio de los equipos padres, tales como un reactor, una caldera o una torre de absorción.

En la siguiente figura, se puede observar 3 válvulas controladas por la variable de flujo obtenida por el FIC-8104, el cual según el diagrama se trata de un flujo metro tipo córtex y se puede apreciar que 2 válvulas son de control discreto (XV-8104 y XV-8103) y 1 de control proporcional (FV-8104), manejado directamente por la variable del FIC. Otro aspecto importante que se puede rescatar de este plano, es el estado de las válvulas cuando ocurre un fallo o cuando se encuentran en su estado normal de reposo sin energía. Este estado se puede observar debajo de cada válvula con las siglas FC (Fail Close) o FO (Fail Open). También se puede rescatar que en este proceso existe un cambio de temperaturas brusco, ya que las líneas de proceso por donde pasa el fluido tienen aislamiento térmico.

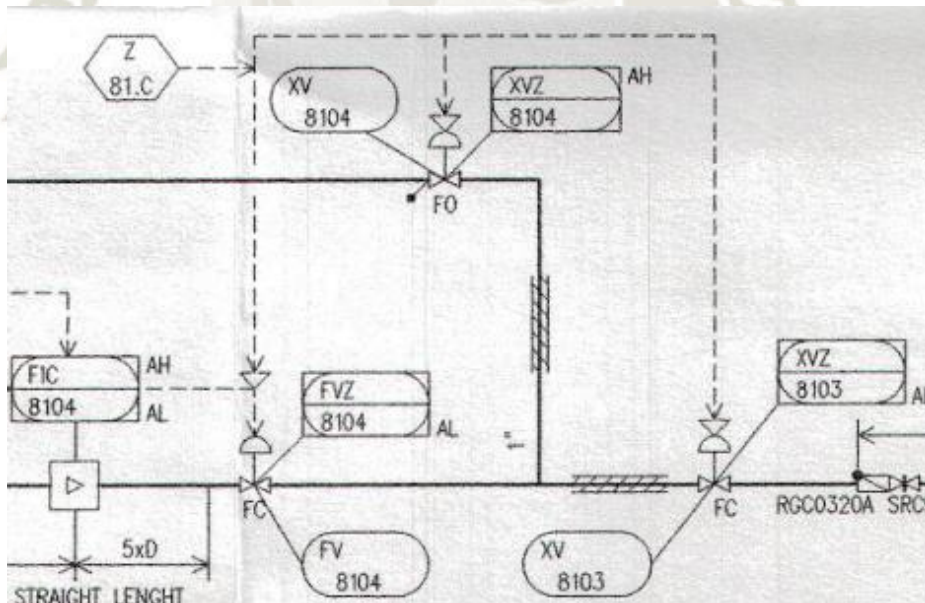


Figura 21. P&ID de un control de Válvulas (ENAEX, 2018)

2.2. Antecedentes

2.2.1. Enaex

Empresa chilena ubicada en el interior de Chile, es una de las más grandes productoras de nitrato de amonio, APD entre otras materias primas para la voladura. También es una empresa prestadora de servicios a la minería para tronadura y voladura. Enaex cuenta con más de 98 años de experiencia y trayectoria en el mercado de explosivos, desde el año 1990 es una filial del grupo Sigdo Koppers y a lo largo de su historia ha logrado establecerse como el tercer productor de nitrato de amonio más grande del mundo.



Figura 22. Logo de la Empresa (ENAEX 2019)

A fines de 1990 ingreso en la propiedad el grupo empresarial Sigdo Koppers S.A., obteniendo posteriormente el control de la sociedad en 1993. Este grupo participa entre otras actividades, en el sector de servicios a través de Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers S.A., Puerto Ventanas S.A. y su filial Fepasa S.A.; en el sector industrial a través de Enaex S.A., Magotteaux, en el sector automotriz a través de SKBergé S.A.; y en la importación, venta y arriendo de maquinaria pesada, equipos agrícolas y de transporte para la construcción e insumos a través de SK Comercial S.A. Al 31 de diciembre de 2017 el capital de Enaex S.A. estaba dividido en 123.000.000 de acciones, donde sus principales accionistas son:

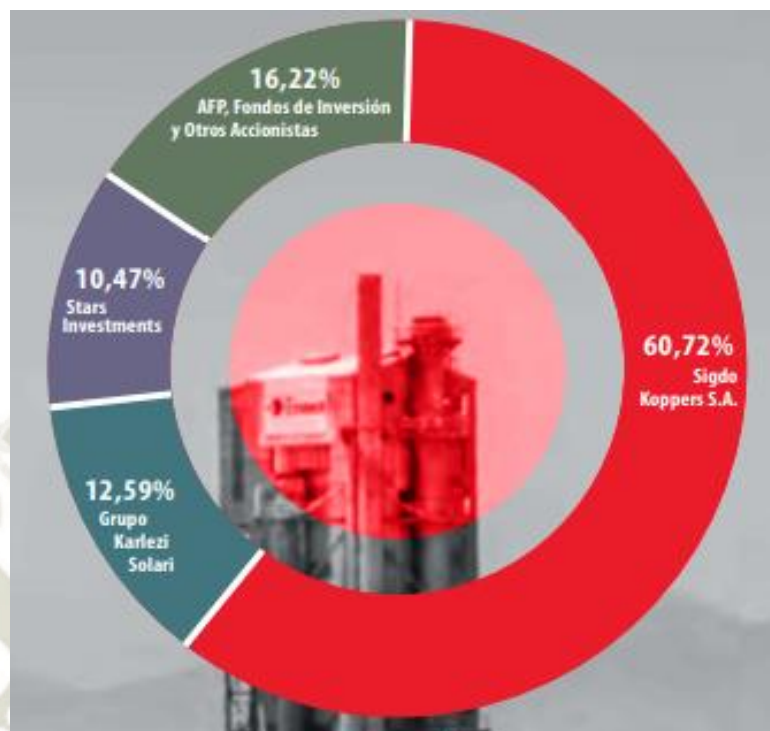


Figura 23. Estructura de la Propiedad al año 2018 (Memoria ENAEX, 2018)

Gracias a la extensa trayectoria en la producción de Nitrato de Amonio, la compañía se ha convertido en el mayor productor de Latinoamérica y el tercero a nivel mundial. Con sus 97 años en la industria, se ha consolidado como líder del mercado en servicios de voladura de la gran minería en Chile y un importante actor en la fabricación de explosivos de la región.

El Nitrato de Amonio es comercializado como materia prima para la fabricación de agentes de voladura en las diversas faenas mineras, con diferentes tipos de productos que se adaptan a las necesidades de cada faena, entregando soluciones específicas a cada cliente. A su vez, el Nitrato de Amonio producido por la compañía es comercializado directamente a sus clientes en Chile y en el extranjero, donde se destacan importantes destinos como Argentina, Bolivia, México y Perú, entre otros. Dentro de su gama de productos, Enaex S.A. produce una amplia cantidad de altos explosivos en la planta de Río Loa ubicada en Calama, donde se destacan diversos tipos de dinamita, boosters, emulsiones encartuchadas y detonadores. Este tipo de productos son necesarios para la entrega del servicio de voladura, tanto para la minería a cielo abierto y subterráneo, como también para la pequeña y mediana minería

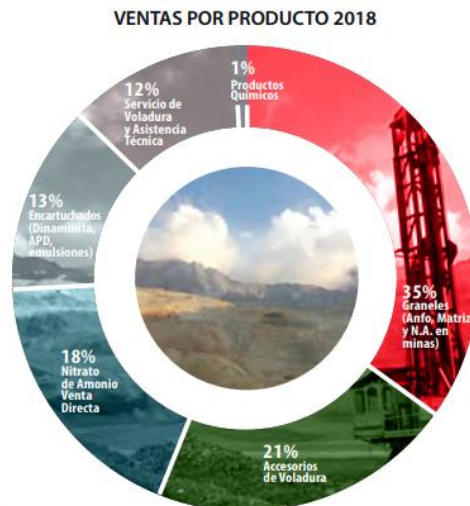


Figura 24. Ingreso de ventas por Producto al año 2018 (Memoria ENAEX, 2018)

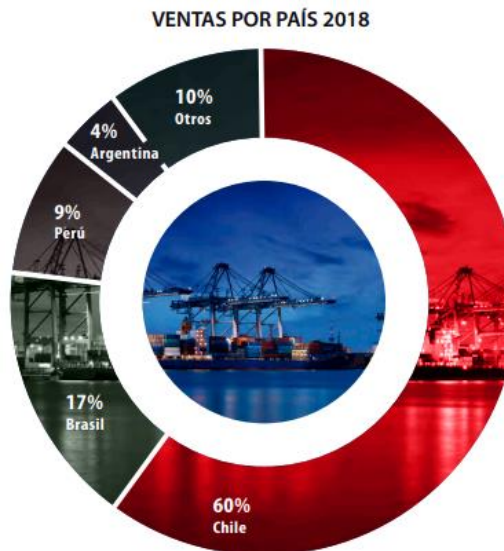


Figura 25. Ingreso de ventas por Destino al año 2018 (Memoria ENAEX, 2018)

A. Plantas productoras de Enaex

- CHILE:
 - PLANTA DE NITRATO DE AMONIO (PRILLEX AMÉRICA)
Ubicada en Mejillones.
Producción de Nitrato de Amonio.
Capacidad de producción actual: 850 mil ton/año.

- PLANTA MULTIMATRICES (PRILLEX AMÉRICA)
Ubicada en Mejillones.
Producción de emulsiones a granel.
Capacidad de producción actual: 250 mil ton/año.
- PLANTA DE DINAMITA Y EXPLOSIVOS (RÍO LOA)
Ubicada en Calama.
Fábrica de explosivos encartuchados.
(Dinamitas, Pentolita, PETN) ANFO en sacos y emulsiones a granel.
- PLANTA DE SISTEMAS DE INICIACIÓN (RÍO LOA)
Ubicada en Calama.
Fábrica de detonador no eléctrico, detonador no eléctrico dual, detonador no eléctrico troncal.
- PLANTA DE ANFO Y EMULSIONES (PUNTA TEATINOS)
Ubicada en La Serena.
Centro de distribución de Nitrato de Amonio, productos encartuchados y producción de emulsiones.
Capacidad de producción actual: 60 mil ton/año.
- ARGENTINA
 - PLANTA DE EMULSIONES Y CENTRO DE DISTRIBUCIÓN (CAMPANARIO)
Ubicada en la Provincia de San Juan.
Producciones de emulsión a granel.
- BRASIL
 - PLANTA DE EMULSIONES Y BOOSTERS
Ubicada en Quatro Barras.
Producción de matrices, emulsiones encartuchadas, boosters y otros.

- FRANCIA
 - PLANTA DE DETONADORES ELECTRÓNICOS Y OTROS
Ubicada en la ciudad de Hery.
Producción de detonadores electrónicos y otros accesorios.
- PERÚ
 - PLANTA DE NITRATO DE AMONIO (CACHIMAYO)
Ubicada en Cuzco. Producción de Nitrato de Amonio.
Capacidad de producción actual: 35 mil ton/año.
- ESTADOS UNIDOS
 - PLANTA DE EMULSIONES
Ubicada en Rush Valley, Utah.
Producción de emulsiones.
Capacidad de producción actual: 20 mil ton/año.

B. Productos producidos

PRILL: El Nitrato de Amonio marca Prillex® es un producto prillado, fabricado por Enaex S.A. y diseñado con una avanzada tecnología, que entrega a los gránulos del Prill en todo su volumen, micro poros y una excelente estructura micro cristalina. Esto permite controlar una densidad específica, mantener una buena absorción de Fuel Oil, siendo esta rápida de absorber y homogénea en todo el gránulo, lo que genera una mezcla estable sin pérdida del Fuel Oil, aún después de varios meses. Estas características entregan al nitrato de amonio una buena velocidad de detonación. Es un producto de baja densidad y el de mayor consumo a nivel Nacional (Enaex, 2016).

- **BENEFICIOS:** Dada su baja densidad, permite importantes ahorros en el consumo global de nitrato de amonio, respecto de otros productos disponibles en el mercado.
- **USOS:** El principal uso es la fabricación de ANFO, que es un agente de voladura de bajo costo, especialmente recomendado para minería subterránea y preferentemente voladuras de superficie. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación y sin presencia de agua en las perforaciones. Puede ser usado tanto en minería como en obras civiles (Enaex, 2016).
- **PRESENTACIÓN:** Maxibags de 1.000, 1.100, 1.250 y 1.300 kg de polipropileno con bolsa interior de polietileno.
- **FABRICACIÓN:** Planta Prillex® América, Enaex S.A.



Figura 26. Nitrato de amonio PRILL (ENAEX, 2019)

APD: El APD-UP ONE es una carga explosiva de Pentolita de Alta potencia, especialmente diseñada para minería subterránea para ser utilizada en tiros ascendentes, en zonas de hundimiento, zanjas o embudos. Este APD facilita la operación del primado y su colocación puede ser hecha con la misma manguera de carguío de anfo o emulsión El APD-UP ONE es una carga explosiva de Pentolita de Alta potencia, especialmente diseñada para minería subterránea para ser utilizada en

tiros ascendentes, en zonas de hundimiento, zanjas o embudos. Este APD facilita la operación del primado y su colocación puede ser hecha con la misma manguera de carguío de anfo o emulsión (Enaex, 2016).

- **USOS:**
 - Utilizar como iniciador mínimo un Cordón detonante de 10 g/m.
 - Utilizar como primado óptimo un Detonador N°8, eléctrico o no eléctrico, o mayor.
 - La duración garantizada de este producto es de 5 años (Enaex, 2016).
- **PRESENTACIÓN:** Boosters para tiros ascendentes, el cual comprende de una carga explosiva de Pentolita de alta potencia, diseñada para ser utilizada en tiros ascendentes en la minería subterránea
- **FABRICACIÓN:** Planta Río Loa, Enaex Servicios S.A.



Figura 27. Cartuchos de APD (ENAEX, 2019)



Figura 28. Lugares en el mundo donde se encuentra ENAEX (Memoria ENAEX, 2018)

C. Valores corporativos:

- Nuestra prioridad LA VIDA
- Nuestra vocación LOS CLIENTES
- Nuestra obsesión LA EXCELENCIA
- Nuestra fortaleza LA INNOVACIÓN Y EL EMPRENDIMIENTO



Figura 29. Camión Fabrica Milodon (ENAEX, 2019)

D. Huella de carbono corporativa

Durante el año 2018, las emisiones totales de CO₂ equivalente fueron aproximadamente 1,02 millones de toneladas, un 20% menor respecto al año 2017. Esta reducción en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero se explica, principalmente por un aumento en la eficiencia de funcionamiento del sistema EnviNOx, que reduce las emisiones de N₂O, al menor uso de insumos y a la integración de los sistemas nacionales de distribución de energía, SING y SIC, que redujo su factor de emisión de la electricidad entregada por la red en un 40%. El cálculo de la Huella de Carbono Corporativa de Enaex se realiza desde el año 2009 siguiendo la metodología establecida por el GHG Protocol y ha sido verificada desde el año 2012 por una entidad independiente.

MTon CO ₂ equivalente	2016	2017	2018	Meta 2018	Cumplimiento
Emisiones Directas	233	254	194	↓15% Respecto al año 2017	100%
Emisiones Indirectas (Energía comprada)	37	27	17		100%*
Otras Emisiones Indirectas	915	999	811		100%
Total	1.185	1.280	1.022		100%

*Reducción adicional a la disminución en el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional

Figura 30. Resumen de Huella de Carbono corporativa (Memoria ENAEX, 2018)

2.2.2. Metodología lean

Lean manufacturing ('producción ajustada', 'manufactura esbelta', 'producción limpia' o 'producción sin desperdicios'). Es un modelo de gestión enfocado en la creación de flujo para poder entregar el máximo valor a los clientes. Para ello, utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los necesarios. La creación de flujo se focaliza en la reducción de los ocho tipos de "desperdicios" en productos manufacturados:

- Sobreproducción.
- Tiempo de espera.
- Transporte.
- Exceso de procedimientos.
- Inventario.

- Movimientos.
- Defectos.
- No utilizar la creatividad de la gente.

Eliminando el despilfarro, mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el coste. Las herramientas lean (en inglés, ‘ágil’, ‘esbelto’ o ‘sin grasa’) incluyen procesos continuos de análisis (llamadas kaizen en japonés), producción Pull (‘disuasión e incentivo’, en el sentido del término japonés kanban), y elementos y procesos «a prueba de fallos» (poka yoke, en japonés), con la filosofía del Monozukuri (‘hacer las cosas bien’, en japonés), todo desde el Gemba japonés o área de valor.

Un aspecto crucial es que la mayoría de los costes se calculan en la etapa de diseño de un producto. A menudo un ingeniero especificará materiales y procesos conocidos y seguros a expensas de otros baratos y eficientes. Esto reduce los riesgos del proyecto, o lo que es lo mismo, el coste según el ingeniero, pero a base de aumentar los riesgos financieros y disminuir los beneficios. Las buenas organizaciones desarrollan y repasan listas de verificación para validar el diseño del producto (Empresa Lean, 2016).

En Enaex, se han optado con varias herramientas, se nombran algunas:

5S: Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. En Inglés se ha dado en llamar “**housekeeping**” que traducido es “ser amos de casa también en el trabajo”

JAPONES	CASTELLANO
Seiri	Clasificación y Descarte
Seiton	Organización
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Higiene y Visualización
Shitsuke	Disciplina y Compromiso



Figura 31. Antes y después de aplicar 5'S en cajón de herramientas (Planta Prillex, 2018)

GEMBA WALK: La palabra Gemba es un término japonés que significa “lugar de trabajo, el lugar real donde ocurren las cosas”, y cuando decimos que vamos al Gemba (Gemba Walk) indicamos la acción de ir a observar el proceso, entender la manera como se está desarrollando el trabajo, hacer preguntas y aprender para mejorar de forma continua los procesos. Debemos hacerlo cada vez que nos enfrentemos a un problema, pero también como una rutina. A lo largo de los años hemos conocido muchos directores que empiezan su jornada con “el paseo” o celebran semanalmente una “reunión itinerante”.



Figura 32. Auditoria de Recorrido Gemba (Planta Prillex, 2018)

5W Y 1H (¿5 PORQUÉS Y 1 CÓMO?): Esta técnica fue inspirada en el proceso creativo de Rudyard Kipling, autor hindú de numerosos relatos, poesías y novelas (entre ellas “El libro de la selva”), con el objetivo de hacer fluir sus ideas.

“Tengo 6 honestos sirvientes. Ellos me enseñaron todo lo que sé. Los llamo Qué, Dónde, Cuándo, Cómo, Por qué y Quién.” Rudyard Kipling

Fecha de Inicio (Cuándo)	Oportunidad (Cuál)	Acción (Cómo)	Responsable (Quién)	Fecha Cierre (Cuándo)	Estatus (Sí/No, O/N)
15-3	25/10 MANTENIMIENTO ORDEN Y LIMPIEZA DE MESA	INSISTIR AL EQUIPO SOBRE LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	EDMUNDO	26/10	P
15-3	25/10 MEJOR CALIDAD EN MANIPULACIÓN X USUARIOS	MANTENER ESTROPEADO MODO DE LIMPIEZA	CARLOS P.	30/10	P
25-3	25/10 MANTENIMIENTO ORDEN Y ORGANIZACIÓN	DEMARCAR ÁREA CON CINTA AMARILLA	MARCO L.	3/11	P
25-3	25/10 FACIL IDENTIFICACIÓN DE BARRIDORES	SOLICITAR RENOVACIÓN E IDENTIFICACIÓN	JUAN S.	3/11	P

Figura 33. Tabla de compromisos con metodología 5W y 1H (Planta Prillex, 2018)

PIT (PLAN DE IMPLEMENTACIÓN TÁCTICA): Esta técnica está basada en un conjunto de acciones resultantes de la técnica 5W y 1H, en la cual se define a un responsable de gestionar y liderar la acción de forma estratégica para resolver el problema analizado

RDG (REUNIÓN DE DESEMPEÑO GEMBA): Como se explicó, Gemba significa en lugar de trabajo, la RDG, es una metodología que involucra a un grupo pequeño de personas de una misma especialidad o área, con el objetivo de resaltar todos los puntos importantes que se encuentran en el día a día y así poder resolverlos o infórmalos, todo esto con foco a los objetivos de productividad de la empresa (KPI)

RDP (RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS): De igual forma que la RDP, cuando se levanta un problema que pueda afectar la productividad de la empresa es necesario crear una mesa de trabajo para poder resolver el problema de manera eficiente y eficaz,

en esta mesa es necesario que se involucren tanto operadores como supervisores, para que se puedan tomar todos los aspectos de experiencia y conocimientos



Figura 34. Reunión Gemba (Planta Prillex, 2018)

CAPITULO 3. INFORME DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL

3.1. Descripción General de experiencia

3.1.1. Funciones principales del cargo

- Gestionar la actualización de los trabajos de mantenimiento por Software SAP en el módulo PM, cerrando, notificando y creando Órdenes de mantenimiento.
- Crear avisos de mantenimiento por medio de Software SAP en el módulo PM
- Generar las reservas necesarias para poder retirar de bodega los insumos y repuestos necesarios para realizar las actividades ya mencionadas
- Velar por la disponibilidad de la planta realizando mantenimientos de calidad e informando los eventos en la misma para ser corregidos lo más antes posible o con la planificación necesaria
- Mejorar los planes de mantenimiento, por medio de la experiencia y las nuevas técnicas que se desarrollan en el crecimiento del ámbito laboral
- Generar y/o mejorar procedimientos de trabajo para facilitar los mantenimientos preventivos y correctivos, de manera que la información necesaria se pueda difundir en los nuevos técnicos que realizan estos mantenimientos
- Realizar un constante levantamiento del estado de los equipos, así como sus modificaciones en cuanto a marca o modelo, con el objetivo de tener información fiable actualizada
- Realizar mantenimiento a las otras plantas productoras al interior de Chile, generando sinergia y capacitando al personal en las medidas necesarias para preservar el correcto funcionamiento de sus equipos
- Realizar mantenimientos preventivos, correctivos, predictivos a los instrumentos de medición y equipos de control de la planta garantizando la confiabilidad operacional en el proceso
- Atender los llamados de emergencia que pudiesen ocurrir en la planta dados por el supervisor de mantenimiento o jefe de turno y/o apoyar al instrumentista de turno cuando este se requiera

3.1.2. Propósitos del puesto

- Recopilar información de los instrumentos y actuadores usados en la industria
- Obtener la experiencia técnica que apoya la gestiona correspondiente en un Ingeniero de Campo
- Obtener la experiencia y habilidad para intervenir un equipo de manera eficiente y eficaz, así como reconocer el modo de falla que puedan presentar los equipos ante un evento
- Capacitación constante otorgada por la empresa en cuanto a cursos de normativa legal y seguridad
- Aprender de primera mano la forma correcta de analizar una falla crítica y generar estrategias para que esta no suceda por medio de oportunidades de mejora y aprendizaje obtenido
- Aprender las medidas de seguridad que se encuentran en el campo y reconocer los peligros expuestos al momento de intervenir un equipo

3.1.3. Resultados concretos

- Se obtiene experiencia necesaria en terreno para mejorar la toma de decisiones al momento de realizar proyectos o gestión como Ingeniero Mecatrónico en rubro de automatización
- Se obtiene las habilidades necesarias para poder instruir a futuros colegas cuando llegue el momento de tomar el liderazgo de un grupo
- Se aprendieron las normas de seguridad básicas y criterio necesario para realizar los trabajos de forma segura y eficiente

3.2. Tareas principales:

Resumiendo mis actividades principales, decidí agruparlos en 4 grandes grupos, los cuales son actividades representativas para el perfil de cualquier ingeniero:

3.2.1. Mantenimiento de Instrumentación:

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida- Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes. En las ramas de la Ingeniería algunas especializaciones son: Ingeniería en mantenimiento industrial e Ingeniería en mantenimiento mecánico (Chile Technological University of Professional Institute of Technical Training Center, Copiapó, 2018).

