



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PRÁCTICA PROFESIONAL

REESTRUCTURACIÓN DE TALLER ELECTRÓNICO PARA EL MANTENIMIENTO

CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL EQUIPO ELECTRÓNICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

LUIS DAVID CÓRDOBA PINEDA 21211086

ASESOR: ING. ORLANDO AGUILUZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

ABRIL DE 2019

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias primeramente a Dios por darme la capacidad de superar todos los retos en esta jornada, por su justicia y gran misericordia,

A mi familia, por todo el apoyo que me brindaron. Especialmente a mi tía querida quien ha cuidado de mi todo este tiempo,

A mi Papá por confiar en mí, y ayudarme a elevarme alto como las águilas cuando emprenden su vuelo,

A mis amigos, por hacer que mi vida universitaria estuviera llena de alegría y diversión sana.

A los Ingenieros que me asesoraron en los diferentes retos que se presentaron.

A UNITEC por dejarme ser parte de la familia de alumnos becados, y poder culminar mis estudios en educación superior.

A mis nuevos amigos en el Ingenio Azucarero, por recibirme con respeto y mostrarme como crecer como Ingeniero y como persona a pesar de cualquier circunstancia.

RESUMEN EJECUTIVO

REESTRUCTURACIÓN DE TALLER ELECTRÓNICO PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL EQUIPO ELECTRÓNICO

AUTOR

Luis David Córdoba Pineda

RESUMEN

La práctica profesional ayuda a complementar la formación de los estudiantes a partir de una experiencia fuera de las aulas de clase, por medio de la participación en la dinámica de las empresa e instituciones. El proyecto de práctica profesional se desarrolló en el Ingenio Azucarera del Norte S.A. AZUNOSA. El proyecto consiste en reestructurar el taller de electrónica ya que se ha tenido una deficiencia en las actividades de mantenimiento de los equipos electrónicos con los que cuenta la empresa. También conceptualizo cómo funciona la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) como un sistema de mantenimiento paralelo a los comunes. La empresa cuenta con distintos tipos de dispositivos como variadores, arrancadores suaves, PLCs, HMI, bancos de capacitores, etc. Que tienen la electrónica como parte de su funcionamiento por lo que es necesario conocer bien estos dispositivos y tener una base de datos actualizada para la organización y mantenimiento de los mismos.

Palabras clave (PLC, variador, TPM, sistemas de mantenimiento)

ABSTRACT

RESTRUCTURING ELECTRONIC WORKSHOP FOR THE CORRECTIVE AND PREVENTIVE MAINTENANCE OF ELECTRONIC EQUIPMENT

AUTHOR

Luis David Córdoba Pineda

SUMMARY

Professional practice helps complement the training of students from an experience outside the classroom, through participation in the dynamics of companies and institutions. The professional practice project was developed at Ingenio Azucarera del Norte S.A. AZUNOSA. The project consists of restructuring the electronics workshop since there has been a deficiency in the maintenance activities of the electronic equipment that the company has. I also conceptualize how the TPM (Total Productive Maintenance) philosophy works as a maintenance system parallel to the common ones. The company has different types of devices such as inverters, soft starters, PLCs, HMI, capacitor banks, etc. They have electronics as part of their operation so it is necessary to know these devices well and have an updated database for the organization and maintenance of them.

Keywords (PLC, inverter, TPM, maintenance systems)

ÍNDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del problema	2
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
2.1.1	Líder en autogeneración.....	2
2.2	ANTECEDENTES	2
2.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
2.4	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
2.5	OBJETIVOS	3
2.5.1	Objetivo general.....	3
2.5.2	Objetivos específicos.....	3
III.	Marco Teórico	4
3.1	GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA AZUCARERA	4
3.1.2	Proceso productivo.....	4
3.2	MAQUINAS ELÉCTRICAS	7
3.2.1	Transformador.....	8
3.2.2	Motores de corriente alterna.....	8
3.3	CONVERTIDORES ESTÁTICOS	9
3.3.1	Conceptos básicos	9
3.3.2	Semiconductores de potencia.....	10
3.4	VARIADORES DE VELOCIDAD	12
3.5	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	13
3.6	REDES INDUSTRIALES	15
3.6.1	Medios de transporte de la señal.....	16
3.6.2	Protocolos de comunicación	16
3.6.3	Ethernet Industrial.....	17
3.6.4	Ethernet/IP.....	17
3.7	SISTEMA DE MONITOREO	17
3.7.1	Interface Humano-Maquina.....	18
3.7.2	Sistema SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos.....	18
3.8	MANTENIMIENTO Y SU GESTIÓN	20
3.8.1	Mantenimiento Correctivo.....	21
3.8.2	Mantenimiento Preventivo	22
3.8.3	Mantenimiento Autónomo: La Base De La Implantación Del TPM.....	23

IV.	Metodología	25
4.1.1	Método y estrategia	25
4.1.2	Variable dependiente	25
4.1.3	Variable Independiente	25
4.1.4	Estructura de trabajo.....	25
V.	Descripción del trabajo realizado.....	26
5.1	LEVANTAMIENTO DE EQUIPO	26
5.2	SUPERVISIÓN DE VISITA TÉCNICA DE SONNE	27
5.2.1	Duplicación de señal analógica en caldera.....	27
5.2.2	Programacion de PLC Allen Bradley en turbogenerador.....	29
VI.	Conclusiones.....	31
VII.	Recomendaciones.....	32
7.1	A LA EMPRESA	32
7.2	A LA UNIVERSIDAD	32
VIII.	Bibliografía.....	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de flujo típico de un ingenio azucarero.....	4
Ilustración 2. Transformadores con núcleos de tipo: a) Toroidal, b) de columnas, c) acorazado.....	8
Ilustración 3. Conservación de la energía con la aplicabilidad de la electrónica de potencia	10
Ilustración 4. Cuadro resumen de semiconductores de potencia	11
Ilustración 5. Diagrama eléctrico de un variador de velocidad con rectificador semicontrolado	12
Ilustración 6. Variador de velocidad marca Schneider.....	13
Ilustración 7. Módulos para PLC Allen Bradley SCL500.....	15
Ilustración 8. Monitoreo de Turbina de 10 MW de Ingenio Azunosa.....	18
Ilustración 9. Sistema SCADA en sala de control de la caldera del ingenio Azunosa.....	20
Ilustración 10. Registro de fallas del producto o elemento con método AMFE.....	22
Ilustración 11. Cronograma de actividades de practica en fase 2.....	26
Ilustración 12. Parte de la base de datos del inventario electrónico.....	27
Ilustración 13. PLC S7-400 con sistema redundante como sistema de control de la caldera de AZUNOSA	28
Ilustración 14. Bloque de CFC de la programación de la caldera en PCS7	29
Ilustración 15. Lógica para disparo de la turbina	30
Ilustración 16. Programacion en Rslogix del turbogenerador.....	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para calcular la temperatura de vapor de entrada a la turbina	29
--	-----------

I. INTRODUCCIÓN

Comúnmente se ha considerado a los distintos departamentos de mantenimiento (electrónico, eléctrico, instrumentación, mecánico, etc.), como “un mal necesario”, ya que son los que detienen los equipos para poder hacerles reparaciones. Estos ayudan a mantener los estándares de calidad muy altos, además de que ayudan a que la producción se incremente en cualquier tipo de industria.

El presente documento se creó con el fin de sintetizar algunos conceptos y métodos que se requieren para reestructurar el taller electrónico de la Azucarera del Norte S.A. AZUNOSA, con el objetivo de mejorar el mantenimiento (preventivo y correctivo) de los distintos equipos electrónicos, y además asegurar la continuidad operativa de los mismos por parte del departamento eléctrico.

Además, se hace una referencia acerca del involucramiento que hubo por parte del departamento eléctrico atendiendo la visita de SONNE, una empresa que ofrece servicios de automatización. El técnico asignado a la visita fue apoyado por el autor del presente documento en las actividades realizadas en el proyecto para proteger la turbina del turbogenerador de diez mega watts con el que cuenta la empresa. Dicha protección se hizo a nivel de software y de hardware en los Controladores Lógicos Programables (PLC), de la caldera y el turbogenerador. Durante esta visita se ampliaron los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos en el periodo de practica profesional.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Después de cuatro décadas de operar en el mercado hondureño, Azucarera del Norte, S.A., Azunosa, sigue siendo uno de los ingenios más importantes en la producción de azúcar en el país; además de ser empresa pionera en autogeneración de energía limpia y certificaciones que incluyen desarrollo sostenible. Azunosa se encuentra en el Valle de Sula, a 45 minutos de San Pedro Sula, capital industrial del país. Azunosa siempre se ha destacado por su producción, tecnología en sus procesos, compromiso con el medio ambiente (autogenera energía limpia), desarrollo sostenible y apoyo a iniciativas que mejoren las condiciones de vida de comunidades vecinas.

