



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Automatización de un ventilador de 250 HP
para la reducción de consumo de energía en
la Compañía Minera Chungar S.A.C.**

Anibal Angel Martinez Ramos

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Jorge Eliseo Lozano Miranda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, inteligencia, fortaleza para lograr los objetivos trazados.

A la Universidad Continental en específico la Escuela Académica Profesional ingeniería Eléctrica. Por haberme permitido la formación con firmes cimientos en la carrera dentro de sus aulas y a contribuir en la presente investigación.

Al asesor ingeniero Jorge Eliseo Lozano Miranda por sus orientaciones en la investigación de ingeniería eléctrica, que con sus habilidades y destreza se concluyó con la presente investigación.

A todo el cuerpo de profesores de Ingeniería eléctrica por los conocimientos que impartieron durante el desarrollo de la carrera, por su constante apoyo para el desarrollo de cada uno de nosotros y así ser ingenieros competentes.

Al Ingeniero Iván Turco Aliaga por sus consejos para emprender en la carrera de Ingeniería Eléctrica.

A los ingenieros del área de mantenimiento en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. por facilitar y permitirme a obtener datos para el desarrollo de la presente investigación dentro de sus instalaciones.

DEDICATORIA

A mis padres Raúl Martínez Ventura e Isabel Ramos Pizarro, por ser ejemplo a seguir en la perseverancia aún en la adversidad que hemos pasado y forjar por el buen camino hasta alcanzar cada objetivo.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABLAS	2
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	8
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE PROBLEMA	8
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	11
1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	11
1.3.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	11
1.3.3 IMPORTANCIA	11
1.3.4 DATOS DE LA EMPRESA MINERA CHUNGAR	12
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	13
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	13
1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	13
1.5 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	13
1.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	13
1.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE	14
1.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16

2.1.1	NACIONAL.....	16
2.1.2	INTERNACIONAL.....	17
2.2	BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1	TEORIA DE CONTROL.....	20
2.2.2	SISTEMA DE CONTROLES AUTOMÁTICOS:.....	22
2.2.3	AUTOMATIZMO.....	25
2.2.4	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	28
2.2.5	SIMULADOR Y SOFTWARE.....	35
2.2.6	ANALIZADOR DE REDES.....	36
2.2.7	VENTILADOR.....	37
2.2.8	ARRANCADOR ELECTRÓNICO (SOFT STARTER).....	39
2.2.9	SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	45
2.3	ESTRUCTURA EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
2.3.1	DIAGRAMA ELÉCTRICO.....	48
2.3.2	SIMULACIÓN DE MANDO MANUAL EN CADe SIMU.....	50
2.3.3	SIMULACIÓN DE MANDO AUTOMÁTICO RSLOGIX.....	51
2.3.4	CÁLCULO DE COMPONENTES.....	56
2.3.5	PROGRAMACIÓN DE SOFT STARTER PSTB370 ABB.....	58
2.3.6	PROGRAMACIÓN DE RELÉ MPS 3000C.....	60
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		62
3.1	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1.1	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.4	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.5	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	65
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		67
4.1	RESULTADO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS DE INTERRELACIÓN (TABLAS Y FIGURAS).....	67
4.1.1	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	67
4.1.2	COMPARACIÓN DE ENERGÍA (ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO).....	68