En las operaciones de mantenimiento pueden diferenciarse las siguientes definiciones:

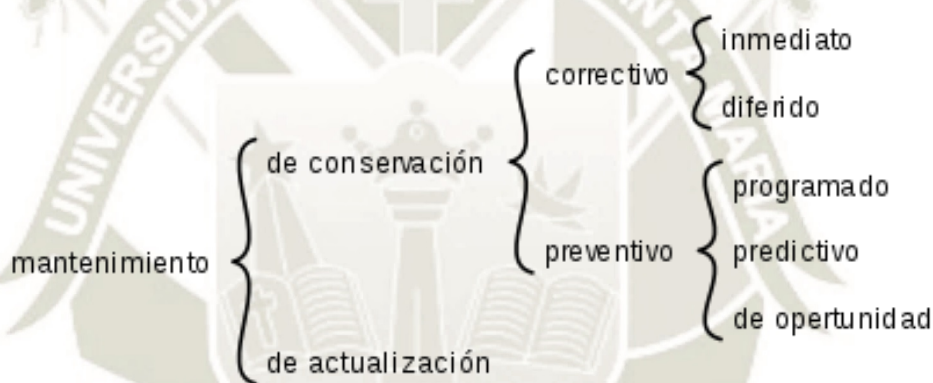


Figura 35. Tipos de Mantenimiento (Fuente Propia, 2019)

a. MANTENIMIENTO DE CONSERVACIÓN:

Está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones físicas y químicas a las que fue sometido. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse:

- **Mantenimiento correctivo:** Es el encargado de corregir fallas o averías observadas.
- **Mantenimiento correctivo inmediato:** Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o falla, con los medios disponibles, destinados a ese fin. En la Figura se podrá ver un Transmisor de Temperatura TT, el cual tuvo una

fuga interna por la thermowell. El equipo está instalado en un reactor donde hay gases nitrosos y corrosivos, por lo que el equipo quedó como se puede apreciar.



Figura 36. Bornes corroídos por fisura en Thermowell de un sensor de Temperatura (Planta Prillex, 2018)

- **Mantenimiento correctivo diferido:** Al momento de producirse la avería o falla, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin. La siguiente Figura, muestra una fuga de ácido por el vástago de una válvula de control Fisher. La cual está ubicada en una Torre de Absorción, para esta falla fue necesario detener el área para que pueda ser entregado a mantenimiento, debido a que esta alimenta el proceso productivo. Y no se podía seguir trabajando con una fuga como la mostrada por motivos de seguridad

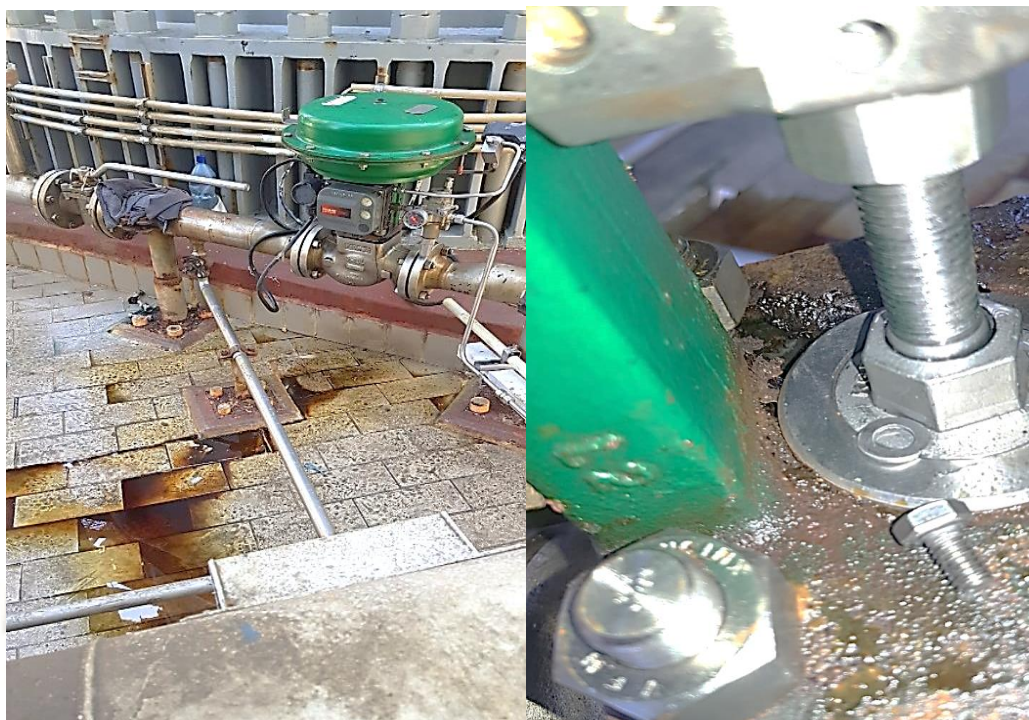


Figura 37. Fuga de ácido por prensa en válvula controladora de Ácido Nítrico
(Planta Prillex, 2018)

- **Mantenimiento preventivo:** Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro
- **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc. En este caso se ve el antes y después de un mantenimiento preventivo a válvulas de control ON-OFF de La Planta Punta Teatinos, ubicada en la Serena, a la que tuve la oportunidad de atender un Paro de Planta programado para realizar mantenimientos preventivos, debido a que esta planta productiva es pequeña y no posee un equipo de mantenimiento.

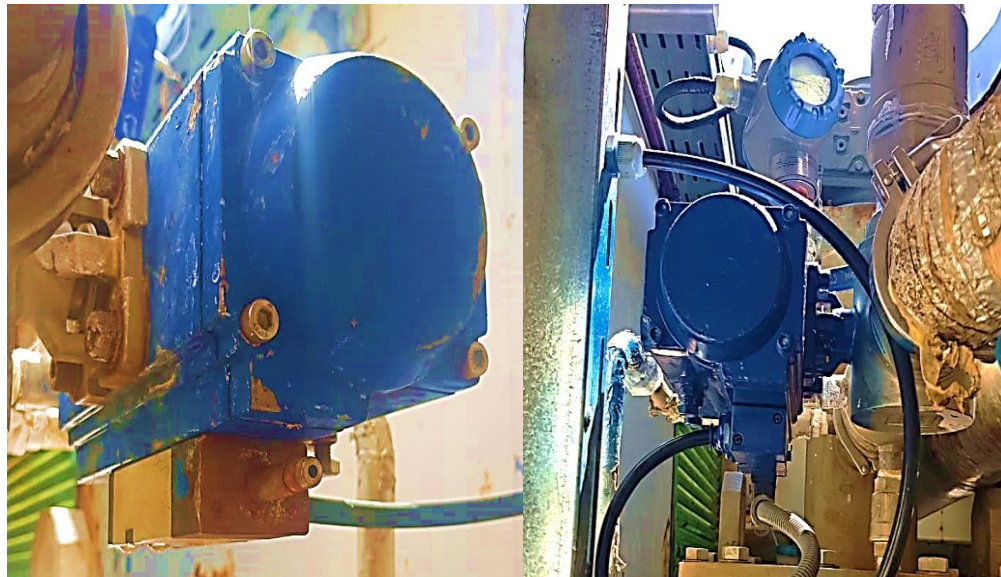


Figura 38. Antes y después de mantenimiento preventiva de válvula neumática
(Planta Prillex, 2018)

En el mantenimiento preventivo de equipos, usualmente se puede basar en la información dada por el fabricante, ya que este nos da las pautas de mantenimiento, frecuencia, modo de reparación, listado de repuestos y listado de averías. Sin embargo es trabajo del ingeniero o el técnico de mantenimiento el definir si estas pautas se acomodan al trabajo en la planta, ya que debido a que todas las plantas tienen comportamientos diferentes y formas de trabajo diferentes, no siempre se puede acatar dichas pautas.

Por otro lado, como ya se explicó, es importante intentar seguir las frecuencias de mantenimiento, pero en los equipos en instrumentación que son mayormente electrónicos, es más complicado realizar un mantenimiento preventivo. Como se puede apreciar en la siguiente imagen, de un Posicionador de carrera para válvulas, el cual es un componente completamente electrónico, donde si uno lee su manual, puede encontrar pautas de mantenimiento que indican limpieza periódica, y se centra más en el listado de averías y modos de reparación.



6 Mantenimiento

El posicionador no requiere mantenimiento. En las conexiones neumáticas Supply y Output hay filtros con un tamiz de 100 μm , en caso necesario se pueden desenroscar y limpiar. Se deben observar las instrucciones de mantenimiento de la estación reductora de aire previa.

Figura 39. Posicionador electro neumático Samson 3270, a su derecha, su pauta de mantenimiento (SAMSON, 2019)

Sin embargo en máquinas con varios equipos rotativos o en sistemas completos, es más común encontrar pautas de mantenimiento, con frecuencias más definidas, pero cabe resaltar otra vez, que estas frecuencias deben conversar con las paradas programadas de la arte operacional, ya que todo mantenimiento debe ir enfocado en el concepto de negocio, para así garantizar ganancias a la empresa. Como se puede apreciar en la siguiente imagen de un sistema de ensacado de maxi sacos, el cual el fabricante nos da pautas y frecuencias de mantenimientos para así garantizar el máximo de vida útil con respecto al diseño que este nos manda.



Figura 40. Máquina ensacadora de Maxi Sacos de 1000 a 1300 kg, a su derecha, Planes de mantenimiento en diferentes frecuencias (Payper, 2019)

En una de las oportunidades me tocó trabajar en el Área de Mantenimientos de camiones Fábrica. En esta experiencia tuve la oportunidad de aprender de 2 especialidades, Mecánica Hidráulica e Instrumentación. Las tareas encargadas como practicantes eran de apoyo al técnico en mantenimiento de bombas de cavidad progresiva marca NETCH y NEMO, bombas de engranajes, bloque de válvulas hidráulicas y sistema se motor hidráulico.

Por otro lado, en el área de Instrumentación de camiones fábricas, se le hacía mantenimiento preventivo del sistema electrónico del camión. Las partes más importantes del camión por parte de instrumentación son:

- Panel de Control (PLC y relés de Control)
- Panel de fuerza (Batería del Camión y sistema eléctrico)
- Panel HMI y/o control Local (Botonera y palanca de control del Camión)
- Sensores asociados a las bombas y Tolvas del Camión

Dichas tareas, eran encomendadas en un sistema coordinado, donde los camiones estaban programados para llegar a planta en cierta fecha y tenían un periodo en el cual se debía hacer todos los mantenimientos necesarios en un lapso de 2 o 3 días para luego retomaran su trabajo normal en faena minera. En el área existían 3 tipos de mantenimiento:

- Trimestral
- Anual
- Overhall

Tal como yo pude observar, realice un plan de mantenimiento para los camiones fabrica Quadra en las cuales resalte las principales actividades en el área de instrumentación y control e Hidráulica (**ANEXO 2**).

- **Mantenimiento Predictivo:** Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

- **Mantenimiento de oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización. En la siguiente Figura se puede apreciar un equipo deteriorado por la carcasa, en este caso el equipo no presentaba daños en su funcionamiento interno, pero si presentaba un posible punto de falla. Debido a que es equipo solo se puede revisar en un Paro de Planta Programado o en una detención, se programó para un evento como tal para poder realizar un cambio preventivo.



Figura 41. Transmisor de temperatura deteriorado por gases nitrosos (Planta Prillex, 2017)

b. MANTENIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN:

Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad sí deben serlo.

- Software de gestión de mantenimiento y reparación: Esto es especialmente relevante en industrias como la aeroespacial, instalaciones militares, grandes

complejos industriales o navieras. Una de las funciones de este software es la configuración de un conjunto de materiales, haciendo listados de las partes correspondiente a ingeniería y a manufactura y actualizándolas de “entregadas” a “mantenidas” y finalmente a “utilizadas”. Otra función es la planificación de proyectos logísticos, como por ejemplo la identificación de los elementos críticos de una lista que deben ser llevados a cabo (inspección, diagnóstico, localización de piezas y servicio) y el cálculo de tiempos de respuesta. Otras tareas que este software puede gestionar son:

- Planificación de proyectos,
 - Gestión de la ejecución de proyectos
 - Gestión de activos (partes, herramientas e inventario de equipos)
 - Gestión del conocimiento en temas como:
 - Histórico de mantenimiento
 - Número de serie de partes y material
 - Datos sobre fiabilidad: tiempo medio entre fallos y tiempo medio entre cambios
 - Documentación y mejores prácticas (Best Practices) sobre mantenimiento
 - Documentos sobre garantías
 - Muchas de estas tareas se encuentran ya gestionadas por la gestión de mantenimiento asistido por computadora.
 - Software de gestión de mantenimiento y reparación
 - Mantenimiento Correctivo.
- **SOFTWARE SAP ERP:** SAP ERP es un software de planificación de recursos empresariales desarrollado por la empresa alemana SAP SE. SAP ERP incorpora las funciones comerciales clave de una organización. La última versión (SAP ERP 6.0) se puso a disposición en 2006. El paquete de mejora más reciente (EHP8) para SAP ERP 6.0 se lanzó en 2016.

Los procesos empresariales incluidos en SAP ERP son operaciones (ventas y distribución, gestión de materiales, planificación de producción, ejecución logística y gestión de calidad), finanzas (contabilidad

financiera, contabilidad de gestión, gestión de la cadena de suministro (gestión financiera), gestión del capital humano (formación, nómina, e -Recruiting) y servicios corporativos (gestión de viajes, medio ambiente, salud y seguridad, y gestión inmobiliaria)

Ventajas

- Permite una integración global más sencilla (las barreras de los tipos de cambio de divisas, el idioma y la cultura se pueden puentear automáticamente)
- Las actualizaciones solo se deben hacer una vez para implementarse en toda la compañía
- Proporciona información en tiempo real, lo que reduce la posibilidad de errores de redundancia
- Puede crear un ambiente de trabajo más eficiente para los empleados ^[9]
- Los vendedores tienen conocimiento y experiencia del pasado sobre cómo construir e implementar mejor un sistema
- La interfaz de usuario es completamente personalizable y permite a los usuarios finales dictar la estructura operativa del producto

Desventajas

- Enlazado en una relación por contrato y capacidad de administración con el proveedor: un contrato puede mantener a una compañía con el proveedor hasta que caduque y puede ser poco rentable cambiar de proveedor si los costos de conmutación son demasiado altos.
- Inflexibilidad: los paquetes de proveedores pueden no encajar bien en el modelo de negocios de una empresa y la personalización puede ser costosa
- El retorno de la inversión puede llevar demasiado tiempo para ser rentable
- Las implementaciones tienen un riesgo de fracaso del proyecto.

En el caso particular de nuestra planta, como equipo de mantenimientos, los usos principales son:

- Generar Avisos de Mantenimiento o Intervención de Equipos

- Generar Ordenes de Trabajo para trabajos preventivos o Inspecciones
- Generar Reservas para el retiro de repuesto o insumos para realizar un mantenimiento
- Generar Solicitudes de pedido de repuestos y Órdenes de Compra
- Seguimiento de Ordenes de compras
- Planificación de Paros de Planta por medio de tendencia de intervención de equipos o avisos de mantenimiento

Figura 42. Creación de Orden de Trabajo (SAP, 2019)

S	Order	Type	Bsc start	Description
	503483	SM...	20.11.2014	One Year AMC
	503484	SM...	21.11.2014	AC Install
	503486	SM...	21.11.2014	AC Install
	503487	ZM...	22.01.2015	
	819909	PM...	26.11.2014	Preventive maintenance plan for Pump
	820460	PM...	23.01.2015	test

Figura 43. Listado de órdenes de trabajo (SAP, 2019)

c. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO

En la planta cada trabajador de terreno tiene su propia técnica o método de realizar los trabajos solicitados, ya que las habilidades que adquiere por experiencia o capacitación de alguna visita técnica por experto hace que el técnico aprenda “secretos” o tácticas para intervenir un equipo o solucionar un problema que no sale en el manual, debido a que solo el personal especialista de un instrumento tiene acceso a esa información.

Debido a que es en sí, estas técnicas y secretos permiten realizar un mantenimiento eficaz y eficiente, y que además por motivos personales el técnico no está dispuesto a compartir, es que en un futuro que no se encuentre el técnico o el especialista puede ocurrir una falla y no es posible atacar el problema de manera rápida. Para esto es necesario plasmar la información en un procedimiento, una anotación en el manual del equipo o simplemente un informe de turno. Esta información debe ser de fácil acceso para futuros sucesos, actualmente en la planta contamos con 3 sistemas de información.

La mayoría de las Áreas de Mantenimiento, siempre tienen un respaldo de toda la documentación de la planta, así como los cambios realizados ya sea por actualización o reingeniería. Esta información es necesaria al intervenir un equipo, ya que nos ayuda a tener una mejor noción de las características principales del instrumento, así como los puntos de conexión y de proceso

- DATA SHEET: Las hojas de datos o Data Sheet, son la información dejada por ingeniería de un equipo instalado, donde sus principales características son:
 - Marca
 - Modelo
 - Conexión a Proceso
 - Coeficiente de flujo (CV o Kv)
 - Alimentación
 - Tipo de Señal
 - Rango configurado


La Figura mostrada a continuación es el modelo general usado en la empresa, sin embargo, cuando algún proyecto es realizado por una empresa contratista, esta usa

su propia hoja de datos y lo entrega al en el proceso de partido para dar las revisiones necesarias y los puntos de corrección requeridos. Uno de mis labores en el caso de que se realiza un proyecto nuevo, es el levantamiento de los equipos instalados para luego comparar con la documentación correspondiente, así como asegurar que el equipo quedo instalado correctamente y cumpla con los requisitos del proceso.


GENERAL	1	N° Tag						
	2	Servicio						
	3	Aplicación						
	4	Localización						
	5	Tamaño Línea	Schedule					
	6	Clasificación de Área						
	7	N° PD						
CONDICIONES PROCESO	8	Fluido	Estado					
	9	Caudal	Min.	Norm.	Máx.			
	10	Temperatura	Min.	Norm.	Máx.			
	11	Presión	Min.	Norm.	Máx.			
	12	Densidad	Peso Molecular					
	13	Viscosidad	Factor de Compresibilidad					
	14	Máx. Pérdida de Carga Permitida						
	15	Flujo Bi-direccional						
	16	Presión de diseño	Temperatura de Diseño					
	17	Presión de vapor	Relación Cp/Cv					
	18	Propiedad Corrosivo / Abrasivo	Espuma					
19	Flujo Pulsante							
20	Vibración en la localización del sensor							
SENSOR	26	Tipo de Construcción						
	27	Conexión a Proceso	Material de la conexión					
	28	Fluido de Relleno						
	29	Tamaño nominal	Diámetro Interno					
	30	Material Tubo sensor						
	31	Tipo de Capilar	Revestimiento					
	32	Material Diafragma						
	33	Distancia al transmisor						
	34	Conexión eléctrica						
	35	Material capilar						
TRANSMISOR	37	Protección mecánica						
	38	Rango Calibración	Densidad	Temperatura				
	39	Rango Instrumento	Conexión eléctrica					
	40	Indicador local						
	41	Montaje del transmisor (Integral/Remoto)						
	42	Tipo de elemento						
	43	Salida Analógica	Salida de Frecuencia					
	44	Comunicación Digital	Protocolo Comunicac.					
45	Certificación eléctrica							
46	Precisión	Repetibilidad						
OPCIONES	47	Diseño Seguridad Intrínseca						
	48	Cable conex. transmisor/sensor	Longitud					
	49	Traceado						
COMPRA	51	Fabricante						
	52	Modelo						
	53	N° Orden de Compra Vendedor						
	54	N° Orden de Compra Enaex S.A.						
	55	Modelo de Sello No.						
Notas: 1								
					ESPECIFICACIÓN INSTRUMENTO			
							Página 1 de 1	
No.	Por	Fecha	Revisión	Cod:	N°Doc:	Rev.:0		

Figura 44. Hoja de Datos de instrumento (ENAEEX, 2018)

- **INFORME DE TURNO:** En nuestro rubro, existen 2 tipos de horario de trabajo, el turno y el administrativo, en el cual el turno se basa en un horario rotativo de 4 días de trabajo y 4 días de descanso con cambios por turno entre día y noche, así la planta nunca estará sin guardia ante cualquier evento. Mientras que el turno administrativo trabaja solamente de lunes a viernes. Por tal motivo es necesario el traspaso de información entre colegas de turno y administrativo. Es así que en nuestra empresa se usan los informes de turno y los informes administrativos, donde el instrumentista anota todos los equipos intervenidos y los mantenimientos preventivos realizados con una explicación más informal y entendible por los colegas. Aunque en nuestra empresa se usa el SAP PM, donde se tiene unos registros de los mismos trabajos y con un enfoque más global, es necesario una explicación más extensa y detallada que no logra dar los softwares SAP. A continuación, se muestra el formato usado en la empresa para redactar un informe:



Enaex
ENAEX S.A.
PLANTA PRILLEX AMERICA



SUPERINTENDENCIA MANTENIMIENTO
AREA INSTRUMENTACION Y CONTROL

INFORME DE TURNO		
RESPONSABLE DEL TURNO:	Alexis Amedondo Cortes Alberto Villablanca Espinoza	TURNO: C
HORARIO	: 08:00 a 20:00 hrs	FECHA: 14-07-2018
• ESTADO CAJONES DE HERRAMIENTAS:		
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Z-8160 OT-3000261688 T/C • ZS-8161 OT-3000261688 T/C Se solicita poner caldera en servicio para prueba operación luego de mantenimiento, operador informa que pruebas de partida se realizaran por programa en el turno de noche. • ZSH-9311A OT-3000261520 T/C • ZSH-9311B OT-3000261521 T/C • ZSH-9316A_B OT-3000261522 T/C • ZSH-9317A_B OT-3000261523 T/C • ZSH-9323A_B OT-3000261524 T/C 		
MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • PI-939 OT-1000016768 T/C Se instala PI-939 del D-2650-05 separador de gotas, se conecta tubing 1/4" inoxidable se habilitan válvulas de corte 1/4 misma línea para que PI-939 quede habilitado a proceso. • AIT-2005 OT-1000174361 T/C Se continua con trabajo turno noche, se instala adaptador 1" a sensor de PH y se conecta en línea de proceso, se instala presa cable en transmisor, se habilita a proceso y queda en servicio. 		
LLAMADO DE TURNO		
<ul style="list-style-type: none"> • PSHL-7516 OT-1000016769 T/C Instrumento no cambia de estado, se revisa y el instrumento está bien se revisa línea y se encuentra tapada con oxido en primera válvula de corte conexión a proceso, se limpia suciedad, se normaliza tubing y se habilita a proceso, se entrega conforme a operaciones. AIT-46001 Se requiere verificar lectura debido a que en sala de control alertaba alarma de alta correspondiente a un valor sobre PH10, se procede a sacar muestras para analizar y se comprueba que es el valor real correspondiente a PH10,24 . 		
OBSERVACIONES		
Informe Turno Dia		sábado, 14 de julio de 2018

Figura 45. Informe de turno usado en la Empresa (ENAEX, 2018)

3.2.2. Análisis de Ordenes de Trabajo y Análisis Causa Raíz:

Otra de mis tareas principales es el análisis de los mantenimientos, es decir, garantizar que el mantenimiento efectuado, sea de calidad y eficiencia, así como que el mantenimiento garantice la disponibilidad del instrumento. Para esto tengo que definir tareas principales y plasmar en un procedimiento de trabajo, y para garantizar que este sea cumplido como corresponde es necesario el reentrenamiento y la confirmación de procesos, que cabe resaltar es una de las herramientas de la metodología LEAN, la cual nos demuestra que si no ayuda a mejorar nuestro proceso productivo, reduciendo el re trabajo y el tiempo perdido.

a. Procedimiento de mantenimiento

En varias oportunidades se me ha solicitado realizar procedimientos de mantenimiento, donde se explique de manera clara y concisa, lo que el manual del equipo y la experiencia del técnico han demostrado a lo largo del tiempo.

En el trabajo, se me pidió realizar procedimientos de trabajo a equipos en la planta, sin embargo, como ya mencioné, en una planta no siempre hay una misma marca de sensor debido a que llegan proyectos nuevos y nuevas personas ingresando a la empresa.

En el trabajo he podido apreciar que todo equipo tiene 2 tipos de procedimientos de trabajo, uno se trata acerca de los mantenimientos preventivos o correctivos y el otro en un caso especial, ya sea cambio de repuestos o intervención de fallas repetitivas.