2.1.1 LÍDER EN AUTOGENERACIÓN

Azunosa es líder, y a la vez pionera, en autogeneración de energía limpia. En cada período de cosecha genera 36 millones de kilovatios de energía, del cual un 50% se utiliza en el procesamiento de azúcar, y el resto es integrado a la red de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, ENEE. Para cogenerar energía, azunosa cuenta con:

- Una caldera como productora de vapor de tipo acuotubular usando como combustible el bagazo.
- Una turbina de múltiples etapas de contrapresión con un sistema de regulación y protección Woodward.
- Un generador síncrono de 4 polos con una potencia nominal de 10 MW con un sistema de enfriamiento forzado.

2.2 ANTECEDENTES

Azunosa es un Ingenio Azucarero muy complejo. Actualmente, en sus instalaciones existen cinco procesos principales en la extracción de azúcar de mesa de la caña de azúcar. Estos procesos son: Molienda, Clarificación, Evaporación, Cristalización y Secado. En cada uno de estos procesos existen dispositivos electrónicos de control e instrumentación que se encargan de hacer operaciones automáticas o semiautomáticas.

2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El departamento eléctrico es el encargado de dar un correcto mantenimiento y resolver problemas de los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos de dichas áreas. El área electrónica ha venido teniendo desafíos últimamente, debido a que varios equipos se dañan muy rápido y no se logran reparar. Cada vez más la empresa está automatizando sus procesos por medio de terceros, lo que significa que se ha comprado e instalado equipo electrónico como variadores, arrancadores, PLC's, etc... Pero no se ha dado un mantenimiento adecuado, tanto correctivo como preventivo de dichos dispositivos.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué elementos debe tener un taller de electrónica para dar un buen mantenimiento preventivo y correctivo?
2. ¿Cómo se puede optimizar el tiempo de reparación o mantenimiento de los distintos equipos electrónicos, en la zafra y en el periodo de reparación?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Presentar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para los distintos dispositivos electrónicos basado en la cantidad y variedad que actualmente hay en la empresa.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar todos los dispositivos electrónicos ubicados en la empresa, ya sea que estén en funcionamiento, en reparación o en bodega. Esto, mediante un levantamiento e inventario de dicho equipo.
- Categorizar en una base de datos los distintos dispositivos según el área donde está ubicado, el proceso que mide o controla, la marca, las especificaciones técnicas, etc.,
- Determinar qué elementos son necesarios para dar un buen mantenimiento a los equipos electrónicos en el taller electrónico.

3.1.2.1 Área de molinos

En esta área es donde recibe la caña de azúcar para la extracción de jugo y la obtención de bagazo.

La caña es transportada por medio de camiones y remolques hacia el ingenio. Donde inicialmente es pesada en básculas cercanas a la fábrica. Luego es descargada, por medio de grúas cañeras en las mesas alimentadoras o mesas de caña. De ahí pasa al conductor principal donde se distribuye uniformemente por medio de niveladores, a lo largo del conductor.

Sobre el conductor, la desfibradora y luego la picadora, cortan la caña sin extraerle jugo hasta que esta llega a los molinos. Antes del último molino (un total de 5) se le vierte agua caliente al bagazo para alcanzar un 95% de la azúcar contenida en la caña. Por cada vez que la caña pasa desde el primer hasta el último molino, se vierte jugo diluido del molino predecesor para transformar la caña en una más homogénea y densa, a este procedimiento se le conoce como imbibición.

Consecutivamente el jugo pasa por dos tamizados para eliminar el remanente de bagacillo. El bagazo que se adquiere en el proceso de molienda es utilizado como combustible para la caldera, en donde se genera vapor (energía térmica) y se produce energía eléctrica. Ambas energías son reutilizadas en muchas de las áreas donde se necesita calentar y cocer las distintas masas de jugo de la caña de azúcar.

3.1.2.2 Área de cogeneración

En esta área conexas a la fábrica se produce de manera simultánea, energía eléctrica y energía térmica.

El bagazo que se adquiere en el proceso de molienda es dirigido por medio de conductores hacia la caldera para ser usado como combustible. El vapor de agua generado es redirigido al turbogenerador de contra presión. Aquí se genera la energía eléctrica utilizada en todo el proceso de fabricación, y, además, el excedente es entregado a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica. El vapor de escape del turbogenerador es utilizado en las diferentes etapas de calentamiento es utilizado en todo el proceso de fabricación.

3.1.2.3 *Área de fabricación*

El jugo extraído en los molinos es ácido, sucio y de color verde oscuro, así que pasa por un proceso de purificación por medio de procedimientos químicos.

Luego el jugo es pasado a dos etapas de calentamiento. En la primera etapa, pasa a una temperatura de 45 a 85 grados Celsius y en la segunda pasa de 85 a 105 grados Celsius. Seguidamente, al jugo calentado se le agrega una solución de un polímero llamado floculante, para dar inicio a la fase de clarificación.

La clarificación consiste en una separación de fases del jugo para decantarlo. La decantación se lleva a cabo en clarificadores de jugo en los cuales las impurezas, por efecto de procesos químicos, se van al fondo y el jugo clarificado se extrae por la parte superior.

Luego pasa por un proceso de precalentamiento mediante un intercambiador de calor con placas, y después pasa a una batería de cuatro evaporadores en que funcionan en quintuple efecto.

Luego hay unos clarificadores de meladura, que mediante procesos químicos separa ciertas impurezas, y se obtiene meladura clarificada, el proceso es lo inverso al clarificador de jugo, o sea se separa por flotación. En esta etapa se realiza el cocimiento, que es el proceso en el cual la meladura obtenida en la evaporación pasa a la última etapa de extracción de agua o concentración máxima por lo que, a medida que la meladura se concentra, su viscosidad aumenta rápidamente y luego comienzan a aparecer cristales de azúcar.

Esta pérdida de fluidez del material hace necesario que se realice un manejo diferenciado del mismo, ya que no es posible circularlo en tubos angostos de un cuerpo a otro. Por lo tanto, la evaporación se llevará a cabo en un solo efecto. El equipo es similar al de los evaporadores, pero adaptado para manejar el producto viscoso que debe concentrar. Estos equipos reciben el nombre de tachos y de esta operación depende la calidad del azúcar final. Los tachos trabajan al vacío para efectuar la evaporación a baja temperatura y evitar así la caramelización del azúcar.

En los tachos se obtiene una masa denominada masa cocida, que es una mezcla de cristales de azúcar y miel, la cual es enviada a la operación de centrifugación. Esta operación consiste en separar los cristales de la masa para obtener el azúcar en forma comercial. También, se le conoce con el nombre de centrifugado o "purgado", obteniendo azúcar crudo o blanco, y miel.

La miel se retorna a los tachos para dos etapas adicionales de cristalización que termina con los cocimientos.

En estos procesos se obtienen tres tipos de azúcar, producto de tres estaciones de centrifugas: 1) el azúcar de primera, que es la llamada azúcar comercial; 2) el azúcar de segunda, que es la utilizada para el cocimiento de primera; y 3) el azúcar de tercera, que se utiliza para la cristalización del segundo cocimiento. De esta última, se extrae una miel final denominada melaza. En la actualidad, las centrifugas son completamente automáticas y, dependiendo de la masa por purgar, se ajustan los tiempos de cada paso de la máquina.

3.1.2.4 Subproductos

- **Bagazo:** es el remanente del proceso de molienda de la caña de azúcar. Está formado por un conjunto de partículas de diferentes tamaños cuyo promedio oscila alrededor de 2 a 2.5mm, el resto consta de sólidos solubles e insolubles. Es utilizado normalmente como combustible en las calderas que les suministran energía a los ingenios. (Leeson & Summers, 2000)
- **Mieles:** La miel o también llamada "melaza", es un líquido denso y viscoso de color oscuro, es producto final de la fabricación o refinación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar. Este subproducto se usa para alimentos concentrados para animales y como suplemento alimenticio para el hombre. (Leeson & Summers, 2000)
- **Cachaza:** Residuo que se elimina en el proceso de clarificación del jugo de caña durante la fabricación del azúcar. Es un material rico en fósforo, calcio, nitrógeno y materia orgánica, pero pobre en potasio. Se usa principalmente como abono, ya que mejora algunas propiedades físicas del suelo, aunque también se emplea en alimentación de ganado vacuno y en la obtención de ceras y aceites. (Leeson & Summers, 2000)

3.2 MAQUINAS ELÉCTRICAS

En la mayoría de los procesos mencionados anteriormente, están asociados de una u otra manera a una máquina eléctrica (sea rotativa o no). En su mayoría son motores y transformadores eléctricos. Estos equipos normalmente son protegidos por otros dispositivos de maniobra como ser interruptores o contactores, sin embargo, también se protegen y

controlan por medio de equipo electrónico como arrancadores de estado sólido y variadores de frecuencia. De forma general se dará una descripción sencilla de algunas maquinas eléctricas de las cuales se hará referencia en el presente documento. Para luego poner en contexto los distintos equipos electrónicos con los que se regulan o controlan.

3.2.1 TRANSFORMADOR

Un transformador es una maquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro, transformando la tensión (U_1) y la corriente (i_1) del circuito llamado primario en la tensión (U_2) y la corriente (i_2) del circuito llamado secundario (véase Ilustración 2). (Boix, Córcoles, & Sainz, 2009)

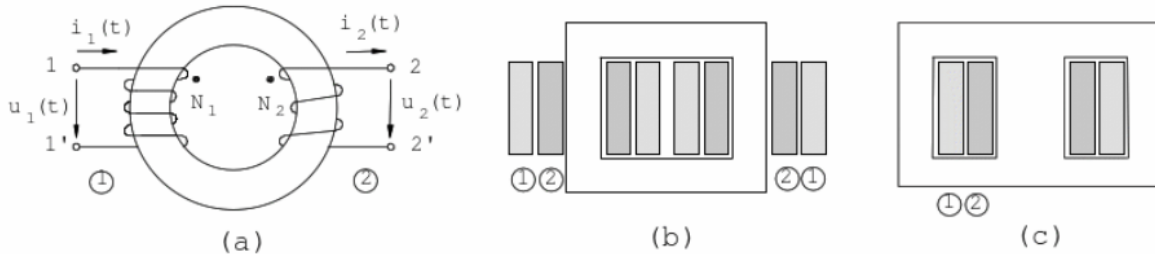


Ilustración 2. Transformadores con núcleos de tipo: a) Toroidal, b) de columnas, c) acorazado

Fuente: Boix, Córcoles, & Sainz, 2009, figura 1.

3.2.2 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Encontramos una descripción resumida de los elementos principales de un motor en la siguiente declaración:

“Los motores de corriente alternan consisten en un circuito magnético que está separado por un espacio llamado entrehierro en dos elementos, uno de los cuales gira respecto al otro. El miembro estacionario, llamado estator, normalmente contiene los devanados primarios. La corriente que fluye en el devanado primario establecerá un campo magnético alterno. El miembro rotatorio, llamado rotor, normalmente contiene los devanados secundarios. La corriente que fluye en los devanados secundarios establecerá un segundo campo magnético. La manera en que se construye el secundario, junto con la manera en que se hacen fluir las corrientes, establecerán el tipo de motor y sus características de funcionamiento.” (Meaton, 1991)

3.3 CONVERTIDORES ESTÁTICOS

3.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Comúnmente sabemos que la energía eléctrica se genera, transporta y distribuye en forma de corriente alterna trifásica a 50 o 60 Hz. Sin embargo, en la industria e incluso en el sector residencial existen dispositivos que usen una fuente de energía de corriente continua. Esto permite muchas veces que se utilicen baterías como sistemas de alimentación ininterrumpidos como por ejemplo los vehículos, celulares, etc....

En algunas ocasiones ambos tipos de energía están presentes en una sola máquina, usualmente corriente continua en la parte de control y corriente alterna en la parte de potencia o fuerza. Como la energía es distribuida en corriente alterna, se requieren ciertos equipos para cambiar las características de la energía eléctrica, a los que se les conoce como "convertidores".

Se pueden utilizar convertidores rotativos para lograrlo. Estos están formados por la asociación de dos máquinas eléctricas. Como lo explica (Boix et al., 2009), "Por ejemplo un motor de corriente continua acoplado mecánicamente con un alternador permite obtener CA(Corriente Alterna) a partir de CC(Corriente Continua)." Pero construir estos mecanismos es muy costoso, ocupan mucho espacio, necesitan un mantenimiento constante, son ruidosos y producen vibraciones.

Con los avances en la electrónica, estos dispositivos pueden ser reemplazados por convertidores electrónicos y ya que estos no necesitan elementos móviles, se les conoce como convertidores estáticos. Y los podríamos categorizar de la siguiente manera:

- Rectificadores. Se obtiene CC a partir de CA, y su tensión de salida puede ser fija o variable.
- Onduladores o inversores. Convierten CC en CA con una tensión y frecuencia variables.
- Convertidores de frecuencia. Para obtener CA de una frecuencia distinta a partir de un suministro de CA. Su principal aplicación son los variadores de velocidad para motores.
- Reguladores por control por fase. Para variar la tensión que recibe una carga alimentada con CA donde la frecuencia no cambia.
- Troceadores. Para variar la tensión que recibe una carga alimentada con CC.

3.3.2 SEMICONDUCTORES DE POTENCIA

Otra categoría muy importante de la electrónica, es el área del control de potencia. Es un tema conocido como electrónica de potencia. Dentro de este mejoramiento de la electrónica, gracias a los semiconductores, nos encontramos con lo que llamamos transistores. Estos pequeños elementos electrónicos constituyen la base de la electrónica moderna y sus aplicaciones en el control y regulación en las maquinas eléctricas.

Existen diversos factores por los que la demanda del mercado de la electrónica de potencia ha ido acrecentándose. Algunos de ellos tienen que ver con el uso común de computadoras, equipos de comunicación y dispositivos electrónicos en general, debido a que estos requieren de una fuente de alimentación en CC, así como un suministro de energía ininterrumpido.

También debido a los elevados costos de la energía y su consecuente incidencia en el medio ambiente, han causado un revuelo en la conservación de la energía, especialmente en industrias generadoras o cogeneradoras de energía eléctrica. Una oportunidad para conservar

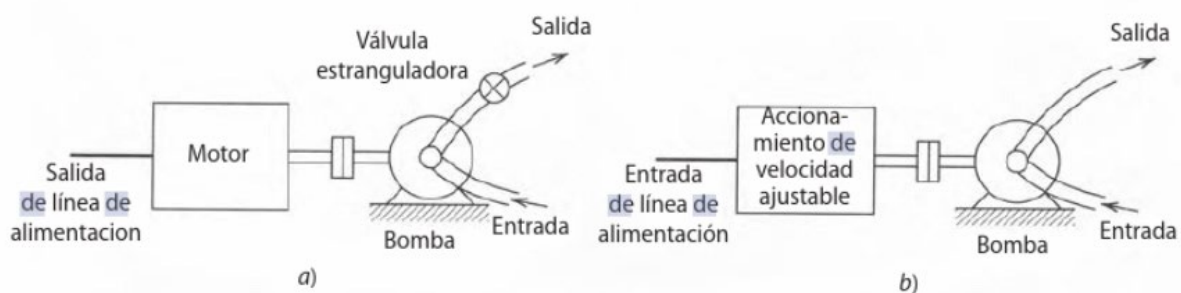


Ilustración 3. Conservación de la energía con la aplicabilidad de la electrónica de potencia

Fuente: Mohan, Undeland, & Robbins, 2009

la energía de manera significativa, es en los sistemas de bombas y compresores accionados por motores. Por ejemplo, en un sistema de bomba como el de la Ilustración 3-a, la bomba trabaja a una velocidad constante y el caudal se controla mediante el ajuste de la posición de la válvula estranguladora. En este proceso ocurre una pérdida considerable de potencia a través de la válvula con caudales reducidos, esta potencia normalmente proviene de la compañía de energía. Esta pérdida de potencia se elimina por medio de un accionamiento motriz de

velocidad ajustable que gradúa la velocidad dependiendo de la demanda de la bomba. Este accionamiento variable de velocidad y conservación de energía, se hace por medio de electrónica de potencia.

(Mohan, Undeland, & Robbins, 2009) también mencionan que, en el área de control de procesos y automatización, existe una demanda para el desempeño mejorado que ofrecen bombas y compresores accionados con velocidades ajustables en dicho control de procesos. Las máquinas automáticas y robots son impulsados mediante servo accionamientos eléctricos (de velocidad y posición ajustable).

La automatización y la electrónica de potencia están estrictamente ligadas, ya que muchos de los dispositivos de control automático están integrados con semiconductores de potencia. Internamente están formados por los distintos semiconductores de potencia como: diodos, tiristores, transistores bipolares, etc.

(Boix et al., 2009) nos afirma que, en estos dispositivos de electrónica de potencia el consumo de energía debe ser lo más eficiente posible. No solo por el beneficioso ahorro de energía, sino porque estos pequeños elementos no soportan el calentamiento producido por la disipación de energía en sobremanera. Por eso, normalmente trabajan en conmutación.

En la ilustración 4 se muestran los componentes semiconductores utilizados en electrónica de potencia. En una primera clasificación les podemos encontrar agrupados en tres familias: diodos, tiristores, transistores. Y en las siguientes columnas su la forma de trabajar.