- **PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO PREVENTIVO (BIMENSUAL):** Los procedimientos de trabajos específicos generalmente incluyen los pasos comunes, debido a que se usa para preservar el estado físico y revisar que el equipo no presente fallas o evitar que ocurran fallas de mayor envergadura. El siguiente contenido es un extracto de un procedimiento que realice en la cual se explican los pasos principales para realizar mantenimiento preventivo para los Detectores de Gases en la planta:

Paso	Actividad	Riesgo	Control o medidas preventivas	Herramientas
1	Chequeo y revisión de la configuración del Transmisor	Caídas mismo nivel Caídas otro nivel	<ul style="list-style-type: none"> Mirar por dónde camina. Estar atentos a las condiciones del entorno Caminar y no correr Demarcar zona con (cinta de peligro, avisos, Conos, barandas duras) Instalación de andamios y antes de su uso verificar tarjeta de estado Uso de arnés (≥ 1.8 MTS) Estar atentos a las condiciones del entorno 	<ul style="list-style-type: none"> Juego de destornillador Alicate de punta Comunicador MSA Imán Detcon
<p>Esta paso, consiste en verificar los valores de configuración y la condición de conexión en el instrumento, para esto se debe ingresar al menú de configuración del equipo, ya se con el imán o con el comunicador MSA, dependiendo del instrumento. Registrar</p> <ul style="list-style-type: none"> Rango de trabajo. Valor Actual Corriente de salida. Activación de alarmas <p>Revisado los datos, revisar la condición de conexionado del sensor De existir anomalía, corregir</p>				

Paso	Actividad	Riesgo	Control o medidas preventivas	Herramientas
2	Calibración y contrastación de equipo con gases patrones	NO APLICA	NO PLICA	<ul style="list-style-type: none"> Gases patrones Comunicador MSA Imán Detcon Acople de equipo
<p>La calibración y contrastación del equipo, consiste en insertar gases patrones Certificados y vigentes al sensor, y revisar que el transmisor detecte el valor indicado en el Gas patrón</p> <p>Insertar acople de equipo con gas patrón que desea revisar</p> <p>Abrir válvula de gas patrón</p> <p>Esperar que la señal se estabilice en el sensor</p> <p>Contrastar con DCS la activación de alarmas y/o eventos</p> <p>De estar desviado realizar calibración</p> <p>Para la calibración, se debe comenzar primero con la calibración Zero</p> <p>Ingrese el gas patrón Zero y calibrar</p> <p>Ingrese el gas patrón Span y calibrar</p> <p>Retire acoples y espere que se normalice indicación, corroborar señal con DCS</p> <p>De existir alguna anomalía en el sensor, proceder a realizar cambio de celda del instrumento, teniendo el cuidado que dicha celda sea del mismo gas patrón y no este caducado</p>				

Paso	Actividad	Riesgo	Control o medidas preventivas	Herramientas
3	Normalizar del Instrumento	NO APLICA	NO APLICA	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de destornilladores • Alicata de punta
<p>La normalización consiste en retirar los instrumentos y volver al conexionado normal del sensor con el transmisor. Una vez normalizado el conexionado, verificar indicación del instrumento con sala de control debiendo quedar sin alarmas u indicación de no existir ningún evento</p>				

Figura 46. Procedimiento Paso a Paso para Detectores de Gases en General (ENAEX, 2018)

Como se aprecia, se colocan pasos generales los cuales orientan al instrumentista a realizar su trabajo. Este tipo de procedimiento es necesario en caso de una ayuda rápida. Sin embargo, presenta una gran desventaja debido a que no nos explica cómo realizar la calibración exacta.

- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE UN EQUIPO EN ESPECÍFICO:**
Este tipo de procedimiento tiene como objetivo, explicar de manera detallada y simple el mantenimiento de un equipo en específico, en este caso se me pidió explicar paso a paso la calibración de un equipo DETCON DM-700 el cual es un detector de gases que es usado en nuestra planta para avisar cuando hay una fuga en los lugares de mayor concurrencia de personas, como Sala de control, Comedor y Bodega, ya que estos son lugares cercanos a la parte productiva y tanques de almacenamiento de la materia prima. Esto se puede revisar en el **ANEXO 3**.

Un punto importante en cualquier trabajo, es el entrenamiento de los instrumentistas, y por ende asegurarse que esta información quede profundizada en cada trabajador para que los mantenimientos se hagan de modo eficiente y eficaz. Por tal motivo se me pidió realizar una confirmación de proceso conjunto con mi supervisor y con la ayuda de nuestro equipo LEAN E22, para poder mejorar la calidad de mantenimiento.

Subgerencia de Mantenimiento e Ingeniería – Planta Prillex

Confirmación de Procesos – Mantenimiento Válvula de control con posicionador Análogo

Verión
Fecha Caducidad

Fecha: _____ Hora: _____

Instrucciones	Objetivo	Revisar	SI	No	N/A	Comentarios
<p>1 Dirijase al área a observar</p> <p>2 Registre sus observaciones</p> <p>3 De feedback al usuario del estándar.</p> <p>4 Preguntar fortalezas y debilidades del estándar.</p> <p>5 Evalúe si corresponde actualizar el estándar o capacitar al usuario.</p> <p>6 Publíquese nueva versión del estándar (si aplicara)</p> <p>Fortalezas del Estándar</p> <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div> <p>Oportunidades del Estándar</p> <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div> <p>Observador <input type="text"/></p> <p>Observado <input type="text"/></p>	<p>Confirmar que la mantención realizada al instrumento es eficiente y cumple con nuestros requisitos de calidad en la mantención</p>	<p>Verificar con el usuario del estándar lo siguiente:</p> <p>Revisar EPP y Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Revisar si se cuenta con los materiales y EPP aplicables al proceso y estos se encuentran en condiciones de uso. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> El instrumentista cuenta con las herramientas necesarias para realizar el trabajo y se encuentran en condiciones de Uso <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <p>Documentación necesaria</p> <ul style="list-style-type: none"> Revisar si se cuenta con los formatos necesarios para registrar los valores de trabajo y calibración <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <p>Estado del trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> Revisar si el equipo se encuentra optimo para operación <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Revisar al momento de calibrar, las conexiones necesarias estén en correcto estado <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cerciórese que el técnico sepa la ubicación del Zero y Span <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cerciórese que el recorrido con DCS fue realizado como corresponde <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Cerciórese que los <u>Limit Switch</u> funcionen correctamente <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <p>Entrega del equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> Revisar que el equipo quede mejor de lo encontrado <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Revisar que se registre información del mantenimiento <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Asegurar correcto estado de apertura o cierre de válvulas de proceso así como puntos de purga <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Asegurar que operaciones y DCS, normalice condiciones de servicio si lo requiere <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 				



Figura 47. Estándar de procedimiento de acuerdo a norma LEAN (ENAE, 2018)

a. Informes Técnicos de Falla:

En la planta Prillex Américas existe un sistema que nos indica los sucesos que pudiesen presentar una amenaza para el negocio, tales como caídas de plantas, mal funcionamiento de un equipo etc. Este informe flash se le denominó SIRI, y tiene como objetivo generar un Informe técnico de Falla o ITF, para analizar por qué pasó la falla, se me dio la responsabilidad de resolver la mayoría de estos ITF debido a que se necesita una percepción detectivesca y análisis profundo para hallar la causa raíz y generar acciones permanentes o preventivas para mitigar, eliminar o prevenir que vuelva a ocurrir.

El Análisis Causa raíz, es un método de investigación para la resolución de problemas, el cual consta de herramientas para intentar encontrar la causa raíz de un problema e intentar evitar que este vuelva a ocurrir por medio de la identificación de sus causas. El método utilizado por RENOVETEC en los análisis de las averías encargados por sus clientes se basa en una secuencia de trece pasos, el cual está basado en el método general de ACR:

1. Recopilación de información.
2. Inspección in-situ.



Figura 48. Recopilación de datos de un transmisor de temperatura para el análisis de una falla (ENAEX, 2019)

3. Entrevistas con los usuarios y técnicos habituales.
4. Determinación de los daños y síntomas del fallo.
5. Listado de hechos significativos que pudieran estar relacionados con los daños.
6. Listado de todas las posibles causas que pudieran provocar cada uno de los daños observados.
7. Descarte de las causas imposibles.
8. Establecimiento de las hipótesis de trabajo.
9. Determinación de las pruebas necesarias para confirmar o descartar hipótesis.

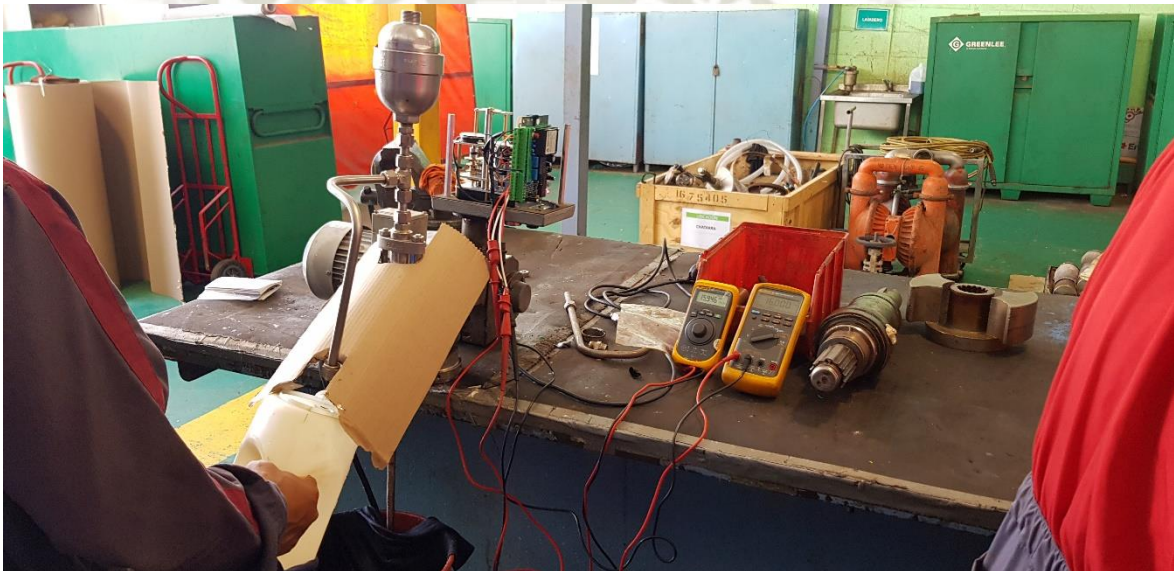


Figura 49. Prueba de un controlador de flujo en taller, para determinar su correcto funcionamiento (ENAEX, 2019)

10. Establecimiento de la secuencia del fallo.
11. Establecimiento de la causa raíz del fallo.
12. Determinación de las medidas correctivas.
13. Determinación de las medidas preventivas.

ANÁLISIS CAUSA RAÍZ



Problema presentado	FV-45021 con señal fija
Componente fallado	Controlador congelado
Problema del componente	Problema en electrónica

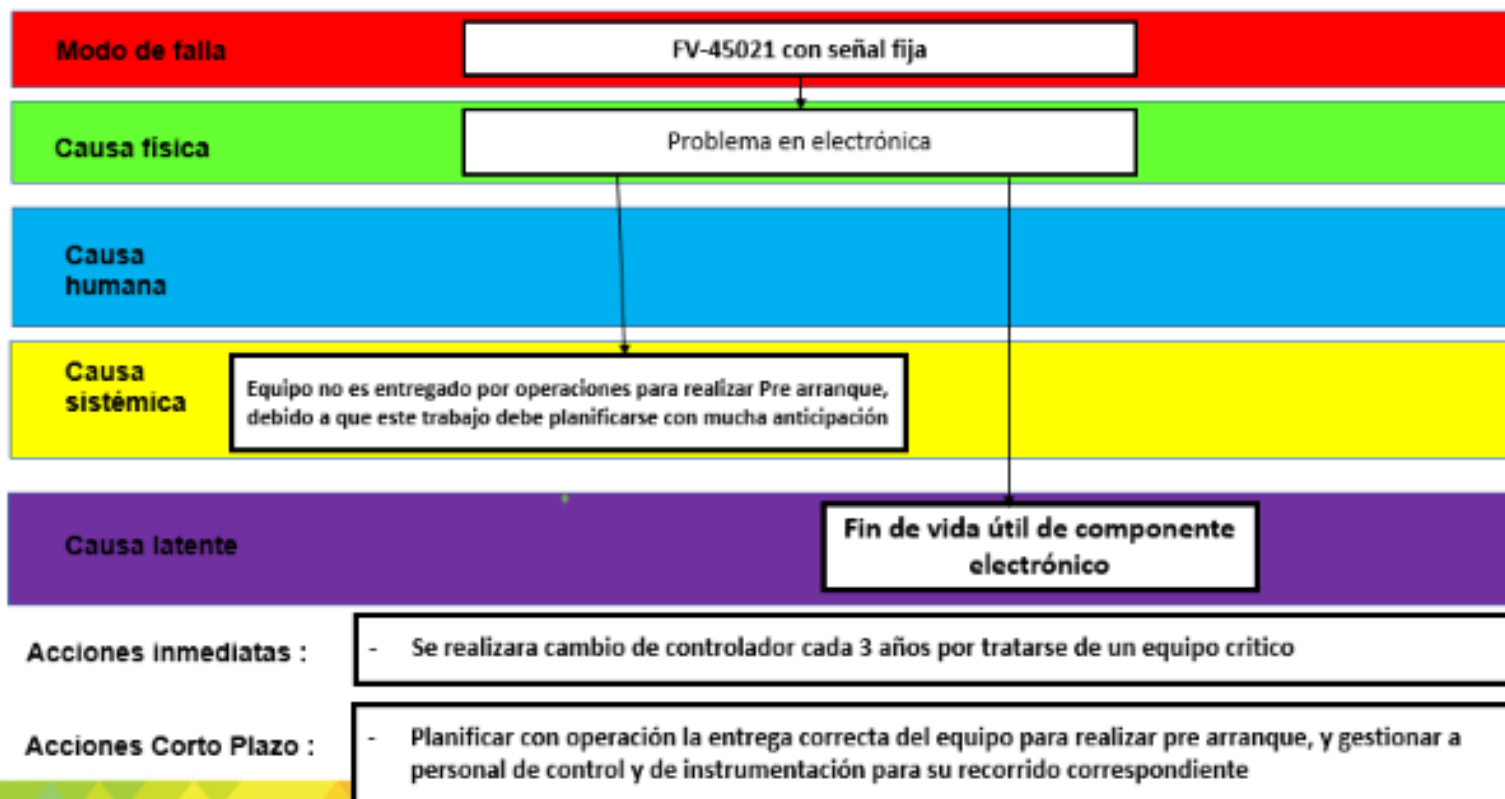


Figura 50. Análisis Causa Raíz FV-45021 (ENAEX, 2019)

3.2.3. Gestión de Recursos:

En planta Prillex, como ya se mencionó el área de mantenimiento es el pilar de todas las plantas productoras de Enaex, por lo que cuando alguna de estas plantas necesita ayuda para realizar mantenimiento preventivo, puesta en marcha de Proyectos, algún llamado de emergencia, tenemos que partir hacia el lugar a resolver las necesidades de nuestras plantas hermanas. Es así que luego de un tiempo de establecerme en Prillex se me pidió volver a Rio Loa como Inspector Técnico de Obra (ITO) para la puesta en marcha de una planta productora de Pentolita, el cual es uno de los ingredientes para realizar el APD.

En este nuevo reto se me encargó las siguientes responsabilidades;

- Estar a cargo de una empresa prestadora de servicio (EPS) para la instalación de sensores y el montaje de la estructura necesaria para la canalización de los mismos
- Generar un plan o carta Gantt demostrando el avance diario en una fecha estipulada
- Ser el apoyo del Supervisor de la obra para poner en marcha la casa productora en la fecha estipulada
- Orientar al equipo a cargo en la configuración de los instrumentos y en los puntos de instalación para su óptimo funcionamiento
- Gestionar y facilitar todos los materiales necesarios a la EPS para realizar su trabajo
- Guiar al instrumentista de planta en los puntos importantes que debe considerar cuando la planta se ponga en servicio
- Realizar el plan de mantenimiento de la casa productora
- Realizar el listado de repuestos críticos para su oportuna compra
- Realizar el pre comisionado y comisionado de la puesta en marcha de la casa productora

El periodo que se me asignó fue de solo 3 semanas, sin embargo, debido a que el proyecto comenzó muy desordenado, se tuvo que modificar varios puntos, y empezar muchas cosas de cero, lo cual se alargó por 3 meses. Adicional, se me

pidió participar en otro proyecto a la par con el de la Casa Nitrador 1, el cual fue la automatización de llenado de cartuchos APD, donde anteriormente, se realizaba el llenado de los cartuchos por medio de una jarra y un operador, lo cual era peligroso y tomaba demasiado tiempo productivo.

La automatización realizada fue usar una válvula de corte rápido, y un sensor capacitivo el cual desactivaba el llenado cuando llega al nivel deseado, adicional a esto se agregó una correa transportadora para agilizar el proceso productivo.

Luego de 3 meses de arduo trabajo y viajes constantes, se realizó la puesta en servicio del equipo y se entregó a Rio Loa a producción, según las últimas noticias que tengo están trabajando sin problemas

Con esto, pude desarrollarme para así poder formar mi perfil de ingeniero, es la gestión de recursos, ya que el ingeniero de poder manejarse en sistemas de gestión, ya sea de personal como de los recursos activos o pasivos de la empresa, para así garantizar su uso óptimo.

a. Horas Hombre: Para poder gestionar la mano de obra que se usara para el mantenimiento de equipos, yo opte por el análisis de los procedimientos, en el cual los realizaba personalmente y encontraba los puntos débiles y las oportunidades de mejora para así mejorar la eficiencia de los trabajos a realizar. Es así que implemente los siguientes puntos:

- Procedimientos de mantenimientos de acuerdo a los estándares LEAN
- Revisar la Dotación de personal correcta para trabajos, evitando así cruce de trabajos y facilitar los trabajos con más técnicos si este lo requiere.
- Entrenamiento de personal, de acuerdo a los estándares de mantenimiento LEAN, tanto a los técnicos de mantenimiento como a los operadores en caso que sea necesario usar mantenimientos autónomos.
- Planificación de los trabajos, cambiando la frecuencia de mantenimiento para según se requiera, para evitar sobre intervenciones y manipulación innecesaria. Como por ejemplo las Válvulas de Control, donde el mantenimiento de este tipo de actuadores se realiza por niveles, algunos de ellos son:

- i. Nivel 0, Limpieza externa, inspección y prueba de recorrido;
- ii. Nivel 1: Retiro de válvula, Cambio de Packing a proceso, Calibración de válvula, Pintado de válvula, inspección de asiento e inspección de componentes internos.
- iii. Nivel 2: Nivel 1 + Cambio de diafragma, Corrección de cuerpo de válvula, cambio de sellos, Revisión de Actuador, Lubricación o cambio de accionamiento neumático



Figura 51. Válvula neumática controladora de ácido (Planta Prillex, 2018)

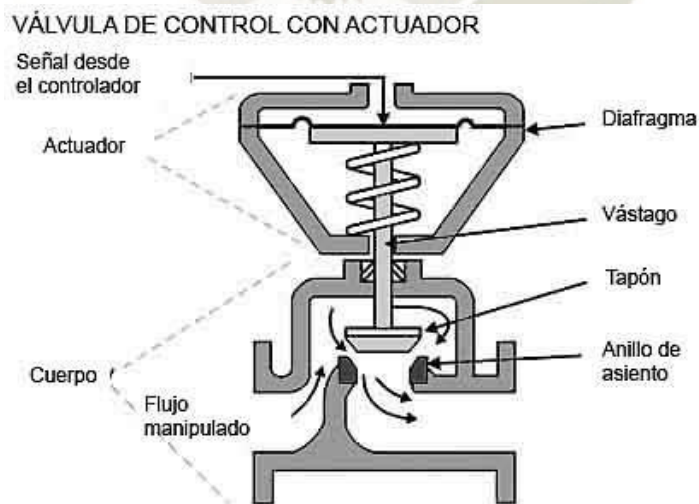


Figura 52. Partes internas de una Válvulas de Control (Manual Foxboro Eckardt, 2019)

b. Repuestos: Otra forma de mejorar la gestión de recursos, es comprando los repuestos correspondientes para el cambio preventivo de equipos, ya que en el caso de instrumentos móviles o rotatorios, como válvulas, bombas, o alguno de los instrumentos electrónicos, es más barato cambiar ciertos componentes internos a esperar que el equipo completo se estropee. Para esto es necesario que los repuestos tengan los siguientes requisitos:

- Calidad: Es decir que el repuesto tenga la robustez necesaria para el proceso y que sea un repuesto original, para evitar adaptaciones o desgaste innecesario.
- Equipo Adecuado: Una de las principales conocimientos que debe tener un instrumentista y optar por una experiencia en terreno, es que existe un sensor para cada proceso, es por eso que es necesario determinar si el sensor usado es el más adecuado para la variable a medir, como por ejemplo, si queremos medir una variable de nivel discreta, existe una gran gama e instrumentos a usar. Por lo es recomendable considerar el estado del fluido a medir, liquido o sólido, temperatura o presión del proceso, rango, material, y el proceso genera costra en el sensor, turbulencia en el sistema y la salida a necesitar, análoga digital, con o sin indicador etc. Se nombran alguno de los sensores existentes en la planta:
 - Sonda
 - Flotador
 - Presión Diferencial
 - Por Burbujeo
 - Radioactivo
 - Capacitivo
 - Ultrasónico
 - Conductivo o Resistivo

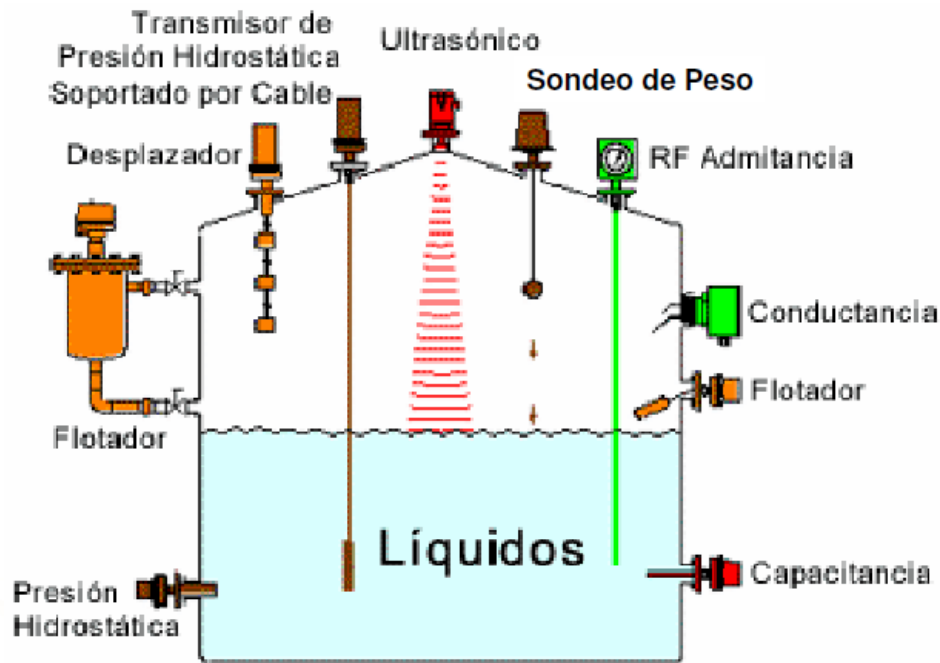


Figura 53. Tipos de sensor de Nivel (VETO, 2019)

- Material específico para el proceso: Uno de los más claros ejemplo que me toco revisar, fue el tipo de acero inoxidable a usar ya que existen una gran variedad de aceros inoxidables, tales como el 304, 316, 321, 351, etc. El cual dependerá el grado de aleación con respecto al fluido a utilizar. Como por ejemplo para fluidos ácidos, ya sea nítricos o sulfúricos, es recomendable usar 304 o 321, así como para ambientes amoniacales es necesario usar un 316.
- c. **Costo vs Beneficio:** Es un término muy usado en la industria, ya que toda planta y empresa siempre busca inculcar en sus trabajadores el concepto de negocio, es decir que el trabajo que cada persona realiza sea siempre un beneficio de ganancia hacia la empresa. Para esto es importante ver los siguientes puntos:
- Vida útil vs Costo de instrumento: Es decir si conviene comprar un equipo de muy alta calidad y muy caro que dure la misma cantidad que uno de mediana calidad o, la comparación de más cantidad de equipos de baja calidad con respecto a el componente más caro.
 - Inversión: El mantenimiento, siempre va a ser una inversión para la empresa, ya que va a garantizar que el proceso esté disponible, siempre y cuando se realice el mantenimiento correspondiente o el cambio adecuado de los equipos. El

mayor ejemplo que se tiene en la empresa, son los instrumentos de temperatura del sistema de reactor de la empresa, los cuales son equipos que deben ser certificados anualmente bajo a norma ISO-9001, en este caso, nuestra área decide cambiar los equipos anualmente, ya que prefiere invertir un fuerte suma de dinero en la compra de los equipos todos los años o que este pueda fallar y detener todo el proceso productivo

- Cantidad de intervenciones: Para garantizar una confiabilidad y disponibilidad de los instrumentos alta, es necesario determinar la frecuencia correcta, para así garantizar que el mantenimiento pueda ser pagado por lo que produce la planta, ya que si en un equipo el mantenimiento tiene un costo mayor del beneficio económico que se aprovecha del proceso productivo, la planta entraría en un desbalance a pérdida.

d. Equipos en SPARE o Stand By: En consecuencia lo indicado anteriormente, una de las formas de ingeniería más común, son los equipos redundantes que garantizan que la variable a medir es confiable o que nos permite tener controles de falla, con respecto a una cantidad menor a la cantidad total de los equipos redundantes; también están los equipos stand by, que garantizan, que garantizan la disponibilidad del proceso en caso de falla de una mantención preventiva, ya que esto nos permite intervenir el instrumento sin detener el proceso.