		Lineal	Conmutación	Control conexión	Control desconexión	Control por tensión / corriente	Capacidad de potencia	Velocidad de conmutación
DIODO			●				●●●	
TIRISTOR	SCR		●	●	Circ. auxil.	I	●●●	●
	TRIAC		●	●	Circ. auxil.	I	●	●
	GTO		●	●	●	I	●●●	●
	MCT		●	●	●	U	●●	●●
TRANSISTOR	BJT	●	●	●	●	I	●●	●●
	MOSFET	●	●	●	●	U	●	●●●
	IGBT	●	●	●	●	U	●●	●●

Ilustración 4. Cuadro resumen de semiconductores de potencia

Fuente: Boix et al., 2009

3.4 VARIADORES DE VELOCIDAD

En pocas palabras un variador de velocidad es un dispositivo que aprovecha la electrónica de potencia y tiene integrado un circuito de control que le permite recibir y seguir ordenes de un operador humano o un autómatas programable. Pueden existir como parte de un control de lazo abierto o un control de lazo cerrado.

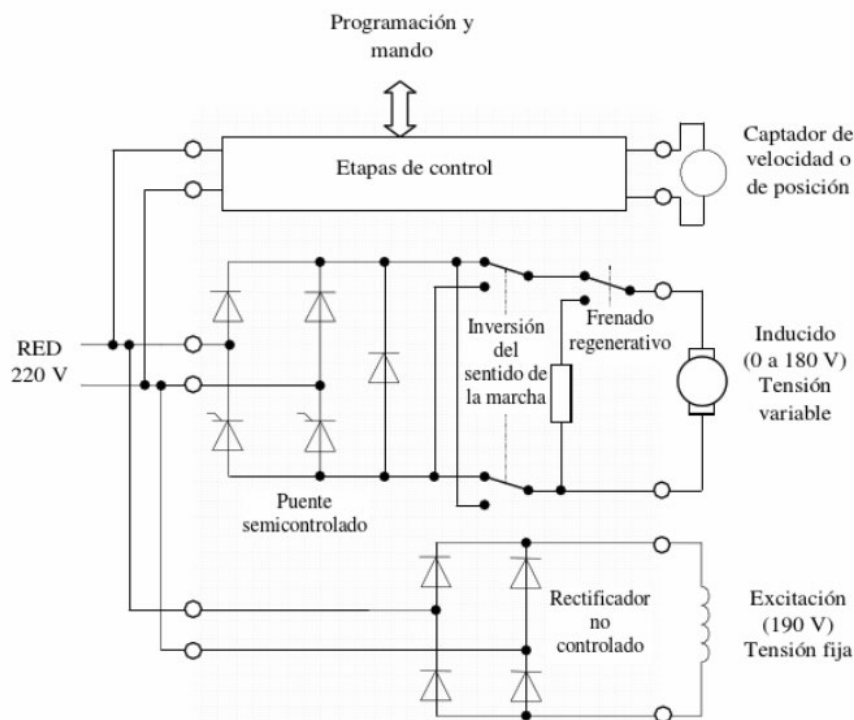


Ilustración 5. Diagrama eléctrico de un variador de velocidad con rectificador semicontrolado

Fuente: Boix et al., 2009

Como se puede observar en la ilustración 5, en los motores de menos de 3 kW es muy común usar un puente de diodos semicontrolado. También es posible integrar un contactor que invierta las salidas para cambiar el giro del motor. Y finalmente se utiliza una resistencia para absorber la energía del motor durante el frenado.

Sin embargo, los hay de diferentes capacidades, y por lo tanto en distintas modalidades. Pero desde los más grandes hasta los más pequeños utilizan la electrónica y lógica de control en su construcción y funcionamiento. Como por ejemplo el variador de la ilustración 6 es un Schneider Electric modelo Altivar 71, para un motor de 30 HP o 22 kW para un suministro eléctrico de 380/480 V trifásico.

El variador de la imagen anterior es para un motor de más caballaje o más potencia. Y ayuda a que no se desperdicie potencia al variar la frecuencia y por lo tanto la velocidad. Y los hay por montón en fábricas e industrias en sus distintos procesos.

3.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Desde los de gama baja (más sencillos) hasta los de gama alta (más complejos) el PLC es definido como, un dispositivo electrónico programable por el usuario en un lenguaje no



Ilustración 6. Variador de velocidad marca Schneider.

Fuente: Propia

informático. El PLC está compuesto por hardware con la capacidad de conexionado directo con señales de entrada y salida. Estas señales pueden ser digitales o análogas de acuerdo a la aplicación que se requiera.

Como muestra la Ilustración 7 un PLC está compuesto por 5 partes principales:



Ilustración 7. Esquema funcional de un sistema automatizado

Fuente: Barrientos. A. & Gambao, 2014

- Módulos de entrada: donde se conectan las señales de entrada que vienen de sensores, transductores o captadores.
- Fuente de alimentación: ésta suministra energía por medio de corriente directa (DC) al PLC y dependiendo de la aplicación, debe ser capaz de inducir tensión a otros módulos en el sistema.

“La mayor parte de la energía eléctrica utilizada se genera como corriente alterna. Esto no implica que la corriente alterna (CA) sea superior a la corriente continua (CC) en las aplicaciones industriales o residenciales. De hecho, en muchos casos la corriente continua es necesaria para fines industriales” (Kubala, 2011)

- Unidad central de procesamiento: es la encargada de comandar las instrucciones programadas y previamente descargadas al PLC. Cuenta con un espacio de memoria no volátil capaz de procesar distintas funciones lógicas y guardar datos digitales que se usaran en el proceso.
- Dispositivo de programación: Se refiere a una PC con el software necesario para que el programador o integrador pueda cargarle programación al PLC. Existen distintas marcas de PLC, así que hay distintos softwares para cada uno.
- Módulos de salida: donde se conectan las señales de salida que controlan actuadores, relés, contactores, etc.

Existen también, módulos especiales que amplían el número de entradas y salidas (E/S) de un PLC. Como por ejemplo los de marca Unitronics como se muestra en la ilustración 5.

Atendiendo los requerimientos de facilidad de ampliación y sencillez de mantenimiento, los autómatas programables poseen una arquitectura de tipo modular. Los módulos se colocan en un rack y pueden ser ampliados o sustituidos de forma sencilla. (Barrientos. A. & Gamba, 2014)

3.6 REDES INDUSTRIALES

La aparición de los autómatas programables PLC, ha permitido reducir a gran escala el material necesario para poder controlar una máquina. Con los conocimientos necesarios, solo se programan los procesos en un lenguaje compatible y se adaptan los distintos cambios físicos, lo cual no requiere mucho tiempo.

“Las señales entre periferia y control, inicialmente de tipo analógico y de punto a punto, gracias al desarrollo de la electrónica digital y el auge de los microprocesadores, se convierten en un conjunto de señales en un conjunto de señales capaces de transportar esa información mediante un único medio de transmisión (Bus de campo) gracias a un Protocolo de comunicación que permite que esa señal (por ejemplo, sensor activado) pueda hacerse llegar hasta donde interese” (Rodríguez Penin, 2008)

(Oliva, Castro Gil, & Díaz Orueta, 2013) nos afirman:

“...según IEC 61158 Un bus de campo es un bus de datos digital, serie, multipunto, para la comunicación con dispositivos de instrumentación y control industrial como, pero no limitado a, transductores, actuadores y controladores locales.



Ilustración 7. Módulos para PLC Allen Bradley SCL500

Fuente: Propia

Una definición más elaborada es la dada por Fieldbus Foundation, que lo define como: Un bus de campo es un enlace de comunicaciones digital, bidireccional y multipunto entre dispositivos inteligentes de control y medida. Actúa como una red de área local para control de proceso avanzado, entrada/salida remota y aplicaciones de automatización de alta velocidad.”

3.6.1 MEDIOS DE TRANSPORTE DE LA SEÑAL

Existen varios medios que hacen posible el intercambio de información requerida en el control de procesos. Hasta el momento conocemos los siguientes medios de transmisión:

- Cable eléctrico: el más común de todos, siendo este un hilo metálico aislado que podemos dividir en dos tipos:
 - Par trenzado
 - Coaxial
- Fibra Óptica: consiste en núcleo de material transparente, cristalino o inclusive plástico, que es capaz de guiar señales de luz por su interior. Su uso es muy concreto, ya que el coste de la fibra es elevado.
- Enlace Óptico: funciona mediante rayos infrarrojos. La señal necesita de dos elementos, emisor y receptor, directamente conectados visualmente, por lo cual no es apropiado su uso en largas distancias.
 - Radiofrecuencia: basado en las señales de radio generadas a partir de un conductor eléctrico cuando supera cierta frecuencia en la señal transportada.
 - Microondas: son señales de radio con frecuencias mayores al Giga Hercio. Se necesitan equipos de transmisión y recepción, como antenas parabólicas.

3.6.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

El objetivo de cualquier protocolo de comunicación es poder conectar y mantener el diálogo entre dos Equipos Terminales de Datos (DTE), permitiendo que la información pueda fluir entre ambos con seguridad (sin fallos). Es decir, todas las reglas y especificaciones del lenguaje a utilizar por los equipos (Rodríguez Penin, 2008, pág. 14).

Estandarizar estos protocolos de comunicación ha sido un punto de conflicto para los técnicos y proveedores, porque cada fabricante tiene su propio protocolo basado en las necesidades que se quieren cubrir.

Pero algunos de los protocolos más conocidos son:

- AS-I
- CANbus
- CC-Link
- HART
- Modbus
- PROFIBUS
- PROFINET (Ethernet)

3.6.3 ETHERNET INDUSTRIAL

La comunicación por medio de Ethernet se está volviendo muy común en el control de procesos industriales. Esto se debe principalmente a las ventajas que ofrece como; facilidad de ser instalado en una industria, la interconectividad que tiene con distintos dispositivos y la viabilidad que tiene de poder verificar su funcionamiento.

Otra importante razón de su uso es que la mayoría de usuarios referentes a la automatización tienen un conocimiento elevado de cómo funcionan las redes ethernet comparado con otras soluciones de comunicación industrial.

3.6.4 ETHERNET/IP

Es conocido también como EIP (Ethernet Industrial Protocol). Este protocolo está en la categoría de alto nivel. Funciona bajo las distintas capas del protocolo TCP/IP, permitiendo así la configuración fácil con el hardware y software que tradicionalmente se conoce.

“En la arquitectura TCP/IP realmente no existe un modelo de red dividido en niveles, fundamentalmente porque su diseño se enfocó a implementar protocolos que solucionasen los requisitos de interconexión que se plantearon en su desarrollo inicial, y para ello no se partió de un modelo concreto.” (Santos González, 2014)

3.7 SISTEMA DE MONITOREO

(Rodríguez Penin, 2008) afirma: Los esfuerzos de los diseñadores se han centrado hasta ahora hasta ahora únicamente en el problema de mostrar toda la información disponible, sin tener en cuenta si esta información aparecía de manera coherente y comprensible para sus destinatarios o si era realmente útil como ayuda en la toma de decisiones.

3.7.1 INTERFACE HUMANO-MAQUINA

La percepción visual es el principal medio de recepción de información del mundo que nos rodea. No solamente distinguimos formas y tamaños, sino también el color. (Cruz & Garnica, 2010). Bajo esta premisa sabemos que los dispositivos visuales para el control de procesos, deben ser ergonómicamente visuales para el operador. Los colores y formas deben ser agradables y al mismo tiempo realzar la información que se desea monitorear. Si el operador no entiende lo que está controlando, esto significara un problema en el control del proceso. La HMI de la ilustración 8 es un modelo de Allen Bradley que monitorea un turbogenerador de 10 MW.

El proceso de diseño de pantallas (HMI) también se ha vuelto parte del trabajo de un Ingeniero. El conocimiento de diagramas y formas específicas de los distintos elementos, ya se de instrumentación (sensores y transductores) o de actuadores (válvulas eléctricas o neumáticas), es de gran utilidad a la hora de diseñar.

También se toma en cuenta que todo sea ergonómicamente visible para el operador. Ya que el operador es quien pasa más tiempo en el monitoreo de los controles y demás. Es recomendado por expertos primero integrar la programación en el lenguaje de programación para PLC que se esté usando para luego conectar los tag's al diseño de la pantalla.

3.7.2 SISTEMA SCADA (CONTROL DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS)

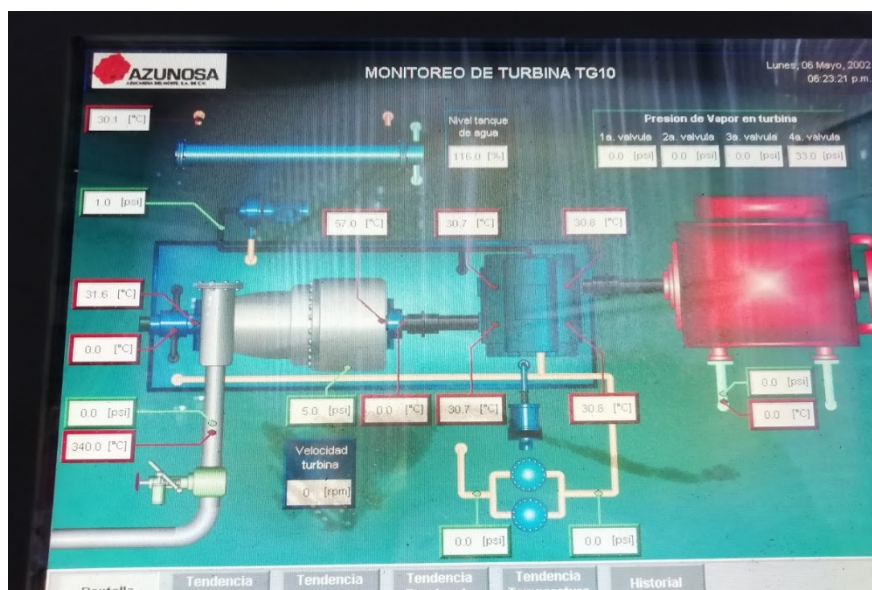


Ilustración 8. Monitoreo de Turbina de 10 MW de Ingenio Azunosa.

Fuente: Propia

Un sistema SCADA (de sus siglas Control de Supervisión y Adquisición de Datos. Este es un sistema industrial diseñado para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Consiste en un computador principal o master (generalmente llamada estación Master Terminal Unit o MTU), una o más unidades de control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, Remote Terminal Units o RTU), y software estándar usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo.

Un sistema SCADA involucra control directo o comunicarse con uno o más de los siguientes:

- a) Redes de automatización industrial y maquinas
- b) Telemetría y control remoto utilizando comunicaciones continuas o ráfaga.
- c) Sistemas de control de procesos y control de procesos estadísticos.
- d) Sistemas de adquisición de datos.
- e) Históricos y servidores de almacenamiento de datos
- f) Sistemas de control industrial utilizando PLCs y RTUs.
- g) Entorno de computación de nube industrial.
- h) Sistemas del entorno empresarial, tales como sistemas ERP y MES.
- i) Sistemas de seguridad y procesos.

Los sistemas SCADA han eliminado la necesidad de estar físicamente vigilando y ajustando los componentes del proceso, una red de sensores transmite información del estado de los componentes del proceso a una sala de operadores que deciden si hay que realizar alguna modificación sobre el proceso.

Desde una sala de control uno o varios operadores pueden monitorear y obtener datos en tiempo real del proceso. Y enviar o recibir órdenes para hacer más eficiente la productividad del proceso. Un ejemplo es un sistema SCADA en la caldera de Azunosa como se muestra en una de las pantallas de monitoreo de la ilustración 9;

3.8 MANTENIMIENTO Y SU GESTIÓN

Actualmente los sistemas productivos están encaminados a la mejora continua, basada en la productividad de los equipos. El buen funcionamiento de los equipos y la calidad de la productividad impactan directamente en la eficiencia de los procesos. En términos generales, la eficiencia se mide en base a la producción necesaria utilizando el mínimo de recursos o mejor dicho sin desperdiciar recursos.

Es por eso que cada vez están apareciendo nuevos sistemas de gestión que sugieren técnicas para que de una manera progresista se obtenga la máxima eficiencia. La versión mas actual de estas gestiones de mantenimiento se conoce como TPM (Total Productive Maintenance) o traducido como mantenimiento productivo total. Esta filosofía sugiere que a parte del

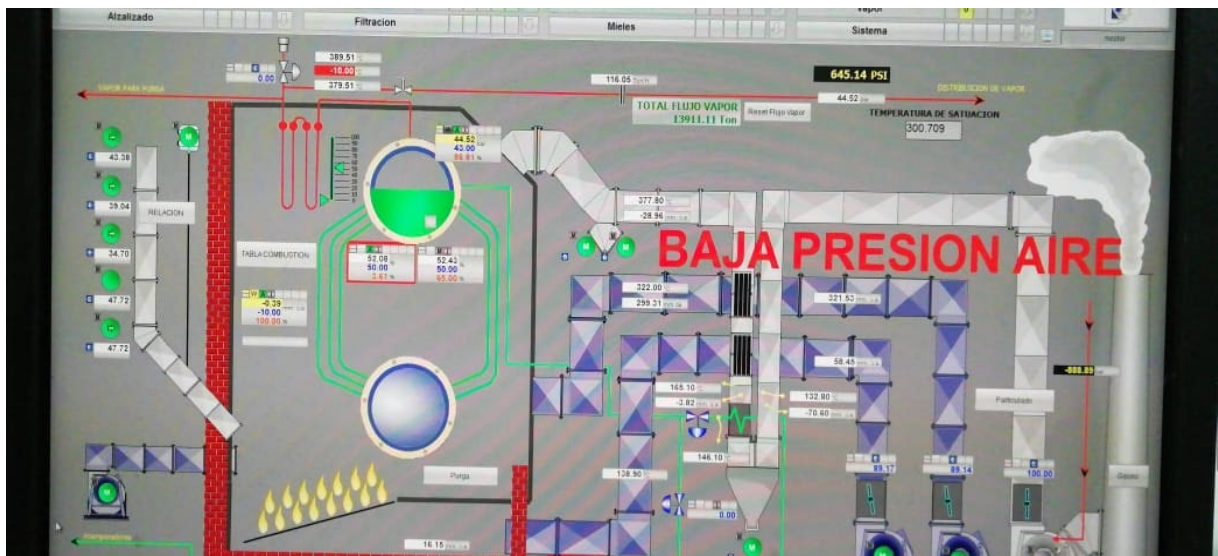


Ilustración 9. Sistema SCADA en sala de control de la caldera del ingenio Azunosa.