- Redundancia: Mayor cantidad de equipos midiendo el mismo punto de la variables de proceso, esto es muy común en los trenes de turbina, donde se debe monitorear las variables de proceso y tener la certeza que esta variable se confiable para evitar detener el trabajo de la turbina por una mala medición.

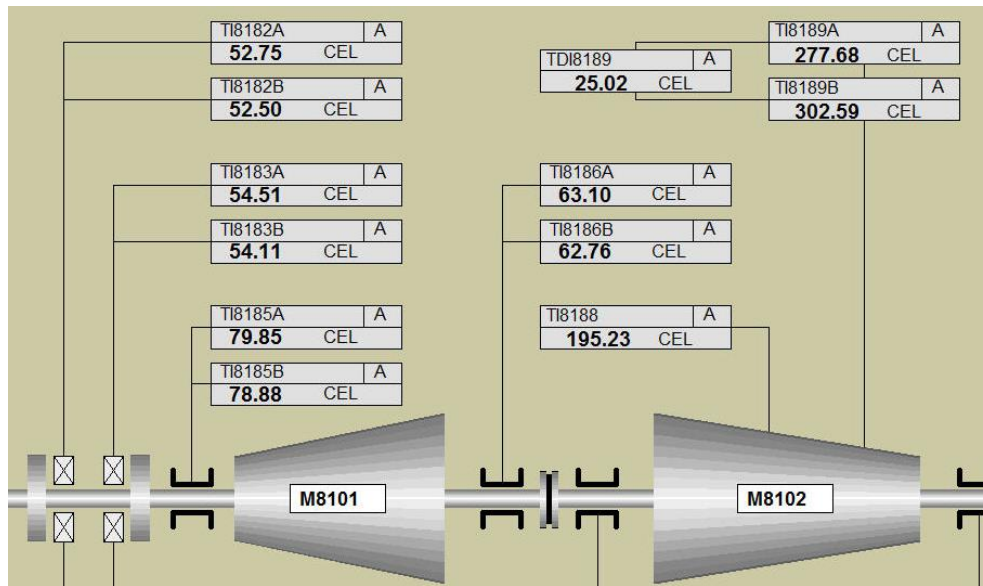


Figura 54. Medición de temperaturas en los descansos de un tren de turbina (ENAEX, 2019)

- Equipos en Stand By: son equipo que cumplen la misma función pero no trabajan cuando el proceso no lo necesita, los ejemplos más comunes son las bombas o motores, los cuales al ser equipos rotativos, tienen un desgaste mayor, sin embargo este concepto también se usa en la instrumentación, donde aunque los dos instrumentos se encuentren siempre encendido y tomando la misma variable de proceso, por medio de la lógica de control, solo uno interviene realmente el cuadro de control, hasta que este instrumento falle o se intervenga como mantención, que es cuando se cambia al instrumento en Stand By

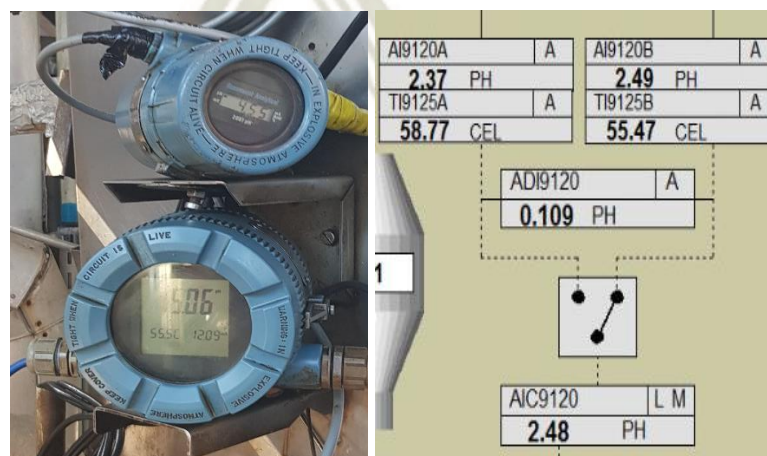


Figura 55. Equipos de medición de Ph, con su correspondiente equipo en Stand by, a su derecha, un pantallazo del panel de control con un selector digital del equipo de Ph a usar (ENAEX, 2019)

3.2.4. Rediseño de Ingeniería:

Usualmente las plantas cuando recién se crean, se trabaja con los recursos disponibles y con la tecnología adecuada, sin embargo, todos los diseños son realizados por un comité de expertos que intentan encontrar todos los riesgos asociados y posibles fallos, en los cuales en su mayoría, logran detectarlos antes de la aplicación del proyecto. Al pasar el tiempo, esta ingeniería se vuelve obsoleta o el sistema de trabajo cambia, es ahí donde se debe plantear la implementación de un rediseño, donde yo considero que se deben aplicar los siguientes requisitos para optar por un cambio del diseño original.

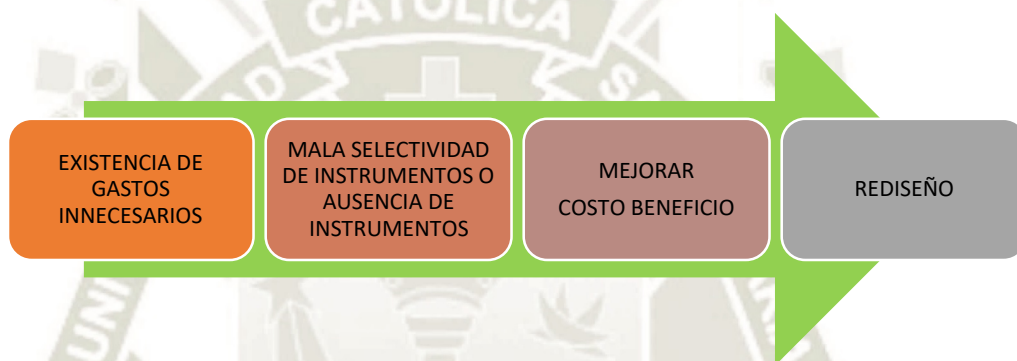


Figura 56. Condiciones que requieren un rediseño
Una vez que se cumplieron 2 o más de estos requisitos se debe pasar a la etapa de rediseño, que en mi experiencia personal, opte por separarlo en las siguientes etapas:

- **PROBLEMA:** Donde se debe plantear el problema y encontrar todos sus síntomas, los requerimientos y detectar la causa raíz que origina el problema o la falla
- **DIAGNOSTICO:** Una vez detectado el problema, es necesario aplicar acciones de ingeniería para mitigar o eliminar el problema, es por eso donde debemos crear una Filosofía de control, que solucione el problema planteado de manera eficiente. Una vez definido un filosofía de control, se debe realizar un levantamiento de los recursos que se van a necesitar para poder efectuar el rediseño, e ir descartando todos los recursos que se pueden conseguir dentro de la empresa. Esto nos permitirá reducir en gran medida los costos del rediseño, lo cual agilizará la aprobación del proyecto.

- **PROPUESTA:** Ya con el problema y el diagnóstico adecuado, es necesario demostrar a nuestra jefatura y a los dueños de la empresa que lo implementado va a funcionar, es por eso que en esta etapa se deben plantear que instrumentos se van a usar y el “Como” va a funcionar, ya que aunque se pueda diseñar un proyecto muy avanzado, si el operador no tiene o no puede manipularlo, podría llevarnos por gran cantidad de fallas futuras e incomodidad del operador.
- **IMPLEMENTACION:** Por último, una vez aprobado y definido todo en “papel”, es necesario llevar nuestra idea al mundo real, donde probablemente nos encontraremos con problemas de dimensión o manipulación que no se consideraron al momento de realizar el rediseño, por ende es muy recomendable mantener la mente abierta a nuevas ideas o conceptos, pero nunca separarse del rediseño inicial. Otros de los puntos de gran importancia para sí poder concluir con nuestro rediseño es la documentación y actualización de información en la biblioteca de la planta, ya que con esto no aseguramos que en un futuro, en caso de una falla, la información correspondiente al proceso este actualizada.

3.3. Desarrollo de experiencias

a. Practicas Pre profesionales:

- Sistemas de Control Eléctrico
- Mantenimiento de Motores trifásicos y monofásicos
- Calibración de RTD
- Cambio de parámetros en PLC Rockwell
- Apoyo a maestro guía en llamadas de emergencia

b. Planta Rio Loa

- Contrastación de sensores de Temperatura, el cual es un factor fundamental en los procesos donde intervienen reactores o que se trabaja con vapor, tales como una caldera, calefacción de proceso, etc.

- Medición de mV en Termocupla, el cual debe ser revisado en conjunto de una tabla, la cual puede ser encontrada en los libros de instrumentación por el tipo de Termocupla o Termopar que se maneje (K, S, J, etc.)
- Identificar la diferencia entre una Termocupla y una RTD de 2 hilos, el cual consiste en la medición de los terminales del sensor, ya que la Termocupla te entrega un voltaje en mV, y la RTD maneja valores en ohm.
- Mantenimiento de sistemas neumáticos con electroválvulas 3x2 y 5x2, en las cuales las actividades consisten, en revisión de Tubing o mangueras flexibles, limpieza de terminales, limpieza de filtro en regulador de aire, medición de bobina en accionamiento por solenoide.
- Sensores de proximidad mecánico, fotoeléctrico y capacitivo, en usos como válvulas neumáticas o manuales, finales de carrera para corroborar el estado de un pistón, o simplemente como retroalimentación para la apertura o cierre de compuertas.
- Sensores de velocidad por medio de sensores inductivos o capacitivos, en la cual el tipo de sensor a usar, dependía solamente del Encoder a usar, que se trata de un engranaje acoplado en el eje, de 2, 4 u 8 dientes los cuales son los más comunes, donde al entrar el servicio el motor, el diente hacia excitar al sensor y le comunicaba a controlador que el motor si se encontraba girando o por medio de un cálculo matemático simple definía las revoluciones por minuto que se encontraba el motor.

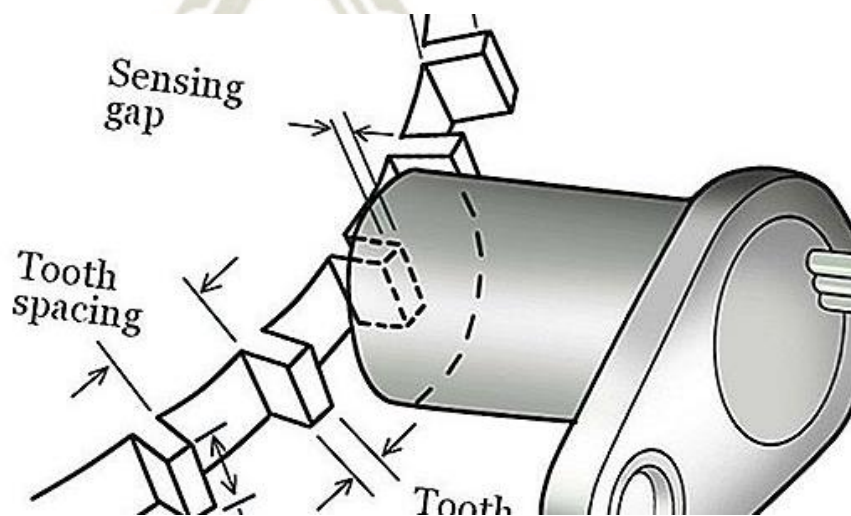


Figura 57. Sensor de velocidad (veto.cl, 2019)

- Mantenimiento de equipos enrollador de cordón detonante: El cual era una máquina que repartía el cordón detonante de la medida configurada, esta máquina tenía las siguientes características:
 - o PLC Festo el cual se puede acceder con el programa CodeSys, el cual era el cerebro o maestro para controlar todo el sistema neumático, y se comunicaba con otros controladores para definir la velocidad del transformador o la temperatura de corte del cordón
 - o Controlador de Temperatura Autonics, con un control por Histéresis o PID
 - o Sistema neumático de control, el cual se encargaba de cortar y transportar el cordón por cada etapa
 - o Variador de Frecuencia con retroalimentación con Encoder, el cual usaba un sensor óptico para controlar a cantidad de vueltas que realizaba el motor de acuerdo al configurado y al radio del tambor donde se generaban las vueltas

- En abril de 2017, la planta Rio Loa decidió realizar sinergia con su planta hermana Prillex América, donde mando a trabajadores eléctricos, instrumentistas y mecánicos a compartir sus experiencias con sus colegas de Rio Loa, con el fin de estandarizar la calidad y los métodos de mantenimiento, ya que la planta Prillex es el pilar en cuanto a mantenimiento e ingeniería ya que allí se encuentra las dependencias de Mantenimiento e Ingeniería. Para esto la empresa Rio Loa donde me encontraba trabajando, decidió mandar su carta de presentación a Planta Prillex por lo que nos invitaron a participar de este programa por 1 semana a unos colegas y a mí. Obviamente, al tratarse del cuartel general de mantenimiento la realidad con respecto a nuestras dependencias fue enorme, ya que ello contaba con un sistema de permisos de trabajo más fluido, recursos para la gestión de mantenimiento y las herramientas para un análisis para profundo y preciso que agilizaba el trabajo y disminuía el tiempo de análisis.



Figura 58. Sinergia entre planta Rio Loa y Planta Prillex (Planta Prillex, 2017)

c. Planta Prillex América:

- A mediados de junio del 2017, se convocó a una movilidad interna invitando a todo aquel que quiera ser parte del grupo de mantenimiento de Rio Loa. Considerando mi estado actual y con mucha pena decidí tomar ese desafío; luego de un proceso de entrevistas y competencia entre mis colegas que también participaron, se me invito a ser parte del grupo Planta Prillex, no sin antes entrenar a una nueva colega que estaría llenando mi puesto en Rio Loa.
- En septiembre del 2017, comencé a trabajar en Planta Prillex américa como instrumentista.



Figura 59. Entrada a Planta Prillex América (Planta Prillex, 2017)

- Lectura de planos eléctricos y de control. Las consecuencias de no saber este factor, ocasiona que uno intervenga el panel, intentando buscar el cable que contiene la falla, abriendo las canaletas o conductos y manipulando cables con energía viva, lo cual puede ocasionar mayores fallas sobre todo cuando el panel no tiene un buen plan de mantenimiento. A diferencia de que, con un plano en mano, uno solo necesita conocer el equipo a intervenir, y así seguir todos los puntos a los cuales ese equipo esté conectado, tales como Contactores, relés, controladores, etc.

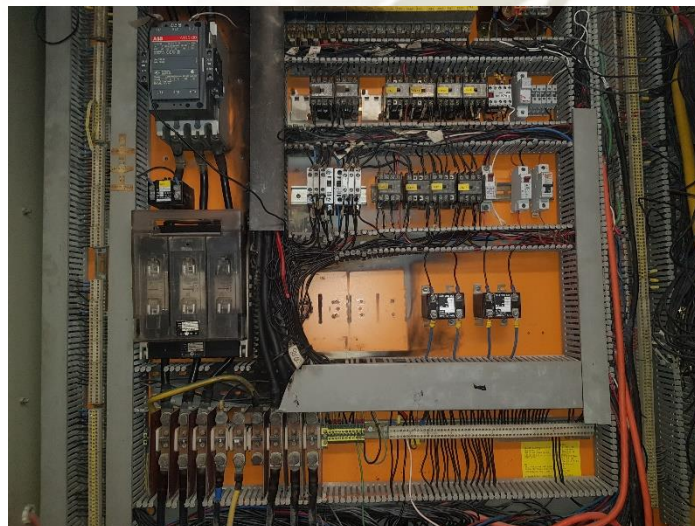


Figura 60. Control obsoleto de motores por medio de contactares (Planta Prillex, 2019)

- Sistema de ensacado de Nitrato de Amonio Prill de sacos de más de 1 tonelada, en la cual cuenta desde la etapa de almacenamiento de Prill en tolvas, vaciado a tolva de pesaje, preparación del saco para la recepción del producto y despacho por correa transportadora hasta un punto donde una grúa horquilla puede transportarlo al camión.
- Sistema de impresoras para la trazabilidad de los equipos

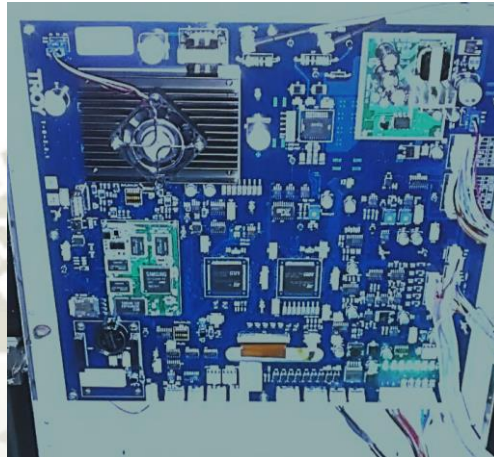


Figura 61. Placa electrónica de impresora TROY con problemas de corrosión en los puntos de bornes de conexión (Planta Prillex, 2018)



Figura 62. Cambio de Regulador de aire a válvula de neumática (Plante Prillex 2017)

- Dámper de Control de toberas de flujo de aire
- Celdas de pesaje, las cuales son instrumentos de medición que transforman la deflexión del sensor para convertirlo en voltaje y obtener una resistencia a partir de las conexiones de la celda en Puente de Wheatstone ubicadas en una caja de conexiones. Es poco lo que se puede hacer para reparar este tipo de instrumentos, sin embargo, es muy necesario la conservación del instrumento, así como la de sus conectores, ya que cualquier perturbación logra afectar el peso de manera muy significativa, también es necesaria la calibración del peso con pesos patrones, sin embargo en este punto en casi la mayoría de procesos donde se trabaja con pesos sobre los 8000 kg, se recurre a personal externo para la calibración ya que ellos otorgan un certificado validado por la ISO.

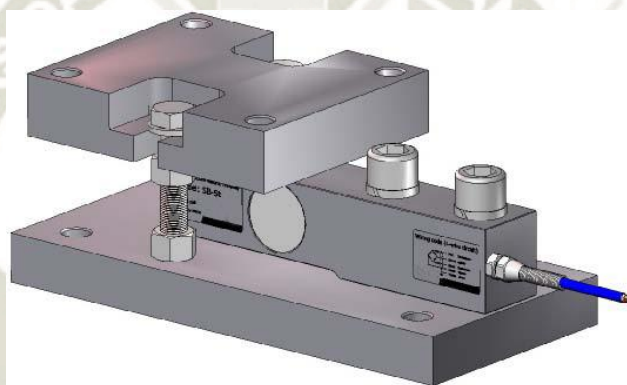


Figura 63. Celda de pesaje SIWAREX, para pesos de hasta 5 toneladas (Siemens, 2019)



Figura 64. Caja de conexiones de marca Siemens para celdas de pesaje (Planta Prillex, 2018)



Figura 65. Indicador de peso de alto tonelaje marca BTEK, usado en el pesaje de camiones con Nitrato de Amonio Prill (Planta Prillex, 2018)

- Sistema de control distribuido DCS
- Configuración de equipos HART
- Pruebas de Lazo con Sala de Control
- Mantenimiento a equipos de Flujo y Densidad (Coriolis), en la planta debido a que nuestros productos se rigen bajo la norma de calidad ISO 9001, es necesario certificar los instrumentos del proceso, uno de ellos son los Flujómetros de densidad y flujo, de los cuales nosotros trabajamos con marcas reconocidas como Endress Hauser, Yokogawa, Siemens y Micro Motion, El funcionamiento básico de los caudalímetros Coriolis se basa en los principios de la mecánica del movimiento. A medida que el líquido se mueve a través de un tubo que vibra es obligado a acelerar mientras se mueve hacia el punto de vibración de amplitud pico en cambio, el líquido que desacelera se mueve lejos del punto de la amplitud pico a medida que sale del tubo. El resultado es una reacción de giro del tubo de caudal durante las condiciones de flujo mientras atraviesa cada ciclo de vibración.

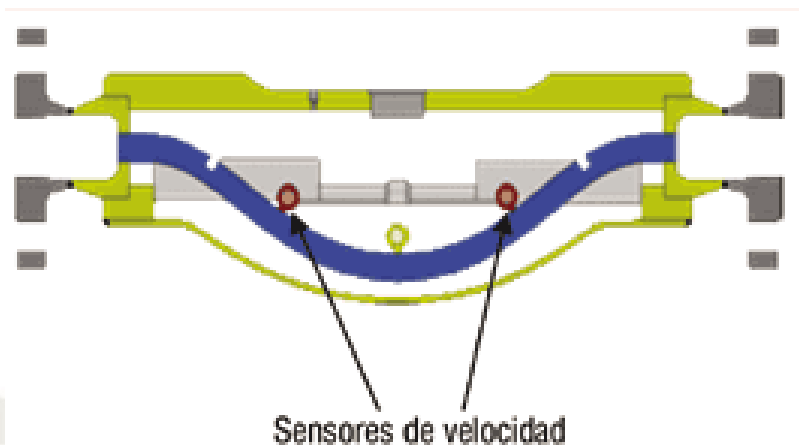


Figura 66. Interior de un Flujómetros de tipo Coriolis (Yokogawa, 2019)

- Sistema de Red Contra Incendio
- Mantenimiento de PH metros y Conductímetros, los cuales consisten en la revisión de fugas en el panel de toma muestras, revisión de flujo en el proceso, revisión de temperatura del fluido, limpieza del electrodo y calibraciones con muestras patrones. Este tipo de sensores, son en sí muy delicados, ya que de por si en el electrodo del PH metro se encuentra una vulva de vidrio, lo convierte en un equipo muy delicado, por lo que este siempre va acompañado de un filtro para proteger que no se golpee con algún elemento. La mayoría de sensores constan de bancos de toma de muestras, ya que, al tratarse de un sensor delicado, es necesario instrumentos de muestreo para controlar que el sensor lea en óptimas condiciones, algunos de ellos son:
 - Manómetro a la entrada del sensor
 - Caudalímetros a la entrada del sensor
 - Sensor de temperatura para la calefacción del fluido
 - Cuadro de válvulas, para la purga del sistema y corte del proceso
 - Depósito para electrodo del sensor
 - Soporte para el Transmisor del PH metro o Conductímetros



Figura 67. Panel de toma muestra y medición para sensores de PH (Planta Prillex, 2017)

- Calibración y certificación de Sensores de Presión, en la cual, por medio de un procedimiento estándar, se simula presión con una bomba neumática o hidráulica a valores porcentuales del rango configurado del equipo, es decir que, si un equipo tiene un rango configurado de 0 a 10 bar, se le harán contrastación de 0, 2.5, 5, 7.5 y 10 bar para garantizar el correcto funcionamiento del instrumento y calibrarlo de ser necesario.