Fuente: Propia

mantenimiento tradicional que hace el departamento encargado (eléctrico, electrónico o de instrumentación) o conocido como preventivo o correctivo, también exista un mantenimiento realizado por el propio personal de producción conocido como mantenimiento productivo o

autónomo. Para entenderlos mejor se hará una breve referencia de los dos por separado y luego se explicará su integración en la filosofía TPM.

3.8.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

3.8.1.1 *Teoría del mantenimiento correctivo*

“El mantenimiento correctivo es el conjunto de acciones encaminadas a reparar las averías o fallas que se presentan en los equipos o en las instalaciones de la empresa cuando estas han perdido operatividad y es necesario detener la maquina o instalación dañada.” (Medrano Márquez & González Ajuech, 2017)

Como tal, el mantenimiento correctivo es básico. Es naturalmente necesario debido a que los equipos pueden averiarse o fallar por distintas razones externas o internas. Como este mantenimiento no implica una inspección previa o reparación alguna durante el desgaste de los componentes sino hasta que ocurre la falla, puede resultar en desventaja para las empresas en donde los tiempos de reparación influyan en la producción de una planta o proceso.

Este tipo de mantenimiento se clasifica en:

- Contingente
- Programado

Contingente por que pueden ocurrir de forma casual, y se debe atender la falla inmediatamente. Y programado, cuando el equipo falla y su reparación no es urgente, o sea que puede esperar un tiempo para ser reparado. Esto siempre y cuando no comprometa la producción a corto plazo. La frecuencia del mantenimiento programado dependerá de la empresa, sin embargo, es común que existan planes de mantenimiento programado en periodos semanales laborales.

3.8.1.2 *Análisis de modo de fallo y efectos*

Para una mejor organización y control de fallas, y no solo salir del aprieto al reparar un equipo se han estipulado métodos que permiten manejar y preservar mejor los equipos.

El análisis de modo de fallo y efectos (FMEA, Failure Mode, Effects Analysis) es un método que permite cuantificar el impacto de las fallas de los elementos de un sistema y documentar la

AMFE							
Elemento/ función	Modo de fallo	Efecto	S	O	D	NPR=S*O*D	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 1000	Proponer acción de mejora si sale un NPR alto

Ilustración 10. Registro de fallas del producto o elemento con método AMFE.

Fuente: Medrano Márquez & González Ajuech, 2017, pág. 32.

frecuencia con que se presentan con la finalidad de establecer tareas de mantenimiento específicas en aquellos elementos que repercuten mayormente en la funcionalidad, riesgos y costos totales, para que se puedan disminuir o incluso eliminar.

En la ilustración 10, se puede ver un formato de tabla para llevar a cabo un registro de fallas de un elemento, y así poder hacer el análisis de modo de fallo y efectos. Donde la:

- S, es el nivel de severidad (gravedad de la falla percibida por el usuario)
- O, el nivel de incidencia (probabilidad de que ocurra la falla)
- D, el nivel de detección (probabilidad de que no se detecte el error antes de usar el producto)

Una vez estimados los valores de S, O, D, se multiplican para obtener el NRP (número o índice de prioridad de la falla), lo que dará un valor entre 1 y 1000. Este valor indicará la importancia del modo de falla que se analizará.

3.8.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.8.2.1 Teoría del mantenimiento preventivo

Según (Jiménez Raya, 2015) el mantenimiento preventivo se puede definir como una serie actuaciones realizadas por el equipo de mantenimiento con el fin de conservar y mantener el buen funcionamiento de las maquinas e instalaciones. Por lo tanto, se puede decir que su principal objetivo es el detectar y solucionar pequeñas anomalías en las instalaciones antes que estas produzcan averías importantes.

Las principales ventajas de este tipo de mantenimiento serían:

- Aumento de la vida útil de los equipos.
- Disminución de los costes de reparación por averías.
- Mejora de las condiciones de seguridad laborales.
- Mayor rendimiento de los trabajadores y máquinas debido a la eliminación de tiempos muertos.

Las principales desventajas podrían, pero no se limitan a:

- Los elementos podrían ser cambiados antes que estos lleguen a su vida útil.
- Si no hay buena programación de operaciones y en una frecuencia óptima podría aumentar los costes por mantenimiento.

Entre los sistemas eléctricos y electrónicos a los que debería dársele mantenimiento preventivo están:

- Armarios y, cuadros de mando y control.
- Instrumentación de campo.
- Equipos de control, como reguladores analógicos y digitales.
- Actuadores, como arrancadores, variadores, válvulas de regulación y control, y motores.

El concepto de mantenimiento productivo o autónomo es relativamente nuevo, y es pocas palabras es llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo, pretende que las acciones básicas de mantenimiento y prevención se hagan ya desde el propio puesto de trabajo.

3.8.3 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO: LA BASE DE LA IMPLANTACIÓN DEL TPM

El TPM es un modo de orientar la gestión de los sistemas productivos que consolida la eficiencia y competitividad de la empresa, integrándose en la gestión y cultura de la misma, en este sentido, el TPM refuerza el efecto que se obtiene con el TQM, que presupone asimismo este mismo tipo de integración. (Cuatrecasas Arbós, 2011)

Significa que debe existir una total participación de todo el personal. Ya que el operario asume tareas de mantenimiento productivo, incluyendo la limpieza y otras tareas de mantenimiento preventivo y aun mas la necesidad de advertir el mismo.

La filosofía esencial del mantenimiento autónomo es: la persona que opera con un equipo productivo se debe ocupar de su mantenimiento básico. Este concepto ha sufrido una evolución a lo largo del tiempo, paralela a la de la complejidad de la maquinaria y de los equipos productivos que, de esta forma, han incidido en la manera de enfocar el mantenimiento hacia una mayor efectividad.

IV. METODOLOGÍA

4.1.1 MÉTODO Y ESTRATEGIA

Una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación y se formularon las hipótesis (o no se establecieron debido a la naturaleza del estudio), el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Como ya se habló teóricamente, se hará uso de la filosofía TPM para reestructurar el taller electrónico y a los técnicos como parte del equipo de trabajo. Se utilizó un enfoque cuantitativo para el estudio de las variables. En donde tendremos una variable dependiente y dos independientes.

4.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Cantidad de fallas por dispositivo, la cual se obtendrá por medio del análisis de modo de fallo y efectos.

4.1.3 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Herramientas y equipo del taller de electrónica.
- Inventario de los equipos electrónicos.

4.1.4 ESTRUCTURA DE TRABAJO

El proceso para la obtención de datos y luego proceder al análisis será el siguiente:

- Definiremos primero el equipo que requiere ser mantenido, fabricante, capacidades, tipo, tiempo de operación, etc.
- Definiremos las necesidades de mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y en los casos de la falta de éstas, de acuerdo a la experiencia de personal especializado.
- Definiremos las necesidades de personal de acuerdo con el punto anterior y de la continuidad de la operación y del tiempo de paros por mantenimiento.

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

5.1 LEVANTAMIENTO DE EQUIPO

Se comenzó por inventariar el equipo electrónico del taller de electrónica, que está en reparación o como repuesto. Luego se procedió a inventariar el equipo del área de fabrica con el apoyo de los técnicos eléctrico para la debida intervención de algunos dispositivos que están en funcionamiento.

Durante el periodo de practica se apoyó en distintas actividades aparte de las propuestas en el párrafo anterior. Por lo que el proceso en la recolección, análisis y conclusiones de los datos necesarios para cumplir los objetivos del proyecto de practica han sido parciales. A continuación, en un cuadro resumen de la ilustración se presenta la bitácora de las actividades realizadas como parte del equipo del departamento eléctrico en el periodo de enero a marzo de la zafra del año dos mil diecinueve:

Actualmente se está canalizando en una base de datos el inventario de todo el equipo del área electrónica. Se le dará seguimiento ya que aún no está terminado.