Figura 68. Conexión de instrumentos para la calibración de un sensor de presión (FLUKE, 2019)

- Manejo del SAP para el cierre y notificación de Ordenes de trabajo
- Contrastación de Temperatura con horno patrón
- Mantenimiento a Sensores de Flujo por presión Diferencial y Vortex

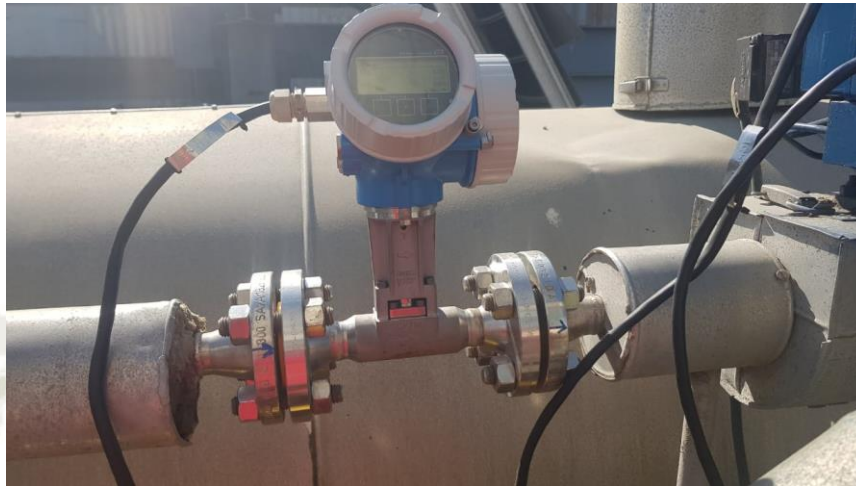


Figura 69. Flujómetros de tipo Vortex para la medición de Amoniaco (Planta Prillex, 2018)



Figura 70. Toma de proceso de un sensor de Flujo de tipo placa orificio (Planta Prillex, 2018)

- Realizar protocolos de calibración
- Realizar pre comisionado y comisionado de proyectos
- Generar Informes Técnicos de Falla para los SIRIs que ocurren en la planta en la cual la falla principal sea de Instrumentación
- Mantener al día los avisos y ordenes de trabajo que estén pendientes o no se hayan notificado
- Mantenimiento preventivo, correctivo o atender llamado de turno pendientes
- A cargo de Empresa Prestadora de Servicios que vienen a apoyar en los Paros de Planta Programados
- Realizar, revisar y modificar procedimientos de mantenimiento preventivo de equipos IMAC
- Realizar, revisar y modificar estándares de procesos y documentación del programa LEAN E22
- Encargado de generar Bases Técnicas para contratos Marco, para la contratación de EPS a cargo de equipos específicos o proyectos



Figura 71. Reunión de seguridad (Planta Prillex, 2017)

d. Maestro Guía:

Otro de mis labores como instrumentista administrativo, es ser maestro guía de los alumnos de una escala politécnica de 3ro y 4to medio, lo que sería el equivalente a 4to y 5to de secundaria en Perú, esta labor es la de guiar, instruir y motivar a los alumnos que deseen llevar una carrera técnica en un futuro o que simplemente deseen aprender lo que es la experiencia laboral. Obviamente dichos alumnos por ley y políticas de la empresa, no se les tiene permitido realizar trabajos, pero si pueden ayudarnos a alivianar trabajos pesados.

En el año 2018, se me encomendó esta labor siendo la primera vez que soy maestro guía, y se me dejo a cargo a 2 alumnos, uno de 3ro y uno de 4to, hasta ahora eh tenido la oportunidad de crecer yo como persona y como profesional, ya que aunque la experiencia que tuve en Rio Loa fue netamente entre profesionales, en este caso es muy difícil motivar a los alumnos ya que por estar en la etapa de la adolescencia es muy fácil distraerse o simplemente dejar de lado sus responsabilidades en la empresa.

Además de enseñar, es necesario demostrar lo aprendido en esta etapa, por lo que todos los años el programa Dual de Chile pide hacer una demostración de los conocimientos adquiridos en una especie de feria de ciencias. Donde pude ver que participan varias empresas y tienen diferentes ideas desde una correa transportadora hasta un molidor para harina de pescado. En nuestro caso quisimos realizar un proyecto que no solo sea innovador, sino que sirva en alguna parte de la empresa. Por lo que este año, se decidió por realizar una mejora y automatización en una planta de matrices en la Planta Prillex, donde actualmente se realiza un proceso manual por medio de un análisis de concentración, la mejora que se ideó fue la realizar un control de PH para mejorar la calidad del producto adicionando aditivos que incluye la receta del producto final, de manera que sea homogéneo y eficiente.



Figura 72. Mantenimiento Preventivo a Válvula neumática de bola (Planta Prillex 2018)



Figura 73. Ejerciendo la labor de Maestro Guía, explicando a alumno Dual los componentes de la válvula (Planta Prillex 2018)



Figura 74. En construcción de proyecto dual 2018 (Planta Prillex 2018)

3.4. Capacitaciones dadas por la empresa:

Para cualquier empresa, que busca tener un alto nivel de competitividad en el mercado, es normal que a sus trabajadores lo capaciten en las normas de seguridad actuales o en tener y estandarizar los conocimientos necesarios para así poder resolver los problemas que ocurran en la empresa, es por esto que ENAEX, me ha permitido asistir a varios cursos, de los cuales se nombran algunos:

- Diseño de Malla de Tierra, basado en la norma chilena NCH. ELEC 4/2003 para las instalaciones de consumo de baja tensión, aprobado por la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustible). Donde tiene como concepto general de una puesta a Tierra, los siguientes puntos:

10.0.2: *“Se entenderá por tierra de servicio la puesta a tierra de un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en BT o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media o alta tensión, alimentados con*

transformadores monofásicos o trifásicos con su secundario conectado en estrella. Y en el artículo” (NCH ELEC 4/2003).

10.0.3: *“Se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.” (NCH ELEC 4/2003).*

Para poder realizar cualquier instalación de malla a tierra, se debe seguir los siguientes pasos:

1. ESTUDIE EL TERRENO
2. GRAFIQUE SUS DATOS
3. IDENTIFIQUE LOS ESTRATOS
4. CALCULE LA RESISTIVIDAD TERRENO
5. DEFINA EL ELECTRODO DE MALLA
6. OBTENGA LA RESISTENCIA PUESTA A TIERRA
7. ELABORE SU INFORME TÉCNICO



Figura 75. Malla de tierra en proceso de construcción (Chile. 2019)

- Aplicación de la Norma NPFA 70E, (National Fire Protection Association) la cual es la Norma Para la Seguridad Eléctrica en el Lugar de Trabajo que proporciona un área de trabajo práctica y segura para los empleados en relación

con los peligros que pueden surgir del uso de la electricidad. También se pudo ver la NEC (National Electric Code), la cual tiene un propósito bastante similar a la NFPA, pero, aunque el Código Eléctrico Nacional se ocupa de las instalaciones eléctricas, la NFPA 70E-2018 es útil durante las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica, el mantenimiento del sistema eléctrico y otras cuestiones relacionadas con la seguridad de los empleados. Las normas de seguridad como la NFPA 70E-2018 están sujetas a revisiones que hacen que sus pautas sean más seguras. Por lo tanto, una versión anterior de un documento estándar de seguridad tendrá pautas de seguridad confiables, pero las adiciones a las nuevas ediciones de la misma norma otorgarán mayor seguridad. La norma revisada introduce factores humanos, como el error humano, como parte del proceso de evaluación de riesgos. La guía en esta área se proporciona a través del Anexo Q agregado sobre rendimiento y seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. Los cambios adicionales incluyen:

- La tabla de identificación de peligro de arco eléctrico se ha modificado para determinar la probabilidad de que ocurra un arco eléctrico.
- Se han agregado definiciones para la corriente de falla y la corriente de falla disponible.
- El artículo 120 se ha reorganizado para que cubra al establecer una condición de trabajo eléctricamente segura en un orden lógico de aplicación del programa.
- El artículo 330 sobre láseres se ha revisado ampliamente para abordar los problemas de mantenimiento relacionados con la seguridad, en lugar de los problemas asociados con el uso del láser.
- Los estándares de equipos de protección personal (PPE) especificados se han trasladado a tablas o notas internacionales. Mientras que, a diferencia del Código Eléctrico Nacional, los cuerpos legislativos no adoptan a menudo la NFPA 70E-2018, puede ofrecer mucha ayuda si se siguen sus disposiciones.



Figura 76. Portada de la NFPA 70E, (NFPA, 2019)

- Curso Neumática en FESTO, realizadas en las dependencias de la compañía en la Av. Américo Vespucio 760, Santiago, Región Metropolitana, Chile, donde se me reforzó los sistemas de control para circuitos neumáticos, tales como el método de Cascada para circuito secuencial. El cual es un sistema sencillo para la resolución de circuitos neumáticos secuenciales, en los cuales, se repitan estados neumáticos. El método consta de una serie de pasos que deben seguirse sistemáticamente:
 - Definir la secuencia. Lógicamente, conforme al funcionamiento que se desea del sistema. Si se quiere un avance del cilindro A, un avance del cilindro B y un retroceso simultáneo de ambos, la secuencia quedaría de la siguiente forma: A+ B+ (A- B-)
 - Determinar los grupos. Teniendo en cuenta que en un mismo grupo no puede repetirse la misma letra y que si en el último grupo hay una o más letras que no están en el primer grupo, pasarían a éste, delante de la primera letra de la secuencia.

- Colocar tantas líneas de presión como grupos hay en la secuencia y tantas válvulas distribuidoras de línea, como grupos menos uno.



Figura 77. Instalaciones FESTO donde se realizó capacitación de control neumático (Chile, 2016)



Figura 78. Modelo de brazo neumático en Instalaciones FESTO (Chile, 2016)

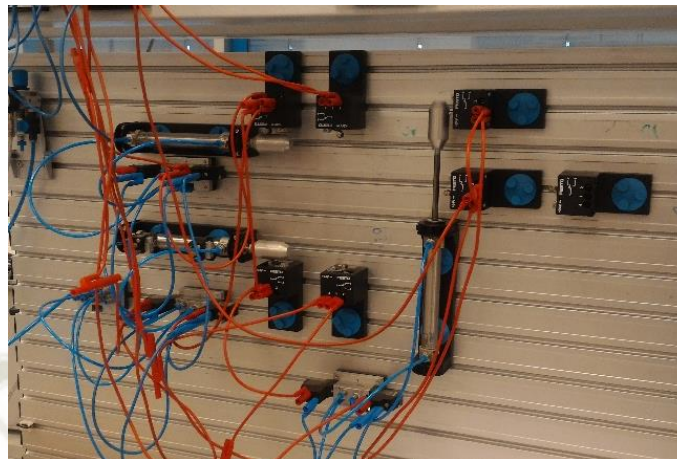


Figura 79. Control neumático con Método Cascada (Chile, 2016)

- Curso de PLC Step 7, el cual es un software de programación del PLC SIMATIC-S7, el curso dictado, tuvo la finalidad de adentrarnos al personal de instrumentación en la programación básica de PLC, en lenguaje KOP o LADDER, para así poder configurar los PLC repartidos en la planta, ya que la Planta de Rio Loa no contaba con un personal especializado para la programación de PLC o cambio de parámetros en la receta de producción de algunas casas matrices. En la Planta de Rio Loa, se cuenta con PLC's de las siguientes marcas: Siemens (STEP 7, TIA portal, MICROWIN), Rockwell Automation (MicroLogix, Logixpro), Schneider Electric (Twido), Festo (CodeSys), aunque todas tengan diferentes softwares de programación y métodos de comunicación diferentes, todos se manejan por lenguaje LADDER, o diagrama de Bloques, por lo que este curso fue un buen inicio para poder mejorar el área de mantenimiento y ayudar a dar soluciones cuando producción requiera modificar algún parámetro del proceso.



Figura 80. PLC S7-300 (Siemens, 2019)

- Centro de Educación y Capacitaciones de la Universidad Católica del Norte, donde nos enseña a ser Eléctricos-Instrumentistas, esto con el fin de crear una sola área y así poder optimizar los recursos y que todos podamos estar preparados ante cualquier eventualidad.



Figura 81. En clases para la capacitación técnica de electricidad, curso de Inglés (CEDUC, 2018)



Figura 82. Ceremonia de culminación de primer año académico (CEDUC, 2018)

3.5. Implementación de lo aprendido en la carrera

3.5.1. Anécdota 1: Análisis Causa Raíz de falla de encendido de una caldera de vapor

- a. Antecedentes: Se me pide revisar una caldera de vapor, la cual alimentaba todas las casas productoras de la planta. El vapor en la mayoría de plantas es un recurso primordial debido a que se usa para el calentamiento de tanques productivos y climatización de productos que deben evitar cristalizarse debido a que, en nuestro caso, esto significaría llegar a su última etapa de producto detonante. Lo cual es una situación muy riesgosa cuando esto no se controla.

En la Planta Rio Loa trabaja con 3 calderas de vapor, actualmente adiciono una cuarta la cual tuve la oportunidad de poner en servicio antes de mi partida a planta Prillex.

La caldera de vapor, tiene la siguiente filosofía de control:

- Se da encendido de caldera de forma manual
- La caldera realiza un barrido con aire por medio de un ventilador hacia el interior de la caldera, con el objetivo de eliminar impurezas o gases acumulados.
- Por medio de un controlador de combustión, ajusta la mezcla de aire y combustible para realizar el encendido, donde el combustible o petróleo, se espray hacia el interior de la caldera
- Una vez que se cumplen los pasos, se activa un chispero que apunta hacia el chorro de petróleo y se enciende la caldera
- Por medio de un Lente óptico detecta que hay fuego en el interior
- La caldera acumula presión por medio de un controlador, y es alimentado por agua para así genera vapor al evaporarse el agua.
- Esta se detiene automáticamente cuando llega a una presión preseada por un Presostato y vuelve a encenderse cuando llega a una presión mínima detectada por otro Presostato

- El ciclo continua hasta que se detenga el ciclo o active una de las medidas de seguridad
- b. Síntoma: Caldera no enciende en forma manual ni automática, para esto es necesarios reconocer los modos de falla, es decir los instrumentos que posee el equipo y sus funciones:
- Presostatos para la detención de la caldera por sobre presión y la puesta en servicio automático
 - Presostatos para un límite máximo de presión permitido por norma
 - Sensor de nivel
 - Válvula Controladora de Nivel de agua
 - Controlador de Llama
 - Sensor de rayos UV para detectar la intensidad de llama
 - Motor y Ventilador para adicionar el aire y poder realizar la combustión
 - Modulador de aire y combustible, el cual se encarga de racionar en las partes correspondientes estos dos elementos.
 - Sensor de Temperatura
 - Válvulas de seguridad por Presión (PSV) la cual es una válvula que alivia la caldera dejando que pase vapor cuando llega a una presión preseada
 - Sistema de alimentación de combustible, ya se petróleo o Gas
- c. Investigación: Al ser mi primera vez que me pidieron revisar una caldera, tuve que acudir a el manual de esta y ver el plano eléctrico o el P&ID, sin embargo, como mencione esta planta tiene casi 100 años de antigüedad, y también poca gestión de mantenimiento, por lo que, en este caso, nadie pudo facilitarme documentación alguna. Evidentemente el primer día no me fue bien y no logre colocar la caldera en servicio. El problema presentado era que no partía a caldera, por lo que mi primera inspección fue recopilar información de los operadores de la caldera, los cuales tenían una gran experiencia y conocían los síntomas de esta, y me fueron guiando hacia lo que ellos creían que podría haber fallado, así que con tester en mano, me encamine a revisar los siguientes puntos:

- Alimentación de chispero, el chispero de la caldera no es más que 2 electrodos alimentados por un transformador que aumenta el voltaje a 6000 V de 220 VAC para generar la chispa necesaria para que la combustión explote, en este punto logre revisar la continuidad de la bobina, la alimentación hacia el chispero, y realizar una prueba en físico, retirando el chispero y accionándolo de forma manual fuera de la caldera, lo cual al realizar las pruebas se concluyó que esta trabajaba como corresponde
- Modulación de aire combustible, esta etapa es importante debido a que, de no haber una buena relación, la explosión que se realiza llega a realizar la llama correcta para que la caldera parta bajo sus valores configurados, sin embargo, luego de revisar y realizar pruebas determine que tampoco era el problema ya que esta modulación la realizaba sin problemas y según experiencia operacional, la llama que el operador veía estaba dentro de lo normal, esto me dio una idea que más adelante explicare.
- Presostato de partida, este instrumento es el principal permisivo para que la caldera pueda partir, es una especie de parada de emergencia por presión, y al ser un componente mecánico suele trabarse o ensuciarse por el tiempo que lleva en servicio. La forma correcta de revisar un Presostato es simulando presión en la entrada y midiendo continuidad en sus puntos de conexión, pero de nuevo la suerte no me acompañaba ya que en la empresa no teníamos una bomba para simular presión ni el equipo se podía retirar, debido a que no tenía válvula de corte. Sin embargo, luego de leer el manual y teniendo una presión de 5 bar en línea, pude disminuir el valor preseteada del equipo, hasta los 5 bar y así revisar si este conmutaba como corresponde. Luego de las pruebas realizadas y observar que el equipo trabajaba conforme, concluí que este no era el problema.
- Luego de revisar los puntos mencionados por los operadores y con las pruebas realizadas, logre apreciar que, al momento de intentar encender la caldera, esta desde el momento que realizaba un barrido de línea hasta que activaba el chispero, el valor del sensor de llama no se movía de 0, por lo que decidí revisar el sensor para darme con la sorpresa que este se encontraba sucio con hollín, el cual luego de investigar con mis colegas no se había intervenido en mucho tiempo. Se limpió el lente del sensor y se volvió instalar y se logró colocar la caldera en servicio para entregarlo a producción.

- d. Diagnóstico: Sensor de llama sucio por falta de mantenimiento, se encuentra que no existe un plan de mantenimiento de este equipo, debido a que la cultura de la empresa, trabaja a la falla, es decir por mantenciones correctivas emergentes.
- e. Lecciones aprendidas:
- La experiencia de los operadores es un punto crucial para resolver un problema, pero muchas veces logran desviarnos de encontrar la falla real
 - Es necesario tener la cabeza fría y paciencia para analizar una falla y mucho más cuando las cartas juegan a tu favor y no se cuenta con la información elemental
 - Aunque resolver la falla solo me tomo 1 minuto (el cual fue limpiar el lente), el tiempo que me tomo encontrar es falla y las cosas que se revisan, sirven de experiencia para un futuro.
- f. Acciones:
- Crear plan de mantenimiento
 - Generar pautas de mantenimiento

3.5.2. Anécdota 2 (Puesta en servicio de Bascula de 25 kg, Haver Broecker)

- a. Antecedentes: Esta máquina funciona alimentada por una tolva con Prill la cual dosifica por la maquina en otra tolva más pequeña 25 Kg de peso neto de Prill por medio de un controlador de Peso, luego almacenar los 25 kg en la tolva pequeña, se prepara a dosificarlo en sacos del tamaño adecuado para luego sellarlos tanto al fondo del saco como en el cabezal para sellar de forma hermética el producto al interior del saco. Todo esto control es realizado por la máquina de nombre HAVER, que tiene por PLC un Siemens S700, además de un controlador de temperatura Schneider Electric, un Encoder para contar las revoluciones de largo de saco alrededor de 5 variadores para realizar todo el movimiento y desplazamientos de saco marca SEW motor. Como se puede ver esta máquina tiene varios equipos con varios protocolos de comunicación, tanto Profibus, Fieldbus y RS 232, pero al tener un solo cerebro las comunicaciones son dadas sin problemas.

Este método de comunicación se denomina maestro esclavo, debido a que varios controladores de modelos diferentes realizan procesos diferentes, pero la información es mandada a un solo controlador o PLC que toma las decisiones y devuelve la información para tomar las acciones correspondientes. Se especifican los siguientes detalles:

Marca: HAVER BROECKER

Modelo: FFS BETA

Función: Ensacado de sacos de 25 kg.

Tamaño: 5x5 metros

Velocidad de Ensacado máximo: 2400 sacos x hora

Voltaje de Alimentación de maquina: 380 VAC

Voltaje de alimentación de sensores y actuadores: 24 VDC



Figura 83. Maquina ensacadora sacos de 25 kg FFS (HAVER BROECKER, 2019)

- b. Síntoma: Los síntomas presentados en esta ocasión por la maquina fueron los siguientes:
- Falla de sensores de posición
 - Falla de bascula
- c. Investigación: Analicemos punto por punto
- Falla de posición de sensores: El mayor problema en esta máquina es la alta humedad de la máquina, la cual corroída tanto componentes como pernos de ajuste que no eran

inoxidable. En esta máquina por fabricante, todos los componentes originales son de material inoxidable, debido que la empresa al comprar la máquina, pidió que tenga esta característica por la alta humedad del área. Sin embargo, un problema muy común en mantenimiento es el cambio de equipos no originales por falta de repuestos, el cual es un problema logístico, y como es de esperar, de no tener un repuesto original, se instala lo que más se tiene a la mano. La marca HAVER, es de origen alemán, pero tiene sucursales en varios países, el más cercano sería Brasil. Por ende, tener un repuesto original a la mano no es tan fácil, así como el costo para comprarlo es elevado, por ende, la empresa prefiere comprar repuestos de menor valor y por ende menor calidad con una equivalencia de costo beneficio. Esta equivalencia se explica con el siguiente ejemplo:

- 1 sensor alternativo tiene un precio de x dólares
- 1 sensor original tiene un precio de $10x$ dólares

Como se puede ver, el sensor original, es 10 veces más caro que el alternativo, sin embargo el sensor alternativo dura de 2 a 3 meses, y el repuesto original dura 1 año, por ende, si compro 6 sensores y los cambio cada 2 meses, mi gasto final será de $6x$ dólares al año y aun así será menor a la compra del sensor original, con esto se demuestra que el costo beneficio de compra uno alternativo se aprecia como una ganancia aparente.

Sin embargo, muchas empresas enfocan mal este concepto de costo beneficio, debido a que los costos totales, no solo deben contar con el gasto en el sensor, que sería un gasto directo sino los siguientes gastos indirectos:

- Máquina sin producción tiene un gasto de $4x$
- Costo de horas hombre en cambiar el sensor igual a $2x$
- Gasto de personal de producción sin operar x

Como se puede ver, añadiendo el costo del sensor, tendríamos un total de $8x$ dólares por falla. Si este equipo falla cada 2 meses, en el año se tendría un gasto total de $24x$ dólares, que superan los costos del sensor original más todos los costos indirectos, es decir $17x$ al año. Por ende, es muy importante para el instrumentista y el equipo de

mantenimiento hacer entender a la parte de compras y bodega la compra del repuesto original.

Volviendo al caso, se encontró que uno de los sensores de posición instalado en uno de los pistones de la maquina se había movido de su posición original por estar suelto, debido a que el perno de ajuste era de acero al carbono, y la maquina al estar en constante movimiento, logro mover al sensor.

Por suerte se pudo identificar de manera rápida debido a que el panel de control de esta máquina te indica la dirección y la posición donde se encuentra actualmente la falla por lo que se pudo cambiar y probar el sensor sin problemas.

- Falla de Bascula: En este caso, este fue uno de los problemas que nos tomó más tiempo de resolver, debido a que la maquina lo único que explica es “falla de Báscula” la cual incluye todo el subsistema esclavo de llenado del producto. Y en este caso el esclavo no tenía la opción de poder reconocer donde tenía la falla. Sin embargo, el problema que nos indicaba era solamente falla en posición de servo. Como ya lo indiqué, la báscula trabaja con un motor instalado a un variador de frecuencia, donde este motor tenía un Encoder para poder reconocer la posición de la báscula y así poder trabajar como un servo motor. Este además incluía 2 sensores inductivos instalados en el límite mínimo y el máximo de la báscula para detectar que esta no sobrepase el rango de trabajo y el motor no se sobre esfuerce. Sin embargo, aunque el problema de posición puede parecer una falla fácil de reparar, existen varios puntos de falla, tales como:

- Falla en la señal desde el PLC esclavo
- Falla en la señal desde el PLC Maestro
- Falla de Variador
- Falla en Encoder
- Falla en Motor
- Falla Mecánica en acople
- Falla de Finales de Carrera
- Falla en conexiones
- Falla en cables sulfatados por la humedad

Por lo que se comenzó a revisar uno por uno. Realizando una prueba desde el panel de control esclavo se pudo realizar una apertura de la báscula, descartando

la falla en la señal desde el PLC esclavo y maestro. Ya que la señal llegaba sin problema hasta el motor. Se revisó los finales de carrera para detectar que estos no impidiesen una falla en la báscula, sin embargo, se encontró que dichos sensores se encontraban sin conexión desde hacía mucho tiempo. Por lo que se decidió seguir adelante y dejar ese problema tal como se encontró. Ya que se temía que pudiese alterar el programa actual que si funcionaba.