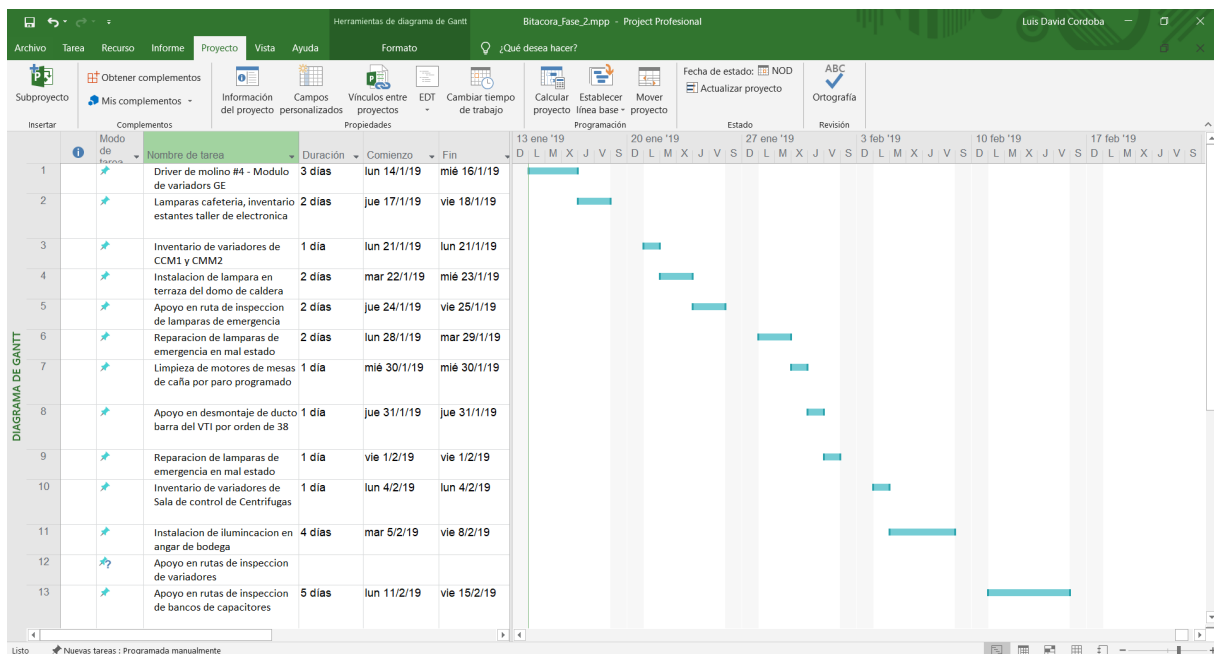


Ilustración 11. Cronograma de actividades de practica en fase 2

Fuente: propia

ID	Nombre	Area/Ubicación	Localización	Serie	Marca	Modelo	Color	Estado	Observaciones/Especificaciones
36	Variador de frecuencia 2HP	Taller de Electronica	Estante #2	13025975	EATON	SVX9000	Azul	Nuevo	Variador de frecuencia de 2hp 3 fases, 480 V
52	Variador de frecuencia de 30 HP	Taller de Electronica	Estante #3	1094807149	ABB		Blanco		Variador de frecuencia de 30 HP de tres fases 480 V
53	Variador de frecuencia de 1 HP	Taller de Electronica	Estante #3	076615A202	GE	AF-60 LP	Negro	Usada/Buena	Variador Microdrive marca General Electric. 1HP o 0.75 Kw
109	Variador de frecuencia 100 HP	Fabricacion P2	CCM6		Telemecanique	Altivar 71	Blanco	En funcionamiento	75Kw - 100 HP 380/480 V, bomb de agua buena #2
113	Variador de frecuencia Yaskawa	Fabricacion P2	Sala de variadores clar. #3		Yaskawa	A1000	Beige	En funcionamiento	motor de borra de clarificador de meladura #1, 480 V,
116	Variador de frecuencia	Fabricacion P2	Sala de variadores clar. #3		Danfoss	VLT Micro	Beige	En funcionamiento	3 HP, 480, 2.2 Kw, motor flobulante #2, clarificador #3
117	Variador de frecuencia	Fabricacion P2	Sala de variadores clar. #3		Danfoss	VLT Micro	Beige	En funcionamiento	1 HP, 480 V, 0.75 Kw, motor talomel
118	Variador de frecuencia	Fabricacion P2	Sala de variadores clar. #3		GE	Fuji AF-300 Mini	Azul oscuro	En funcionamiento	3 HP, 480 V, motor de cal clarificador #3
119	Variador de frecuencia	Fabricacion P2	Sala de vaiadores clar. #1 y #2		Schneider Electric	ATV312HU22N4	Negro	En funcionamiento	3 HP, 2.2Kw, 380/480, floculante para filtro

Ilustración 12. Parte de la base de datos del inventario electrónico.

Fuente: Propia

La base de datos servirá como fundamento para la organización y reestructuración del taller electrónico. La jefatura del departamento eléctrico le dará seguimiento en los meses siguientes.

5.2 SUPERVISIÓN DE VISITA TÉCNICA DE SONNE

Durante la visita técnica por parte de la empresa SONNE de Brasil, el tiempo en que se apoyó al técnico, fue de mucho provecho. Se ampliaron los conocimientos en el área de la automatización y se apoyó en resolver algunos problemas.

5.2.1 DUPLICACIÓN DE SEÑAL ANALÓGICA EN CALDERA

Lo primero que se realizó fue la duplicación de la señal de temperatura de salida de vapor de la caldera, esto a nivel de programación. Quiere decir que la señal de temperatura que recibe el PLC como una entrada analógica, se duplicó, para ser una señal de salida analógica que va hacia el PLC del turbogenerador.

La programación se hizo mediante la computadora de ingeniería del sistema DCS en la sala de control de la caldera. El PLC del sistema de control es de SIEMENS, con sus respectivos módulos y un sistema redundante como se puede observar en la ilustración



Ilustración 13. PLC S7-400 con sistema redundante como sistema de control de la caldera de AZUNOSA

Fuente: Propia

Todo el sistema de control está basado en un DCS (Distributed Control System) o traducido al español, Sistema de Control Distribuido, así que es escalable en cuanto a capacidad. Sin embargo, este solo controla los procesos de la caldera. El software que se utiliza es el PCS7 de SIEMENS, y la programación es en CFC (Continuos Function Chart). Los cambios se hicieron básicamente en la duplicación de la señal de temperatura y en la parametrización de algunos PID de los controles de la caldera.

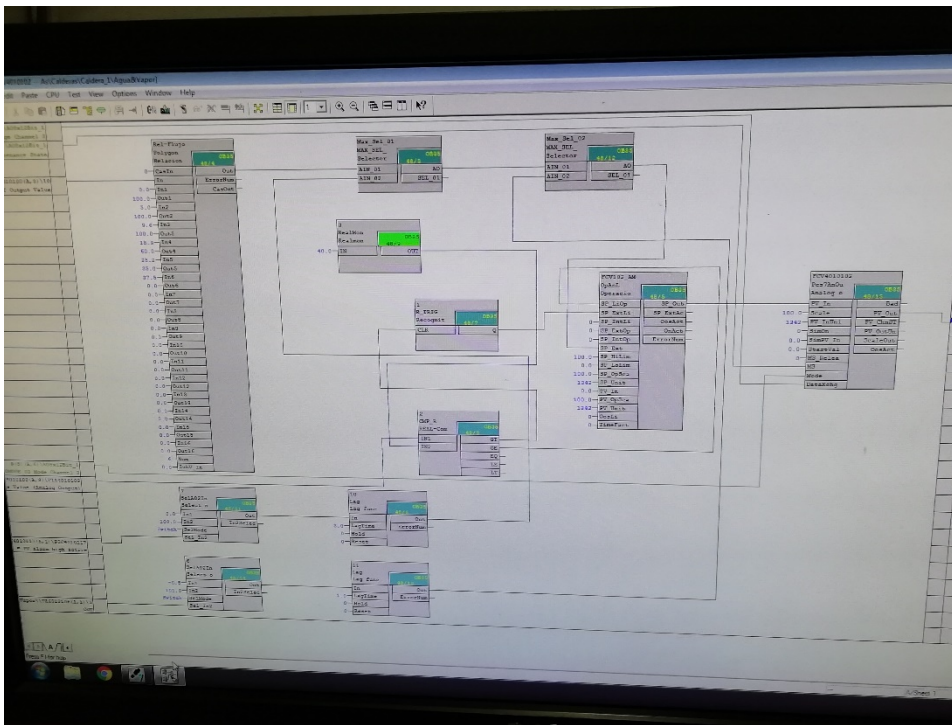


Ilustración 14. Bloque de CFC de la programación de la caldera en PCS7

Fuente: Propia

5.2.2 PROGRAMACION DE PLC ALLEN BRADLEY EN TURBOGENERADOR

El PLC del turbogenerador es un modelo de la marca Rockwell Automation, de la serie AB (Allen Bradley) modelo SCL-500. La programación se realizó por medio del software Rslogix 500 Pro y sus respectivos drivers. El lenguaje utilizado fue Ladder o escalera. La programación en el PLC del turbogenerador consistió primero en

- Realizar un cálculo por medio de la siguiente ecuación:

$$\sqrt[4]{P(\text{bar})} \times 100 + 50$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular la temperatura de vapor de entrada a la turbina

Fuente: Técnico de SONNE

Donde la P es la presión de entrada a la turbina en bares.

La lógica de programación se actualizó haciendo una comparación entre la temperatura de salida de vapor de la caldera y la temperatura de entrada de vapor a la turbina. Esto se hizo para evitar el arrastre de agua y proteger el turbogenerador por medio de un disparo de la turbina. En caso que la temperatura de vapor de la caldera sea cincuenta veces menor que la temperatura del vapor de entrada a la turbina, entonces no se podrá arrancar la turbina para evitar el arrastre de agua. La lógica se tomó de la siguiente referencia en la ilustración 15.

En Rslogix se programó la lógica de acuerdo a lo mencionado anteriormente. De tal manera que se hizo el calculo por medio de la ecuación 1, y luego se usaron comparadores para el trip por arrastre de agua.

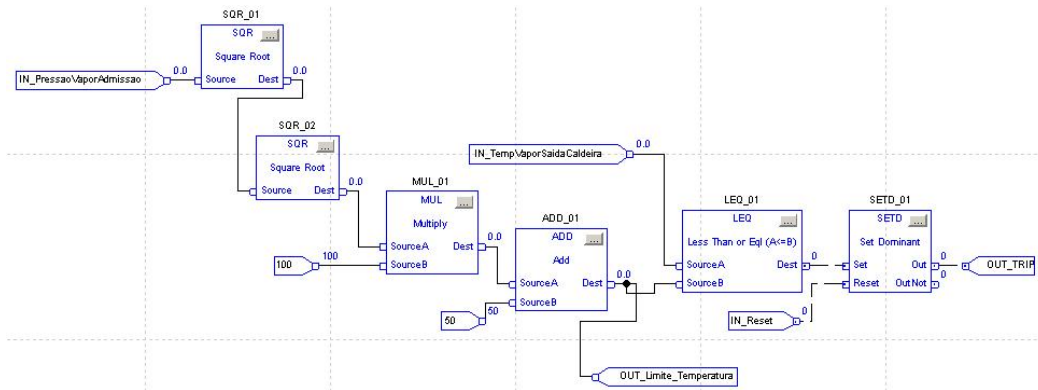


Ilustración 15. Lógica para disparo de la turbina

Fuente: Técnico de SONNE

La lógica en Rslogix es lenguaje de escalera, con el cual ya se había trabajado en el contenido aprendido en la universidad, por lo que fue más fácil de comprender la lógica. Además de integrar la señal de temperatura desde la caldera, también se programaron unas luces piloto tipo semáforo. La luz amarilla como alarma y la luz roja como disparo de la turbina por arrastre de agua. La ilustración 16 muestra el Ladder en Rslogix.

Después de todo lo anterior, se dispuso a reconfigurar los PID's del sistema de control distribuido de la caldera. Para estabilizar el nivel del agua, la alimentación de aire, y se propuso un lazo de control para los alimentadores de bagazo.

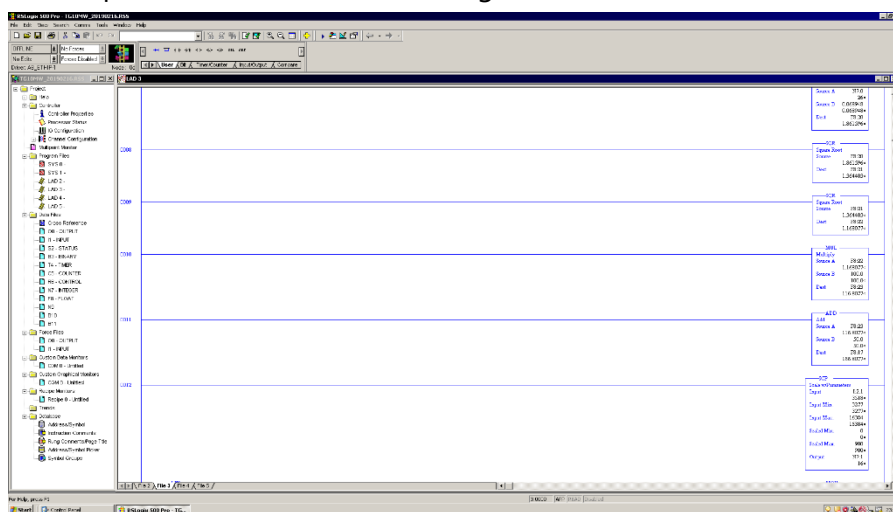


Ilustración 16. Programacion en Rslogix del turbogenerador

Fuente: Propia

VI. CONCLUSIONES

- Se comenzó el levantamiento del equipo electrónico con el que cuenta la fábrica. La base de datos aun se sigue actualizando y funcionara como base para la reestructuración del taller, por supuesto cuando se haya completado.
- Se organizó la base de datos de tal forma que pueda ofrecer la información necesaria para uso de los encargados del área electrónica. Algunos de los datos son área de ubicación, marca, voltaje, corriente, dispositivo que acciona, regula o controla.
- Actualmente el departamento eléctrico cuenta con un sistema de mantenimiento que funciona con métodos preventivos, correctivos y algunas predictivos (análisis de vibraciones y termografías). Sin embargo, no se logró aplicar el método de análisis y de fallos para hacer uso de la filosofía TPM. Sin embargo, por medio de las rutas de inspección se pudo observar que si se necesitan mejoras en el sistema de mantenimiento, que involucre al técnico y también al operador del equipo.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 A LA EMPRESA

- Se sugiere promover más las capacitaciones en el área de automatización. La empresa gasta mucho dinero contratando empresas externas cuando surge un proyecto de mejora en esa área y podrían capacitar a sus técnicos o Ingenieros para resolver cualquier problema o implementar alguna mejora.
- Los métodos de mantenimiento parecen no funcionar, esto debido a diferentes factores. Se debería de llevar a cabo un análisis de toda el área para saber que está pasando y resolver cualquier inconveniente, antes que surjan problemas mayores.

7.2 A LA UNIVERSIDAD

- En la industria es importante conocer las normativas de seguridad para evitar accidentes y muerte. Y aunque no es algo difícil de aprender, se podría agregar en el contenido de alguna clase en el transcurso de la carrera.
- Los lenguajes de programación en PLC básicos son útiles y ayudan a desarrollar la lógica. Sin embargo, es recomendado que se enseñen otros lenguajes de programación usados en PLC también, como CFC, SFC, AWG, etc.
- Es importante aprender cómo funciona y si es posible potenciar el uso de software SCADA para poder diseñar e implementar estos sistemas de adquisición y supervisión de datos, aunque sea a un nivel no tan complejo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Barrientos, A., & Gambao, E. (2014). *Sistemas de producción automatizados*. Madrid, SPAIN: Dextra Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3229680>
- Boix, O., Córcoles, F., & Sainz, L. (2009). *Tecnología eléctrica (2a. ed.)*. Barcelona, SPAIN: Cano Pina. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3226770>
- Cruz, A., & Garnica, A. (2010). *Ergonomía aplicada (4a. ed.)*. Bogotá, COLOMBIA: Ecoe Ediciones. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3193893>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3229295>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación (5a ed.)*. México, D.F: McGraw-Hill.
- Jiménez Raya, F. (2015). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. Málaga, SPAIN: IC Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=5635930>
- Kubala, T. (2011). *Electricidad 2 Dispositivos, circuitos y materiales (9a ed.)*. Cengage Learning Editores.
- Leeson, S., & Summers, J. (2000). *Nutrición Aviar Comercial*. Bogotá, Colombia: Le'Print Club Express Ltda.
- Meaton, R. W. (1991). *Motores eléctricos: selección, mantenimiento y reparación (2a ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3195899>
- Medrano Márquez, J. Á., & González Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. Ciudad de México, MEXICO: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=5213557>
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2009). *Electrónica de potencia: convertidores, aplicaciones y diseño (3a. ed.)*. Sunny Isles Beach, UNITED STATES: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=4586428>

Oliva, N., Castro Gil, M. A., & Díaz Orueta, G. (2013). *Redes de comunicaciones industriales*. Madrid, SPAIN: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3216642>

Rodríguez Penin, A. (2008). *Comunicaciones industriales*. Barcelona, SPAIN: Marcombo. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3175914>

Santos González, M. (2014). *Diseño de redes telemáticas*. Madrid, SPAIN: RA-MA Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3229018>