Se revisó los cables y las conexiones, encontrando que los cables del Encoder al variador se encontraban sulfatados, por lo que se cambió el conector y se mejoró las conexiones sin problemas, Sin embargo, esto no soluciono el problema.

Se pidió al eléctrico que revisara el motor y lo megueara para descartar problemas con el motor. Al revisarlo indico que no tenía problemas en las bobinas internas por lo que nos permitió seguir adelante.

En conjunto se pudo observar que el variador tomaba un código a pesar que movía el motor sin problemas, se le pidió al eléctrico que lo evaluara encontrando que la falla indicaba “perdida de posición cero” la cual nos dio una idea de por donde poder comenzar. Gracias a un control remoto se pudo intervenir el equipo y reconocer el código de punto cero, sin embargo, en este punto un problema adicional nos surgía, el cual era que no teníamos antecedentes de dicho problema ni procedimiento ni mucho menos. Y que las cuentas del Encoder de posición cero no se podrían cambiar al tanteo ya que se podía empeorar el estado de la máquina, se debía tener un dato real para poder alterar dicho parámetro.

Se observó que el acople mecánico movía la báscula por lo que en este punto se decidió que no era problema mecánico. Sin embargo, este punto fue una falla que no se vio tan a detalle que nos acarreó problemas que se indicaran más adelante.

En un punto muerto como este, solo se podía hacer 2 cosas, o intentar y fallar o llamar a un experto, por desgracia el experto era una opción lenta, pero gracias a una gestión grande y apoyo de los altos mandos para agilizar la producción, se conseguir al personal necesario para intervenir la máquina y poder ponerla en servicio. Gracias a la visita del técnico especialista, pude aprender todo lo necesario para poder intervenir la maquina más adelante.


Con la intervención del especialista se pudo poner en cero el Encoder de la báscula para así poder poner en servicio la máquina y poder ensacar el producto a tiempo. Lo que el especialista pudo apreciar es que, como ya se indicó, la maquina estaba corrida de su punto inicial, esto, según el experto, indico que era una falla del cable sulfatado,

que como se sabe el Encoder son pulsos mandados al variador para poder indicar cuantos puntos son necesarios para recorrer una vuelta, al estar el cable sulfatado, estos puntos no llegaban del todo, y gracias a su visita se pudo realizar un procedimiento para poder prevenir futuros problemas.

Sin embargo, una semana después, la maquina volvió a fallar por el mismo problema, por lastima, aun después de seguir los mismos pasos que nos dejó el experto, la maquina volvía a des calibrarse por sí mismo.

Es ahí donde gracias a la observación de un colega, nos dimos cuenta que la máquina, justo en el acople mecánico de la báscula lograba moverse, pero en cierto punto patinaba en el rodamiento, y al ser este un proceso de envasije de alta velocidad, se ensacan alrededor de 700 sacos por hora aproximadamente, lo cual por cada saco si logra resbalarse un grado esto llega que el equipo se des calibre y mande a falla. Gracias a este punto logro corregirse le problema de la báscula y logro dejarse la maquina operativa sin problema alguno. Aquí algunos testimonios de mi supervisión y jefatura

- d. Diagnóstico: La falla principal del equipo, fue la pérdida de posición en el servo motor, debido falta de mantenimiento mecánico y reapriete de partes móviles. Así como también la falta de repuestos originales que ocasionan un gasto innecesario.
- e. Lecciones aprendidas:
 - Es necesario la intervención de un equipo multidisciplinario par problemas grandes y que tomen mucho tiempo de intervención
 - Es necesario la compra de repuestos originales para garantizar la disponibilidad del proceso
 - Cuando el personal existente no puede resolver la falla, es importante contactarse con el experto o vendedor oficial para poder solucionar el problema o guiarse en un punto muerto.
- f. Acciones:
 - Se genera pauta de trabajo para mecánico, con los puntos críticos a intervenir en sus mantenciones planificadas
 - Se genera solicitud de compra para repuestos originales



Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Tenemos vocación de servicio.

Comentario:
Marco, quiero reconocer tu disposición a atender siempre los llamados y atender la **HAYER** hasta dejarla operativa, Notable...

Firma:
SANTIAGO NICOLAS VELASQUEZ LEON

Reconocimiento 1. Por trabajo realizado en Ensacadora HAYER (ENAEX, 2017)



Figura 84. Panel de control Ensacadora HAYER (Planta Prillex 2017)

3.5.3. Anécdota 3: Automatización de Vaciado de 2 tanques de condensado

En lo que es la instrumentación y control, se entiende que se maneja una alta gama de equipos e instrumentos, sin embargo, es tan diversa la gama de productos en sensores que hay que saber seleccionar el instrumento adecuado para el proceso correcto. En instrumentación se dice “Hay un sensor para cada proceso”.

- a. Problema: Se pide automatizar el vaciado de 2 tanques de condensado de vapor por medio de 2 bombas, la cual solo puede trabajar una, y la otra queda en stand by. En el cual este debe tener mando automático para comenzar el proceso de vaciado de los estanques cuando este llegue a nivel alto y detenerse cuando llegue a nivel bajo. Este control requiere que el operador elija que tanque vaciar. Dicho tanques almacenan el condensado de vapor a una temperatura de 50°C aproximadamente, y se unen por vasos comunicantes para lograr equilibrar el nivel en ambos.

El Tanque de acumulación de condensado de vapor, es vaciado por operador, de forma manual, en la cual el operador debe partir una bomba, cuando observe que el tanque se esté rebalsando, y debe detener la bomba de modo manual, cuando el estanque se encuentre se vació o escuche que la bomba trabaja en vacío. Los modos de falla serían los siguientes:

- Desgaste operacional, ya que el operador debe subir al tanque y visualizar el nivel actual de este
 - Mal funcionamiento de la bomba, debido a que si el operador se le olvida detener la bomba, esta puede trabajar en vacío lo cual en el siguiente proceso de succión, podría cavitación.
 - Ambiente peligroso, debido que en el caso que el tanque se resbale por falta de control, podría inundar el piso, el cual podría ocasionar resbalar al operador u otro personal
 - Tiempo perdido, debido a que se mantiene a un operador pendiente del sistema.
- b. Diagnóstico: Para este paso, es necesario establecer los componentes que poseo como los que necesito para poner en marcha la automatización.

Recursos disponibles:

- 2 bombas centrifugas con motor trifásico de 380 V y 4 Amperes en carga nominal
- 1 Selector de 3 posiciones
- 1 Interruptor termo magnético 3 fases de 16 Amperes
- 1 pulsador de contacto normalmente cerrado
- 1 pulsador de contacto normalmente abierto
- 2 Contactores 3 fases con bobina de 220 V y 10 Amperes
- 2 interruptores de sobre corriente de 1 a 6 Amperes

Componentes Necesarios para la automatización:

- 2 Switchs de nivel bajo
- 2 Switchs de nivel Alto
- Relé de control con bobina de 220 V
- Sirena de 220 V
- Parada de emergencia

c. Propuesta:

Filosofía de control:

- Operador Selecciona bomba a usar
- Operador presiona botón de partida
- Tanque se llena con condensado
- Se cierra contacto de Nivel Bajo
- Se cierra contacto de Nivel Alto
- Parte Bomba
- Se abre contacto de Nivel Alto
- Se abre contacto de Nivel Bajo
- Se detiene Bomba

- Se reinicia llenado hasta que operador detenga el sistema o seleccione Bomba en Stand By

Instrumentación:

- Sensor a instalar: Debido a que se trata de un sistema de condensado, donde la temperatura está por encima de los 50°C , no es recomendable usar sensores de tipo pera, debido a que, al ser un sensor recubierto con goma, esta podría derretirse. Por otro lado, existen los siguientes sensores para este trabajo:



Sensor tipo flotador (Pera)

Capacitivo

Diapasón



Capacitivo externo



Conductivo 3 niveles

Figura 85. Tipos de sensor de nivel discreto (ENAEX, 2016)

Tipo	Flotador	Capacitivo	Diapasón	Capacitivo Externo	Conductivo
Ventajas					3 Niveles
Instalación a proceso	Colgante	2 agujeros por estanque	2 agujeros por estanque	Sin agujeros	1 agujero por estanque
Precio	Económico	Muy Bajo	Medio	Bajo	Medio
Cantidad	4	4	4	4	2
Material	Plástico	INOX o PTFE	INOX	Plástico	INOX
Alimentación Externa	No	Si	Si	Si	Si
Cantidad de contactos	NC y NO	NC y NO	NC o No	NO o NC	NO o NC

Figura 86. Comparación de Sensores de nivel discreto para elegir el adecuado para el proceso (ENAEEX, 2016)

Considerando que el tanque no debe ser agujereado por los costados, los sensores de diapason y capacitivo son descartados. El capacitivo externo, podría considerarse ya que su instalación es muy simple pero la alimentación en este caso es de 24 V DC, lo cual requeriría una fuente de poder la cual elevaría el precio del proyecto, el tipo flotador queda descartado debido a que el material es de plástico, y como se explicó anteriormente se corre el riesgo de derretirse.

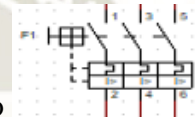
Con todas estas consideraciones, se opta por el sensor conductivo, debido a que solo se necesita una conexión a proceso y esta se puede ajustar por el largo de la varilla a los necesarios.

- Contactores a elegir: El contactor a elegir debe ser de acuerdo al motor, considerando 25% adicional al amperaje usado en el motor. Debido a que el motor es de 4 Amperes, el contactor debería ser de 5 Amperes, sin embargo, en el mercado no es tan común los Contactores de 5 amperes, por eso se eligió uno de 6 amperes, por eso mismo igual el interruptor de sobre corriente de 1 a 6 amperes.

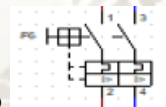
- Interruptor de termo magnético a elegir: El interruptor general de sobre corriente también debe ser 25% adicional de la carga total, al tener 2 sensores e 4 Amperes tendríamos 8 Amperes, añadiendo el 25% no daría 10 Amperes, pero en el mercado se encuentra de 10 y 16, debido a se debe considerar la sirena y el relé, se opta por el de 16 Amperes
- d. Implementación: Es necesario mantener la documentación necesaria como plano de control y fuerza, antes de embarcarse en la implementación del sistema automático.

Partes del plano de control:

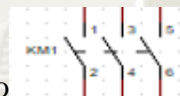
- Interruptor termo magnético Trifásico



- Interruptor termo magnético Bifásico



- Contactos de Contactor trifásico



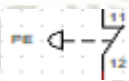
- Relé térmico, activado por consume de sobre corriente



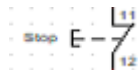
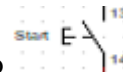
- Motor Trifásico



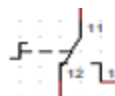
- Parada de emergencia



- Pulsadores con contacto Normalmente cerrado y abierto



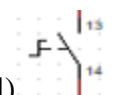
- Selector de 2 posiciones



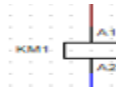
- Contacto de Relé



- Interruptor multifunción (Contacto de sensor de nivel)



- Bobina de contactor



Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Perseguimos los más altos estándares de calidad de producto y servicio.

Comentario:
Por su iniciativa de llevar el control de nivel de estanques de condensado de forma manual a automática.

Firma:
NELSON RENE SALDIVIA SUBIABRE

Reconocimiento 2. Prueba del trabajo realizado, para la automatización del vaciado del tanque (ENAEX, 2016)

Beneficios:

- Proceso automático
- Disponibilidad de bomba por bomba en SPARE
- Diseño simple y entendible
- Costo de inversión 0, ya que se usó lo existente en planta
- Se reducen los posibles accidentes
- Se reduce la pérdida de energía innecesaria
- Se elimina el desgaste innecesario por trabajo de bomba en vacío
- Se elimina los fallos por factor humano

e. Lecciones aprendidas:

- Aunque se pudo haber optado por un control automático con PLC y lograr así un sistema más avanzado, se optó por un control con relés y Contactores, ya que si se toma en cuenta la simplicidad del sistema y que el tiempo de respuesta no era un factor necesariamente crítico, no se justificaba la inversión de un PLC.
- Para el planteamiento del problema, también se debe considerar una posible expansión en el futuro, debido a que este sistema no es crítico pero si importante, se optó por usar sensores de mayor resistencia pero de menor alcance en cuanto a control. Es decir que se usó los sensores discretos y no uno análogo.

PLANO DE CONTROL

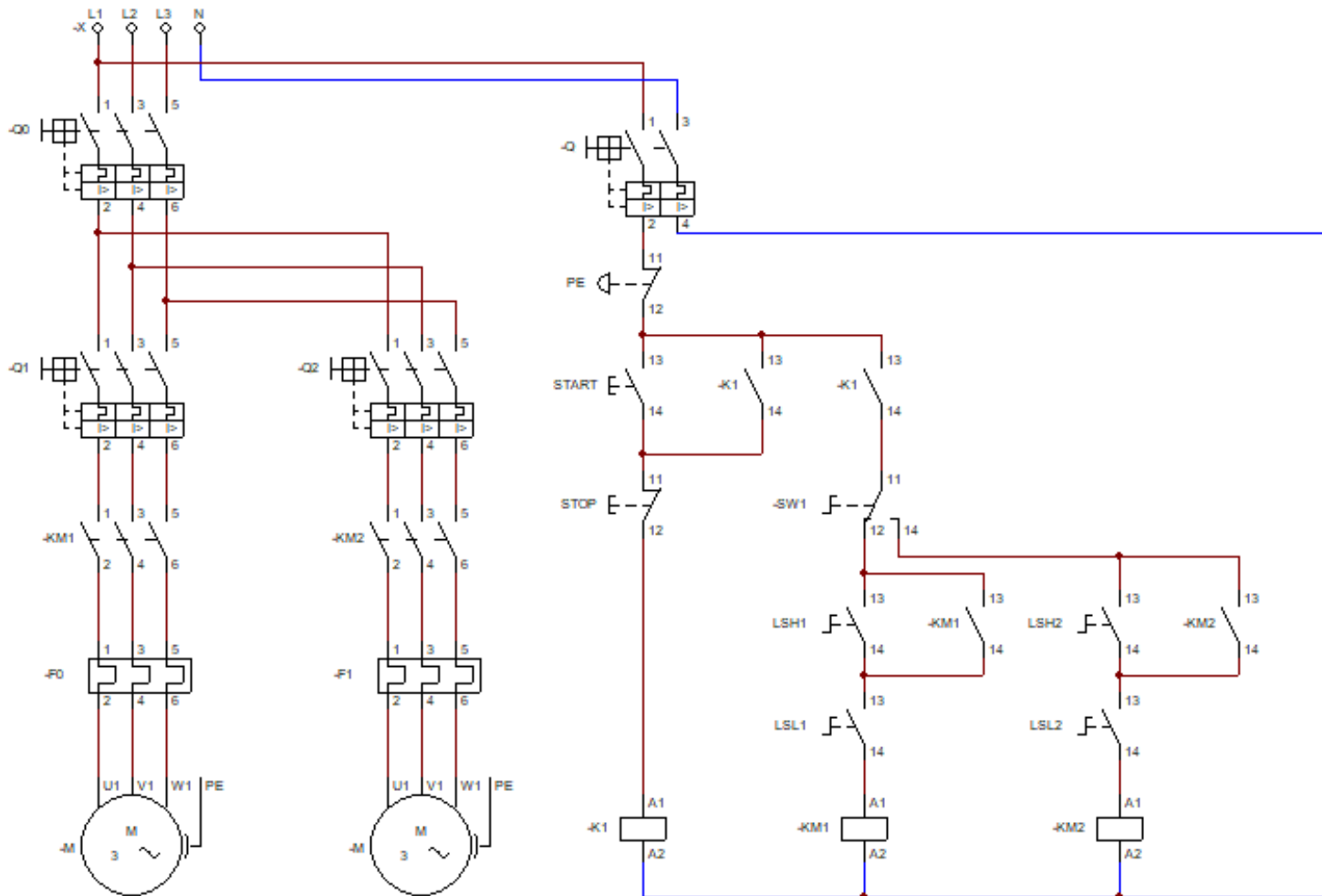


Figura 87. Circuito de control de bombas por medio de niveles discretos (ENAEX, 2016)

3.5.4. Anécdota 4 (Mejora en plan de mantenimiento Impresora Escorpión SQ2)

- a. Antecedentes: En planta como se mencionó antes es necesario la trazabilidad del producto, para esto se usa impresoras industriales para el trazado de lote y hora de producción del equipo. Este sistema debe tener una disponibilidad del 95% aunque no sea crítica en el proceso, es un punto importante para el mantener la calidad en el producto final. Datos del equipo:

Marca: Squid Ink

Modelo: Scorpion SQ/2

Inyectores: 16 inyectores, 2 conexiones de 8 inyectores

Servicio: Impresión de lote y fecha de producción de maxi sacos de nitrato de amonio Prill

Controlador: Bomba de presión y tarjeta de control

Presión de trabajo: 3 a 4 bares

Insumos: Tinta a base de óleo y solvente para limpieza del equipo

Accesorios: Sensor capacitivo con alcance de 10 cm de distancia y panel de control



Figura 88. Impresora de tinta al óleo SQUID INK Scorpion (SoluTec, 2019)



Figura 89. Impresión del lote y fecha en el maxi saco por maquina Scorpion SQ2
(ENAEX, 2019)

- b. Síntomas: Las Fallas principales de este equipo son:
- Taponamiento de inyectores
 - Perdida de presión en envase de tinta
 - Falla en sensor capacitivo
 - Desbalanceo en soporte
 - Perdida de elasticidad en componente retráctil del soporte
 - Perdida de señal en controlador a cabezal
- c. Investigación: En la carrera se aprendió los tipos de mantenimiento que pueden ayudar a mejorar la disponibilidad, uno de ellos es el mantenimiento autónomo, el cual indica que el mismo operador mantiene el cuidado del equipo para garantizar su operatividad. Cuando se me encomendó garantizar la disponibilidad de este equipo, el mantenimiento autónomo no existía, debido a que la parte productiva se des entendía del mantenimiento de esta máquina. Y claramente usaba la maquina hasta que esta fallara o se cumplía un fin de vida útil por un desgaste acelerado de los componentes.

Los primeros puntos que opte por mejorar, se basaban en la limpieza periódica del equipo al término del turno del operador. Ya que al realizar esta limpieza con el procedimiento que yo genere, se evitaba las siguientes fallas:

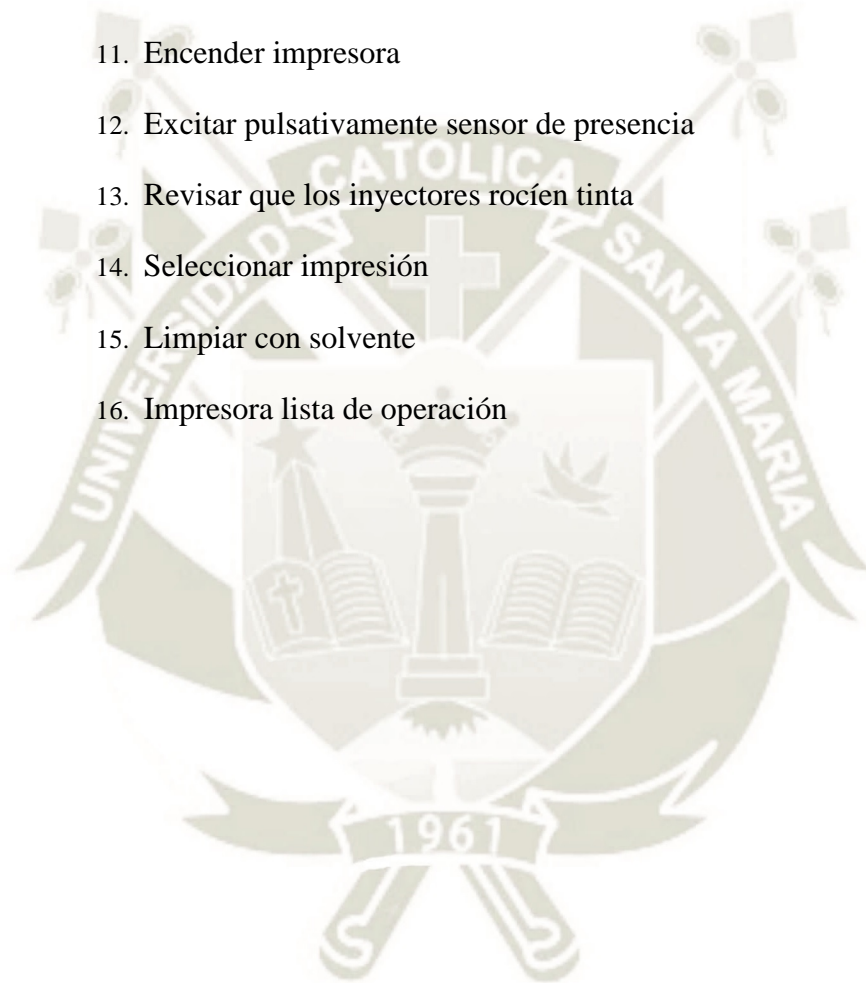
- Taponamiento de inyectores
 - Perdida de presión en envase de tinta
- d. Diagnóstico: Básicamente las otras fallas como sensor de posición, desbalanceo de soporte, así como perdida de elasticidad del soporte, se dan por una mala operación del proceso, ya que al colocar los sacos de manera errónea o des alineada con la correa, esta tiende a apegarse a un extremo, dañado el soporte, y así acelerando el desgaste de los componentes móviles del soporte.
- e. Acciones: Para poder mejorar el estado de este equipo se optó por reentrenamiento de los operadores, e inspecciones periódicas hasta que se adhiera fielmente a los procedimientos estándar, luego de esto, el equipo paso a ser una serie de mantenimientos correctivos a mantenimientos preventivos autónomos por parte del operador.

Gracias a esto la vida útil del equipo aumento de 3 meses a 1 año, controlando así las fallas y el recambio del equipo por desgaste de componente interno.

Como se explicó, se optó por realizar un procedimiento para personal operacional, con el motivo que el operador tenga conciencia y sentido de pertenencia del equipo y así mejore su cuidado disminuyendo el tiempo de intervención por otro personal, adicional a esto se imprimió los paso a pasos y se colocaron cercanos al equipo para que el operador pueda leerlo cada vez que tenga que intervenirlo, para esto se solicitó ayuda de los jefes de turno y de los mismos operadores:

1. Limpieza de Cabezal
2. Apagar Impresora
3. Cambie el Tarro de Tinta por Tarro de Solvente
4. Revisar O'rings de Conectores
5. Encender impresora

6. Realizar Limpieza de Inyectores desde panel de impresora (Todos los Inyectores)
7. Excitar pulsativamente sensor detector
8. Revisar que los inyectores rocíen solvente
9. Apagar Impresora
10. Cambiar Tarro de Solvente por Tarro de Tinta
11. Encender impresora
12. Excitar pulsativamente sensor de presencia
13. Revisar que los inyectores rocíen tinta
14. Seleccionar impresión
15. Limpiar con solvente
16. Impresora lista de operación



Instrucciones para termino de Turno

Impresora Scorpion

Limpieza de Cabezal

- Apagar Impresora
- Cambie el Tarro de Tinta por Tarro de Solvente
- Revisar O´rings de Conectores
- Encender impresora
- Realizar Limpieza de Inyectores desde panel de impresora(Todos los Inyectores)
- Excitar pulsativamente sensor detector
- Revisar que los inyectores rocíen solvente
- Apagar Impresora
- Cambiar Tarro de Solvente por Tarro de Tinta
- Encender impresora
- Excitar pulsativamente sensor de presencia
- Revisar que los inyectores rocíen tinta
- Seleccionar impresión
- Limpiar con solvente
- Impresora lista de operación



Figura 90. Pauta para mantenimiento autónoma por parte del operador (ENAEX, 2017)

Por otro lado, debido a que el mantenimiento autónomo solo consiste en acciones superficiales mas no cambio o revisión de componentes o controlador, es necesario realizar un procedimiento para personal técnico, donde se pueda detectar las fallas y así generar acciones, este procedimiento se detalla en el **ANEXO 4**

f. Resultados: Luego del análisis de costos en este caso de impresora, se pudo recopilar los siguientes datos:

Equipo	2014	2015	2016	2017	2018	Total general
IM-4801	1	7	12	15	5	40
IM-9301A	1	6	5	9	3	24
IM-9301B	1	2	3	5	1	12
Total general	3	15	20	29	9	76

Figura 91. Cantidad de avisos por año (ENAEX, 2018)

Donde tal como se puede apreciar, los avisos en el año 2016, fueron de 20 avisos por año. Luego que se me solicitara realizar la mejora a mediados del 2017, yo ya contaba con alrededor de 15 avisos en el años, los otros 14 restantes, fueron parte de la investigación y las propuestas solicitadas, siendo así que en el año 2018, se pudo reducir los aviso en 9 por año, logrando así una mejora del 69% con respecto al año anterior. También se pudo estudiar el costo de mantenimiento que requirieron estos equipos antes de la mejora, como se aprecia en la siguiente figura:

Equipo	2014	2015	2016	2017	2018	Total general
IM-4801	\$ 5,865.00	\$ 4,111,082.00	\$ 2,791,890.00	\$ 4,372,911.00	\$ 863,041.00	\$ 12,144,789.00
IM-9301A	\$ 8,798.00	\$ 162,123.00	\$ 2,063,142.00	\$ 2,609,173.00	\$ -	\$ 4,843,236.00
IM-9301B	\$ 11,730.00	\$ 1,691,523.00	\$ 6,317,692.00	\$ 131,349.00	\$ -	\$ 8,152,294.00
Total general	\$ 26,393.00	\$ 5,964,728.00	\$ 11,172,724.00	\$ 7,113,433.00	\$ 863,041.00	\$ 25,140,319.00

Figura 92. Costo total de mantenimiento por año en pesos chilenos (ENAEX, 2018)

Se puede apreciar en el siguiente grafico como se pudo disminuir los gastos de mantenimiento en el año 2017 y 2018, donde en el primer año luego de las incluyendo el costo de las mejoras, se tuvo una mejor del 36% con respecto al año 2016, ahorrando aproximadamente \$ 4 millones de pesos chilenos, y un ahorro de \$ 6,3 millones de pesos chilenos con respecto al año 2017 en perspectiva del año 2018, es decir, se logró reducir un 88% del gasto total

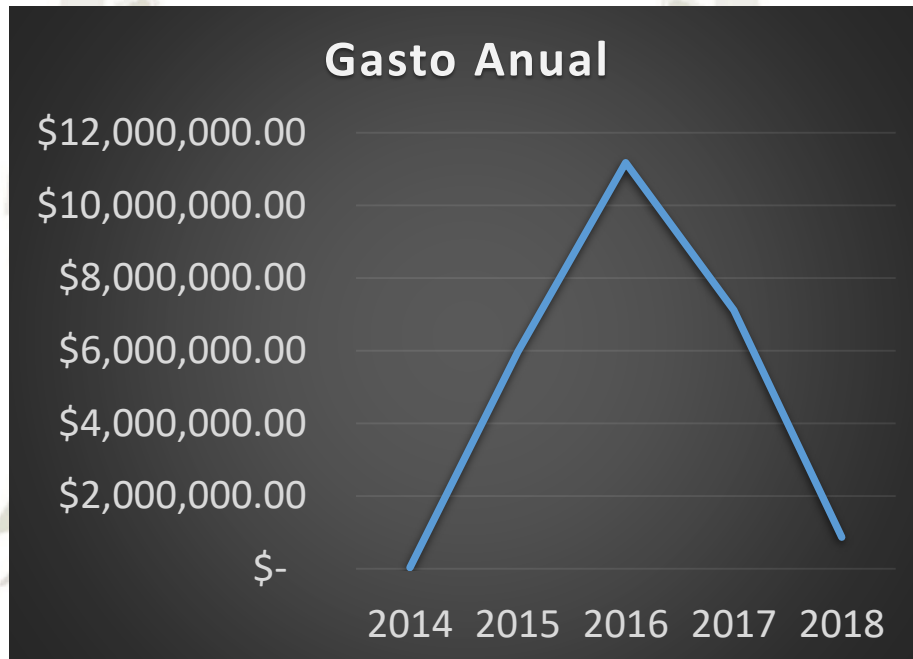


Figura 93. Gasto Anual de mantenimiento en impresoras Scorpion SQ2 en pesos chilenos
(ENAEX, 2018)

RECONOCIMIENTOS

Estos Reconocimientos son testimonios que acreditan las cosas realizadas en planta, lo cuales debido a un portal que tiene la empresa, se puede reconocer por sistema. Dichos formatos son un factor importante para impulsar el espíritu de la empresa y motivar a una persona adelante y saber que se están haciendo las cosas bien. Se detalla además la ficha de contacto de las personas que firmaron los reconocimientos para poder garantizar la veracidad de los documentos:



Jose Contreras

Subgerente Research • Vicepresidencia Innovación y Start Ups

✉ Enviar correo electrónico 💬 Iniciar chat



Santiago Velasquez Leon

Sub-Gerente Mantenimiento E Ingenieria
Planta Prillex América



Tomas Weibel

Jefe Depto. Acidos, Prep. Ingr. Y Nitrac
Planta Río Loa



Julio Guerra

Sub-Gerente de Producción
Vicepresidencia Producción



Ezomar Uzcategui Veliz

Jefe Eléctrico, Intrum. y Control DCS
Gerencia Planta Prillex América



Misael Cortes Ibacache

Supervisor Mantenimiento
Vicepresidencia Producción



Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:

Nuestra pasión es entregar soluciones de valor excepcionales.

Comentario:

Estimado Claudio, Luis, Marco. Mi sincero reconocimiento por tomar las necesidades de nuestro cliente y solventar las vulnerabilidades demostradas con la acción en la TV-8160, entregada en funcionamiento óptimo en el tiempo programado. Somos tremendo equipo! Sigamos así!


Firma:

EZOMAR ANTONIO UZCATEGUI VELIZ

Reconocimiento 3. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

EL siguiente reconocimiento fue realizado por nuestro jefe de Área de Electricidad Instrumentación y Control. La válvula indicada pertenece a la caldera de partida de la planta Prillex, la cual se pidió realizar pruebas de hermeticidad y recorrido, debido a que este es de un tamaño mayor, fue necesario el apoyo de 3 personas, se realizó la revisión y mantenimiento necesaria y fue entregado a tiempo sin problemas.




Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Trabajamos en equipo con alto Accountability y honestidad.

Comentario:
Marco, quiero reconocer el tremendo aporte que diste durante la semana que estuviste en planta Río Loa. Notable. La invitación es a mantener la pasión, calidad y el compromiso por lo que hacemos.

Firma:
SANTIAGO NICOLAS VELASQUEZ LEON

Reconocimiento 4. (ENAEX, 2018)



Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Tenemos vocación de servicio.

Comentario:
Marco, mi reconocimiento al apoyo prestado en el proyecto recuperación de mermas de la PEE en Río Loa. Te invito a continuar trabajando en equipo. Un fuerte abrazo

Firma:
JULIO EDUARDO GUERRA FERNANDEZ

Reconocimiento 5. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

El siguiente reconocimiento fue realizado por nuestro Sub Gerente de Mantenimiento e Ingeniería de Planta Prillex (Santiago Velásquez) y el Sub Gerente de Producción de Planta Río Loa (Julio Guerra), el cual se debe a que se me envió a Planta Río Loa para apoyar en un proyecto de Recuperación de Merma



Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Desarrollamos en nuestra gente la audacia en la búsqueda de soluciones.

Comentario:
Estimado Marcos quiero reconocerte y agradecerte por tu apoyo e involucramiento en ayudar en el avance de los proyectos de innovación. Especialmente en tu aporte en el sensor de temperatura para el proyecto Nano catalizador platino Un abrazo

Firma:
JOSE ANTONIO CONTRERAS OTEY

Reconocimiento 6. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

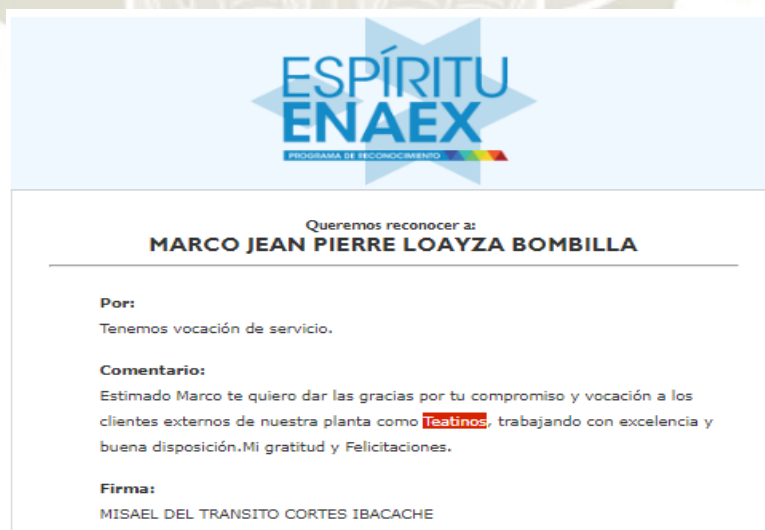
El siguiente Reconocimiento fue realizado por el Vicepresidente de Producción, el cual solicito ayuda técnica y expertis para poder recomendarle el instrumento más adecuado para sus necesidades de proceso, en la cual solicito el instrumento de temperatura más adecuado para un Nano catalizador, el cual tenía que ser robusto, y de respuesta rápida, y que alcanzara temperaturas hasta 1000 °C, por lo que se le ofreció una Termocupla tipo K, de 2 pares, con thermowell, con transmisor análogo de 4-20 mA y con comunicador HART, para facilitar así su configuración e intervención a futuro. Como se puede ver el cliente quedo satisfecho y reconoció nuestro esfuerzo



Reconocimiento 7. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

El siguiente reconocimiento se realizó para impulsar a seguir adelante con el plan de carrera y comunicar de manera oportuna ideas para mejorar el plan, pensando siempre en la mejora continua



Reconocimiento 8. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

El siguiente reconocimiento fue realizado por mi supervisor directo, fue realizado cuando se me mandó a Planta de Punta Teatinos para realizar mantenimiento por parada de planta.



ESPÍRITU ENAEX
PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO

Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Les entregamos soluciones eficaces y oportunas en las que puedan confiar.


Comentario:
Marco, muchas gracias por tu ayuda en refinería, resolviste un problema que llevaba todo el día en 10 minutos. Nuevamente Muchas gracias

Firma:
TOMAS FERNANDO WEIBEL GALLEGOS

Reconocimiento 9. (ENAEX, 2016)

Sinopsis:

Tomas Weibel es el Jefe de Producción de Acido, se me pidió apoyar a mis colegas instrumentistas, debido a que no podían modificar un valor en el programa de automatización de una casa productora, en el cual debían comunicarse con un PLC Allen Bradley MicroLogix 1000. El cual, gracias a lo aprendido en la Universidad, se me fue posible resolver el problema de manera rápida.



ESPÍRITU ENAEX
PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO

Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Les entregamos soluciones eficaces y oportunas en las que puedan confiar.

Comentario:
Se le reconoce por su apoyo este fin de semana para producción - DENSAC, entregando solución mediante su expertiz técnico.

Firma:
NELSON RENE SALDIVIA SUBIABRE

Reconocimiento 10, (ENAEX, 2015)

Sinopsis:

Algunos de los reconocimientos son realizados por un esfuerzo extra como atender problemas los fines de semana, sea un sábado o domingo, el cual demuestra el compromiso que uno tiene para garantizar la disponibilidad de la planta.



ESPÍRITU ENAEX
PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO

Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Les entregamos soluciones eficaces y oportunas en las que puedan confiar.

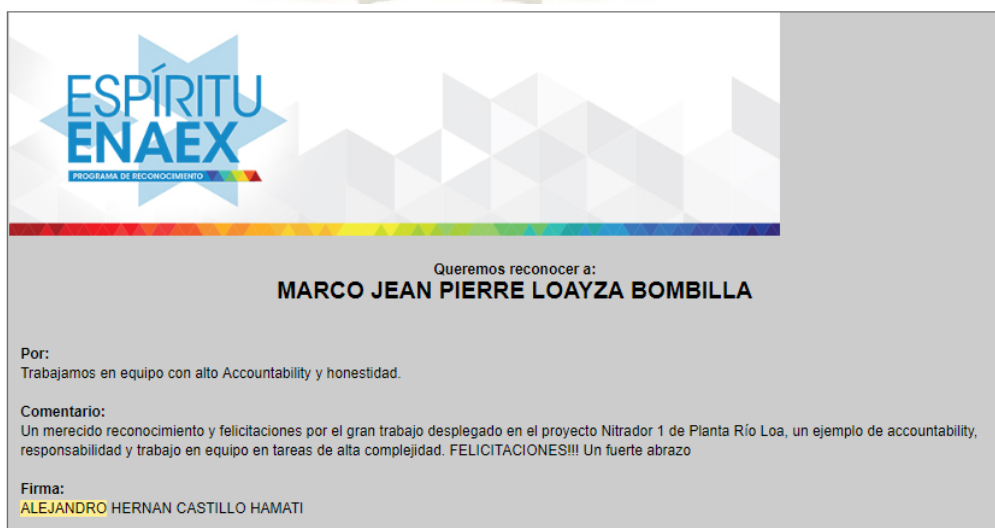
Comentario:
Se le reconoce por el soporte entregado en la creación de una nueva malla a tierra para casa Talley, proporcionando los estándares de seguridad requeridos para la producción.

Firma:
NELSON RENE SALDIVIA SUBIABRE

Reconocimiento 11. (ENAEX, 2016)

Sinopsis:

Debido a las capacitaciones constantes que se obtienen en la planta y junto con lo aprendido en la Universidad, en la malla eléctrica, se me fue posible armar una malla a tierra en una casa productora de nitroglicerina, donde es muy importante que la fuga de corrientes sea fluida y así no se produzca chispa dentro de la planta.



ESPÍRITU ENAEX
PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO

Queremos reconocer a:
MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA

Por:
Trabajamos en equipo con alto Accountability y honestidad.

Comentario:
Un merecido reconocimiento y felicitaciones por el gran trabajo desplegado en el proyecto Nitrador 1 de Planta Río Loa, un ejemplo de accountability, responsabilidad y trabajo en equipo en tareas de alta complejidad. FELICITACIONES!!! Un fuerte abrazo

Firma:
ALEJANDRO HERNAN CASTILLO HAMATI

Reconocimiento 12. (ENAEX, 2018)

Sinopsis:

Don Alejandro, es el antiguo gerente de Planta Rio Loa, el cual nos agradeció por realizar la puesta en marcha de una casa productora en Rio Loa cuando yo me encontraba en planta Prillex, debido a que se nos pidió viajar hasta allá para hacernos cargo de la supervisión técnica de la implementación de instrumentación, mecánica estructural y eléctrica, y realizar el pre comisionado y comisionado del mismo.



CONCLUSIONES

Se generan los compromisos a partir de los objetivos generales:

- **Adquirir conocimiento teórico**
 - La experiencia obtenida en un trabajo operativo nos da un mejor concepto de la automatización a realizar y tener mejor criterio en la selección de los equipos
 - La disponibilidad y confiabilidad esta garantizado cuando el mantenimiento se ejecuta de acuerdo a los procedimientos y entrenamiento
- **Diferenciar de instrumentos de campo**
 - De acuerdo a la experiencia obtenida, se tienen los conocimientos para poder seleccionar el sensor adecuado para conseguir de manera óptima la variable de proceso.
 - La carrera profesional de mecatrónica permite posicionarse en varios rubros de la industria logrando tener un mejor punto de vista y poder cubrir las necesidades que tenga la empresa
- **Mejorar los planes de mantenimiento**
 - Los planes de mantenimiento se mejoran, si se conoce las actividades a realizar y este pasa por un análisis para evaluar la frecuencia de mantenimiento
 - La frecuencia de mantenimiento debe tener buen equilibrio con el funcionamiento de la planta, para evitar que esta se detenga innecesariamente y así poder mejorar la productividad de la empresa.
- **Automatizar un proceso**
 - Cuando se automatiza un proceso, es necesario realizar todo tipo de hipótesis y ACR, con la finalidad de descubrir todos los puntos de fallas y así mejorar la automatización

RECOMENDACIONES

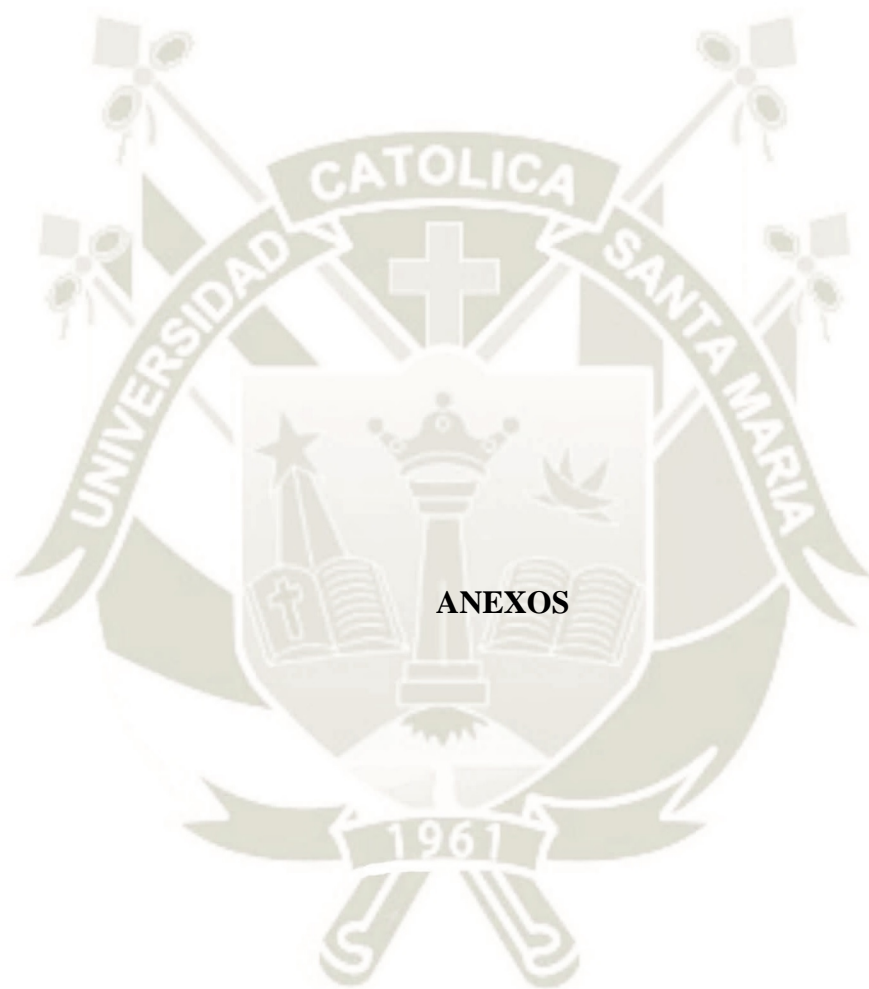
- El instrumentista no solo debe saber cómo intervenir un equipo, más bien debe analizar el proceso en conjunto, ya que de no hacerlo puede no resolver el problema de raíz
- En el área de mantenimiento los recursos bibliográficos son necesarios para tener información entre todo los integrantes y eventos futuros
- Es necesario para cualquier trabajo o proyecto, saber trabajar en equipo, pero es necesario la presencia de un líder o un encargado que unas todas las ideas y opte o cree la más adecuada para salir adelante
- La experiencia en terreno es vital para cualquier ingeniero pues nos ayuda a ser empático con las personas que intervienen el proceso en primera línea
- La malla curricular aprendida en la Universidad fue un punto fundamental para poder responder de manera correcta y eficaz
- En toda industria es importante actualizar los conocimientos, esto se completa con las capacitaciones que puede dar la empresa o lo que uno mismo debería tomar como profesional
- Es notable la diferencia de estándares entre países, así como la seguridad necesaria por las normas que estipula la empresa, por lo que se recomienda que se debe aprender ambas normas legales y de la empresa
- Debido a que la universidad forma ingenieros, es de notar que también forma líderes, los cuales son necesarios en todo rubro de la empresa para poder dirigir los a los compañeros de trabajo a resolver los problemas presentados al día día.

BIBLIOGRAFIA

1. Renovetec, *Ingeniería del Mantenimiento Investigación de Averías*, 2019, Renove Tecnología S.L 2009-2014, Madrid
2. SALAZAR SERNA César Augusto y CORREA ORTIZ, Luis Carlos (2011). *Buses de campo y Protocolos en redes industriales*. En: Ventana Informática. No. 25 (jul. – dic., 2011). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 83-109. ISSN: 0123-9678
3. Antonio Cruz Sole. (2010). *Instrumentación industrial*. México: Alfaomega Grupo.
4. Carlos a. Smith y Armando B. Corripio. (1991). Control Automático de Procesos Teoría y Práctica. México: LIMUSA.
5. Norma CEI 60050-191. E.2: *Vocabulario electrotécnico internacional – Parte 191: Confiabilidad – 46: Conceptos de mantenimiento y logística de mantenimiento*
6. IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. EEUU: IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial
7. Jose e. Bricreño Martínez. (2005). *Transmisión de datos*. Venezuela: Merida
8. Jose Maria Hurtado Torres. (2017). *Comunicaciones Industriales*. España: Departamento de Electricidad-Electrónica. I.E.S. Himilce – Linares
9. Perforación y tronadura, 2019. *GUÍA DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA*. <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/6.perforacion-y-tronadura.pdf>
10. Enaex, 2016. <https://www.enaex.com/en/company/filosofia/>
11. Instrumentación industrial: *El recurso para controlar los procesos*, 2017. <http://tecnologia.alemaniahoy.com/tecnologia/instrumentacion-industrial-el-recurso-para-controlar-los-procesos/>
12. Empresa Lean, 2016. *Lean Management, de la producción tradicional en masa a la ajustada*. <http://www.leanproduction.co/articulos-lean-manufacturing/empresa-lean-production/de-la-operativa-tradicional-al-enfoque-ajustado-del-lean-management.html>
13. *Chile Technological University of Professional Institute of Technical Training Center*, Copiapo, 2018. <https://www.coursehero.com/file/34332858/hghiihgdocx/>
14. Charles Iriarte, (2017). *Mantenimiento de válvulas*. De Academia. Sitio Web: https://www.academia.edu/32194064/Mantenimiento_de_v%C3%A1lvulas
15. AEC, 2016. *Mantenimiento*. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>

16. TRANSMISOR DE NIVEL N0214808 *Manual del usuario*. 2008. CONCEPTOS Y ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MEDICIÓN ULTRASÓNICA.
https://www.veto.cl/components/com_virtuemart/files/manuales/espanol/N0214808.pdf
17. SAP ERP, 2017, Sitio Web: <https://www.sap.com/latinamerica/products/enterprise-management-erp.html>
18. Universidad de tarapaca. (2019). Escuela universitaria de ingeniería mecánica.
eudim.uta.cl





ANEXO 1: Certificado de Trabajo



CERTIFICADO

ENAEX, certifica que don(a) MARCO JEAN PIERRE LOAYZA BOMBILLA, Cédula de Identidad N° 25040268-6 es empleado de esta empresa desde el 2 de Marzo de 2015 y actualmente, desempeña el cargo de Instrumentista

Certifica además, que su Contrato de Trabajo tiene carácter de Indefinido.

Se extiende el presente certificado a solicitud del interesado, para ser presentado ante la Universidad Católica de Santa María - Arequipa - Perú para los fines que estime conveniente, bajo su exclusiva responsabilidad.



Vicepresidencia de Personas
ENAEX

Santiago, 21 de Agosto de 2019

ANEXOS 2: Plan de Mantenimiento de Camiones Fabrica de emulsion Modelo (Quadra)

Periodo	Trimestral	Anual	Cada 5 años
Área			
Instrumentación y Control			
Panel de Control	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones, <u>Megueo</u> de cables punto a punto
Electroválvulas	Limpieza y lubricación	Desarme y limpieza de internos	Cambio de sellos y solenoide
Panel Eléctrico	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones, <u>Megueo</u> de cables punto a punto
Sensor de Nivel de tanque de solución	Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza. Cambio de ser necesario
Sensor de Presión de descarga de Bomba <u>Netch</u>	Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza. Cambio de ser necesario
Sensor de Temperatura de Carcasa de Bomba <u>Netch</u>	Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza. Cambio de ser necesario
Sensores de posición de brazo de descarga	Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza. Cambio de ser necesario
Sensor de Nivel de tanque de aceite hidráulico	Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza. Cambio de ser necesario
Programa de Control	-	<u>BackUp</u> de programa	<u>Upgrade</u> de software de controlador

Periodo	Trimestral	Anual	Cada 5 años
Área			
Instrumentación y Control			
Revisión de Parámetros de Programa por Receta	-	Pruebas y calibración	Pruebas y calibración
Tarjeta de GPS	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones	Calibración de GPS. Cambio de ser necesario
Interruptor General de Corta Corriente	Limpieza y reapriete de conexiones	Limpieza y reapriete de conexiones	Cambio de interruptor
Totalizador de flujo de Petróleo	Limpieza y reapriete de conexiones	Calibración de instrumento, Retiro y Limpieza	Cambio de totalizador
Hidráulica			
Válvulas Hidráulicas de control	Limpieza y purga de aceite	Desarme y limpieza de internos	Desarme; Cambio de sellos y resortes internos
Bomba Netch	-	Desarme y limpieza de internos; cambio de empaques;	Cambio de estator de bomba, por desgaste de pared
Mangueras Hidráulicas	Reapriete de conexiones	Reapriete de conexiones	Cambio de mangueras hidráulicas
Filtros de aceite	-	Cambio de Filtros	Cambio de Filtros
Tanque de Aceite Hidráulico	Relleno de tanque	Vaciado y limpieza de tanque	Prueba de estanqueidad
Motor Hidráulico de brazos de descarga	Limpieza y reapriete de conexiones	Desarme y limpieza de internos	Desarme; Cambio de sellos y resortes internos
Motor Hidráulico de Agitador de Tanque de Solución	Limpieza y reapriete de conexiones	Desarme y limpieza de internos	Desarme; Cambio de sellos y resortes internos

Activar W
Ve a Confid

ANEXO 3: Procedimiento de calibracion de Detector Gas



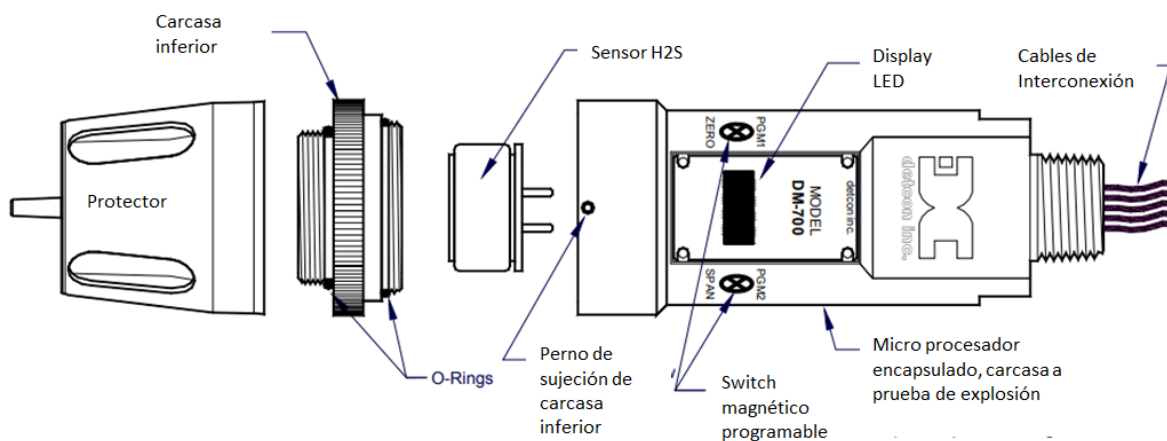
PROCEDIMIENTO CALIBRACION
DETCOM DM-700

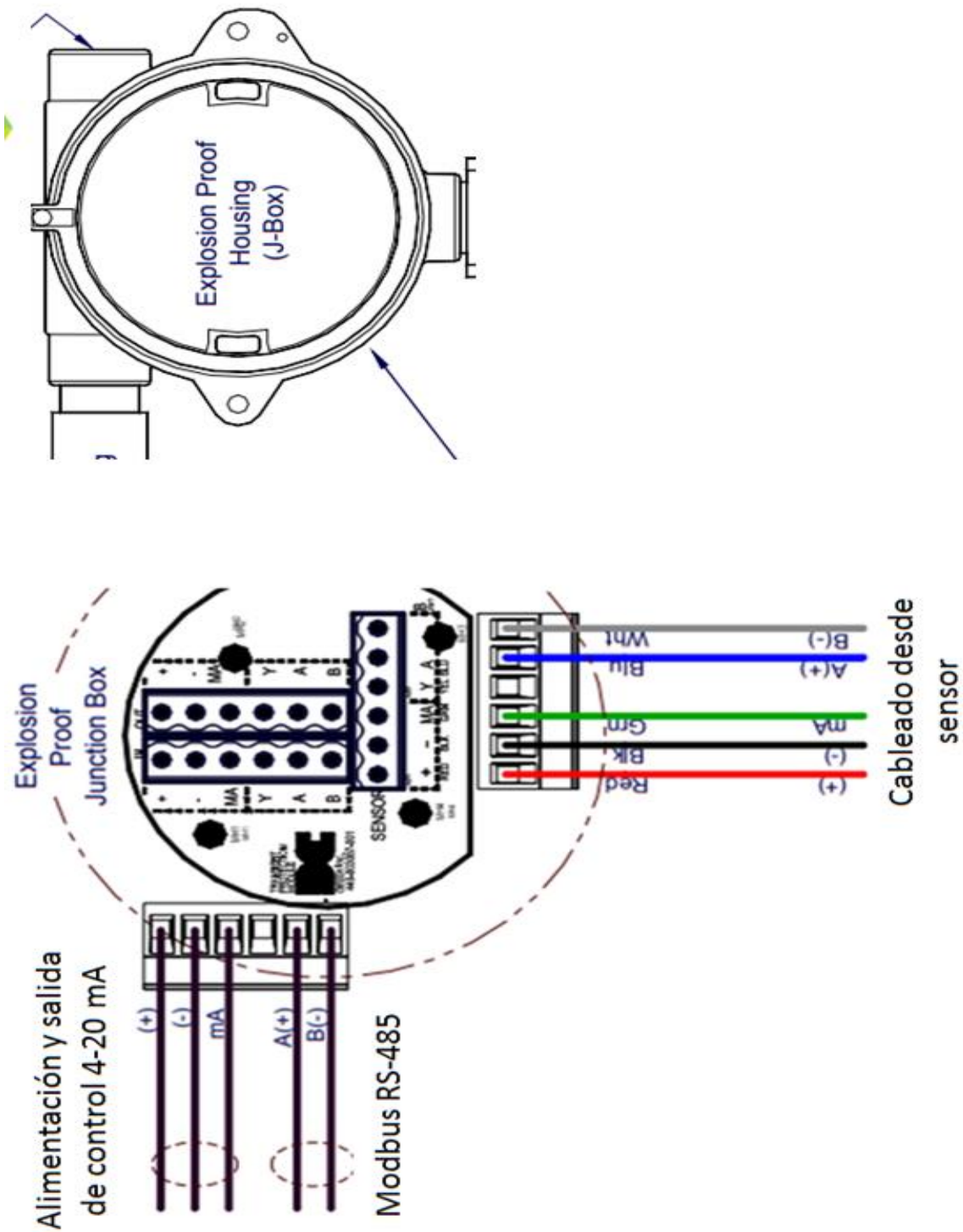
CONTROL DE EMISIÓN			
	ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN
NOMBRE	Marco Loayza Bombilla	Misael Cortes	Ezomar Uzcategui
CARGO	Instrumentista	Supervisor Mantenimiento	Jefe Área
FIRMA			
FECHA	02/05/2018		

Descripción:

- * Los sensores de deficiencia de oxígeno y oxígeno tóxico Detcom Modelo DM-700 son "Smart" no intrusivos sensores diseñados para detectar y controlar una amplia gama de gases tóxicos en el aire. Rangos de la detección de gases tóxicos es de 0-1ppm hasta 0-10,000ppm.
- * El sensor presenta un LED visualización de lectura actual, falla y estado de calibración.
- * El sensor está equipado con salidas analógicas estándar 4-20mA y Modbus™ RS-485.
- * Una característica principal de sensor es su método de calibración automática, que guía al usuario a través de cada paso a través de instrucciones totalmente amigables que se muestran en la pantalla LED.

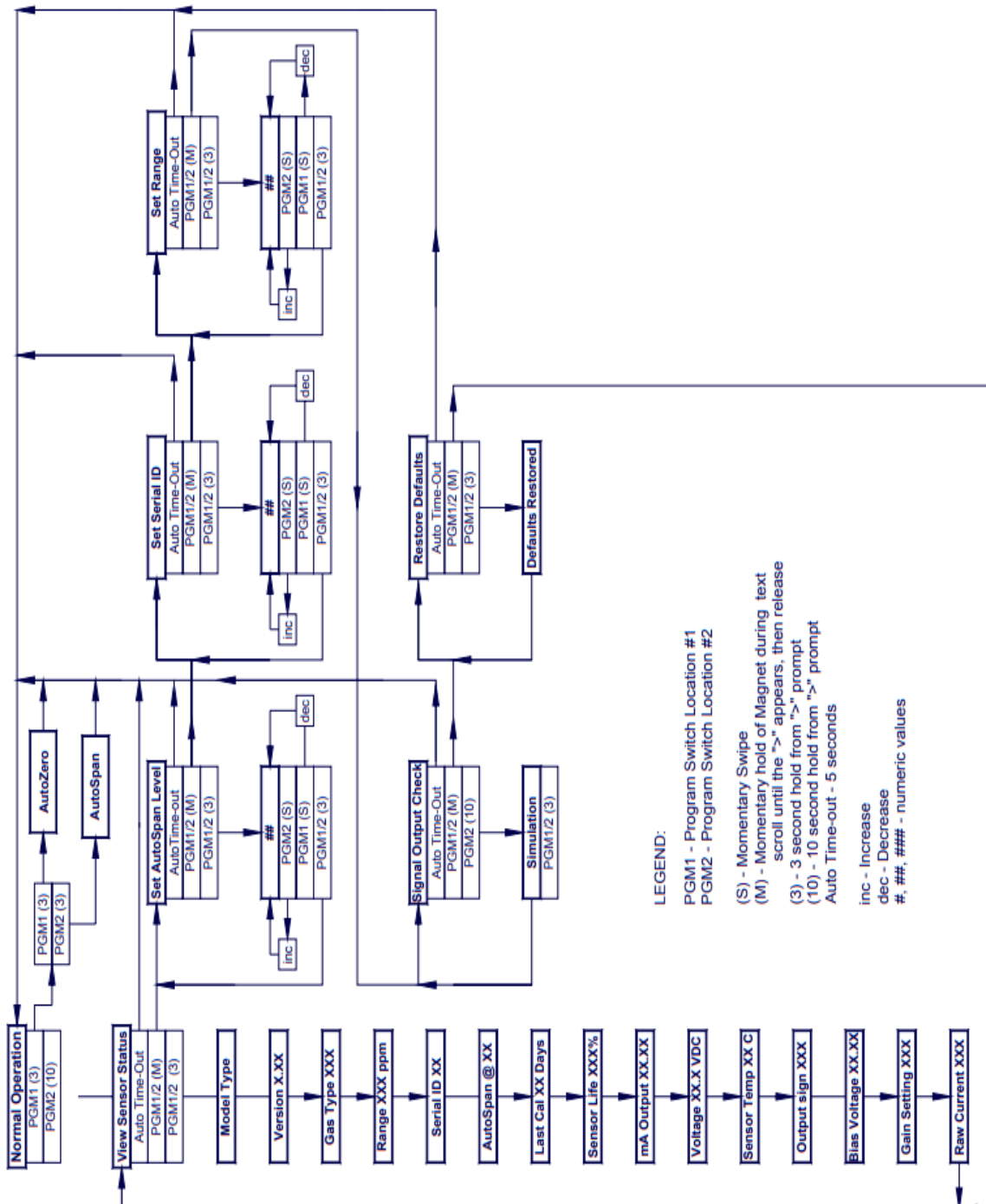
Partes del Sensor:





Calibración de equipos

Diagrama de operación del equipo



Consideraciones:

La calibración del equipo se enfoca en:

- * Calibración Inicial: Esta calibración considera el ajuste automáticamente de los valores de cero y span, utilizando los cilindros con gases patrones y gas cero. Se debe considerar que el valor de la concentración de las PPM del gas patrón, viene en diferentes valores y los sensores tienen diferente tipo de gas, por lo que se debe ingresar este valor al equipo antes de comenzar cualquier calibración.
- * Cambio de valor del parámetro span gas.
- * La calibración y los ajustes realizados al sensor, se hacen por medio de la llave magnética



Auto Zero:

- ✓ Colocar la muestra patrón Zero en el sensor por lo menos 30 segundos, hasta que la lectura se establezca
- ✓ Colocar la llave magnética en PGM1 por 3 segundos hasta que indique:

“PGM1=AutoZero...PGM2=AutoSpan”

- ✓ Seleccionar PGM1 por 3 segundos, el display indicará:

“Zero Cal... Setting Zero. . . Zero Saved (2 veces)”

- ✓ Nota: De no elegir una opción por 5 segundos, LED volverá a la pantalla principal

Auto Span:

- ✓ Para calibrar el SPAN, el gas patrón debe ser el 50% del configurado total
- ✓ Para configurar el valor del SPAN, colocar la llave magnética en PGM2 por 10 segundos hasta que cambie de pantalla, y mantenerlo por otros 3 o 4 segundos más.
- ✓ El indicador mostrará ahora el valor del gas actual
- ✓ Cambiar el valor con PGM1 para disminuir y PGM2 para aumentar
- ✓ Una vez alcanzado el valor deseado, mantener el PGM1 o PGM2 por 3 o 4 segundos hasta que indique:

“Level Saved”

- ✓ Espere 15 segundos para retornar a la pantalla principal
- ✓ Colocar la llave magnética en PGM1 por 3 segundos hasta que indique:

“PGM1=AutoZero...PGM2=AutoSpan”

- ✓ Seleccionar PGM2 por 3 segundos, el display indicará:

“Apply XX ppm Gas”.

- ✓ Aplicar el valor de XX ppm con el gas patrón, esperar hasta que se establezca la medición.
- ✓ Si la lectura se estabilizó como corresponde, mostrará el siguiente mensaje:

“Span OK”

“Sensor Life XXX%”

“Remove Span Gas”

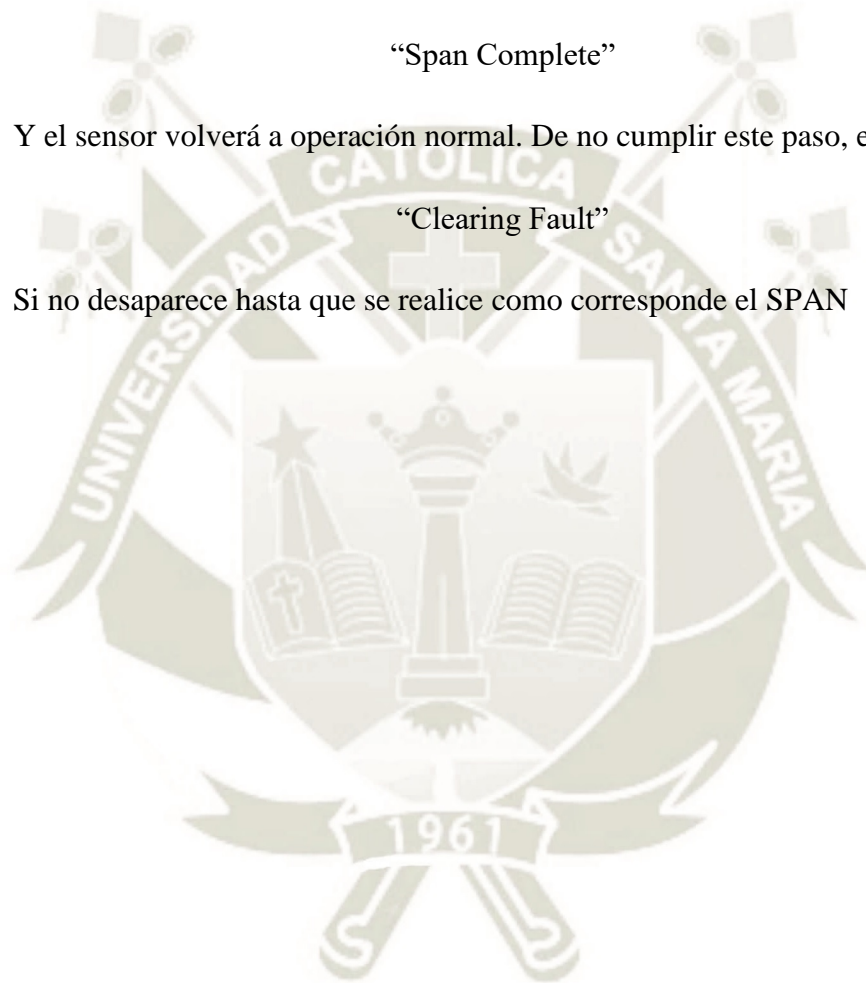
- ✓ Remover el gas patron.
- ✓ Cuando el valor del display sea $<5\%$ del rango, el display mostrara:

“Span Complete”

- ✓ Y el sensor volverá a operación normal. De no cumplir este paso, el sensor indicara:

“Clearing Fault”

- ✓ Si no desaparece hasta que se realice como corresponde el SPAN



ANEXO 4: Procedimiento de mantenimiento para impresora Scorpion T-60



PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA IMPRESORA SCORPION T-60

Realizó	Revisión	Aprobó	Fecha	Rev.	Aprobó
Marco Loayza Bombilla.			Nov-09	1	

Participaron en la revisión del presente procedimiento.

Nombre	Cargo	Fecha	Firma
Gabriel Acuña	Técnico SoluTec		

Tabla de Contenidos.

- 1.- Propósitos y Aplicaciones**
- 2.- Responsabilidades**
- 3.- Equipos y Materiales**
- 4.- Descripción de la Actividad**

Control Revisiones.

1. Propósito y Aplicación:

El propósito de este procedimiento es mantener el Instrumento en buenas condiciones de operación, con sus distintos componentes en buen estado, con una secuencia de intervención fija, para dar confiabilidad al instrumento.

FRECUENCIA	1 semanas	
DURACIÓN	0.5	Horas
Nº PERSONAS	1	Instrumentista
CONDICION	Línea en reposo	

2. Responsabilidades:

Personas	Cargo
Supervisor	El supervisor de mantenimiento de instrumentación, es responsable de velar las Prácticas de Trabajo Seguro, solicitar el Permiso de Trabajo Seguro (PTS), entregárselo al Instrumentista firmado por él. Y asegurar que el trabajo a realizar sea eficaz y de acuerdo con el programa diario, además de realizar la inspección final antes de entregar el trabajo a producción

Planificador	El Planificador de Mantenimiento es responsable de programar el trabajo adjunto en el programa diario y asegurar que todos los materiales, repuestos e insumos a utilizar estén disponibles antes de asignar el trabajo en la Orden de Trabajo para poder originar la Orden de Trabajo (OT).
Instrumentista	El Instrumentista es responsable de presentar el Permiso de Trabajo Seguro al Operador del Área, ejecutar el trabajo solicitado en forma segura, y de acuerdo al programa diario y Orden de Trabajo.

3. Equipo y Materiales

- **Equipo protección personal:** Los elementos mínimos de seguridad, es decir casco de seguridad, zapatos de seguridad, lentes de seguridad, protectores auditivos y guantes de cuero o hilo.
- **Solvente SoluTec o Acetona:** Necesario para limpiar la tinta e impurezas en el sistema, esto disuelve la tinta hasta hacerla fácil de limpiar
- **Deposito con Solvente y Deposito vacío:** Agiliza el proceso de mantenimiento
- **Papel Toalla:** Elemento recomendado para realizar la limpieza externa de los equipos
- **Brocha:** Limpiar el Prill de los equipos a intervenir

4 Descripción de la Actividad

4.1 Orden de Trabajo y Permiso de Trabajo Seguro

Descripción	Detalle
Orden de Trabajo (OT)	Orden de trabajo debidamente firmada y foliada

Permiso de Trabajo Seguro (PTS)	Se requiere de un Permiso de Trabajo Seguro para todas las personas que ejecuten el trabajo. El cual debe ser firmado por el Jefe de Turno y el Operador de Área.
---------------------------------	---

4.2 Instrucciones Detalladas del Trabajo (Pasos)

1. Apagar equipo
2. Limpiar con brocha todo el Prill encontrado en la maquina
3. Sacar las mangueras del depósito instalado con tinta y liberar presión de este introduciendo un Perillero de forma delicada en la boquilla de la tapa (conector hembra)
4. Sacar la tapa del depósito con tinta
5. Limpiar las mangueras por fuera con solvente
6. Colocar deposito con solvente con las mangueras
7. Encender el equipo y cerciorar que la presión subir entre 4-6 bar
8. Despichar la tinta del cabezal introduciendo una manguera en el conector trasero hasta ver solvente
9. Purgar el sistema por medio del pocket (control de mando), para realizar esto seguir los siguientes pasos:
10. Presionar tecla ↑ hasta menú Purgar
11. presionar enter
12. elegir la opción Todos los Inyectores
13. presionar enter
14. Para comenzar con el purgado debe activar el sensor de presencia en el cabezal, realizar esto hasta visualizar todos los puntos de los inyectores libres (16 puntos)
15. Apagar el equipo
16. Desconectar las mangueras del depósito con solvente
17. Limpiar conectores de depósito con tinta y conectar las mangueras en este
18. Despichar el solvente restante del cabezal siguiendo los pasos 6 y 7

4.3 Terminación del Trabajo

1. Limpiar equipo con solvente y papel toalla
2. Realizar pruebas hasta que la letra sea legible
3. Entregar a operador para producción
4. Solicitar al Operador del Área que cierre y firme el PTS, indicando la hora de término del trabajo
5. Hacer el comentario del trabajo ejecutado, indicando el tiempo realizado.
6. Con el PTS cerrado y firmado por el operador del Área entregar la OT al Jefe de Mantenimiento de Instrumentación.

5. Listado de Averías

Síntoma	Causa	Corrección
Fuga de Tinta en deposito	O-ring gastado	Revisar o-ring y cambiarlos de ser necesario
	Manguera dañada	Cambiar mangueras
	Deposito rodado	Ajustar deposito o cambiarlo de ser necesario
Texto borroso	Tinta con Solvente	Retirar y cambiar tinta
	Inyectores sucios	Limpiar cabezal con solvente
		Purgar sistema
	Conector de comunicación suelto	Ajustar conectores
Texto entrecortado	Tiempo de retardo alto	Bajar el tiempo de retardo en el Pocket
	Conector de comunicación suelto	Ajustar conectores
	Inyectores sucios	Limpiar cabezal con solvente
		Purgar sistema
	Burbuja en las mangueras	Despichar Cabezal
Velocidad de impresión alta	Disminuir el valor de la velocidad en el Pocket	
	Falta de Tinta	Rellenar el tarro de tinta hasta un 60%

No se realiza la impresión	Sensor de presencia no detecta	Limpiar sensor
		Cables sueltos
		El sensor se estropeo y se debe cambiar
		No hay alimentación del equipo
	No se encendió el equipo	Encender equipo
	La presión de la maquina es muy baja	Ajustar presión del equipo con la perilla ubicada en el lado izquierdo de la maquina a 4-6 bar
		Fuga en conectores o mangueras, remplazar de ser necesario
		Deposito con fuga, cerrar bien el depósito para que este pueda acumular presión
	Mangueras dobladas	Regular mangueras a un estado libre de flujo
	Conector de comunicación suelto	Ajustar conectores
Inyectores sucios	Limpiar cabezal con solvente	
	Purgar sistema	