4.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	71
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES.....	82
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	83
	ANEXO.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de control simple	20
Figura 2: Equipos con sistemas de control de lazo abierto.....	23
Figura 3: Diagrama de bloques de un sistema de control industrial.....	23
Figura 4: Modelo piramidal integrado de un sistema de automatización	28
Figura 5: Diagrama de Ladder logic	35
Figura 6: Símbolo, estructura interna, circuitos equivalentes y encapsulados	41
Figura 7: Curva característica de un SCR	42
Figura 8: Formas de onda para circuito SCR, dos diferentes ángulos de retardo.....	42
Figura 9: Esquema de bloques de la parte de alimentación del Altistart48.....	43
Figura 10: Curvas de tensión, corriente y par de motor.....	44
Figura 11: Correcta instalación de equipos a puesta tierra.....	45
Figura 12: Tabla tolerancia de equipos en categorías	46
Figura 13: Flujograma de la investigación	47
Figura 14: Diagrama eléctrico de mando y fuerza	48
Figura 15: Leyenda de diagrama eléctrico	49
Figura 16: Diagrama eléctrico de mando y fuerza siendo simulado en CADe SIMU	50
Figura 17: Flujograma de secuencia del desarrollo siendo simulado RSLOGIX 5000	51
Figura 18: Diagrama de mando automático siendo simulado RSLOGIX 5000	52 a 54
Figura 19: Parámetros a programar en el Soft Starter PSTB370-600-70.....	58 a 59
Figura 20: Parámetros a programar en relé MPS 3000.....	60 a 61
Figura 21: Registro de Potencia antes de la implementación.	68
Figura 22: Simulación de potencia con tiempo de corte de una hora y media por día	69
Figura 23: Campana de gauss de la prueba t	72
Figura 24: Datos siendo procesado en el SPSS.....	73
Figura 25: Campana de gauss. Proceso manual.....	75
Figura 26: Datos siendo procesado en el SPSS.....	76
Figura 27: Campana de Gauss. Proceso automatizado.	78
Figura 28: Datos siendo procesado en el SPSS.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: La población está definida por la CIA. CHUNGAR S.A.C.	64
Tabla 2: Potencia obtenida en el analizador de redes manual.	70
Tabla 3: Estadísticos descriptivos principales de los procesos de automatización.	70
Tabla 4: Test de medias los procesos de automatización.	72
Tabla 5: Test de medias. Proceso manual	74
Tabla 6: Test de medias. Proceso automatizado.....	77
Tabla 7: Datos obtenidos en el analizador de redes.....	89 a 99

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: PLC Micrologix 1100 de Rockwell plataforma actual en la automatización.	29
Fotografía 2: Placa de motor del ventilador de 250HP.	56
Fotografía 3: Vista panorámica de ubicación de la investigación.	64
Fotografía 4: Tablero convencional actual de 250HP Estrella triangulo.....	100
Fotografía 5: Instalando analizador de redes en interruptor principal del ventilador de 250HP	101
Fotografía 6: Registro del analizador de redes Power Q4 de marca METREL	102
Fotografía 7: Vista panorámica de ubicación del ventilador 250HP.....	103
Fotografía 8: Factura de consumo de energía Compañía Minera CHUNGAR S.A.C.....	104

RESUMEN

En la presente investigación, se abordó el problema general: ¿Cuál es el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.? Y se determinó el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

Respondiendo a la hipótesis que la implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250HP tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

La investigación integra la electrónica de potencia, tecnología de motores y el controlador lógico programable (PLC) para el control. El cual controla los tiempos de arranque y parada en el ventilador de 250HP.

El sistema de ventilación de la mina con ventiladores primario, secundario y terciario. El ventilador secundario de 250HP permite manipular tiempos de parada en una hora y media en el cambio de guardia de personal de 6:30pm a 8:00pm sin disminuir el mínimo nivel de oxígeno de 19.5% en las labores.

Se obtuvieron del analizador de redes Power Q4 Metrel, con los cuales se pudieron comparar los registros de potencia y el consumo de energía actual respecto a la alternativa propuesta, evidenciando un ahorro de costo de energía sustancial en la facturación mensual de electricidad de la empresa.

El área de mantenimiento eléctrico planteó el requerimiento de reducir el consumo de energía en hora punta de un ventilador de 250HP. La alternativa planteada en la presente investigación se simuló mediante CADESIMU y RSLOGIX 5000. Los resultados de ahorro de energía proyectan un ahorro de 140.44kWh en una hora y media por día, en un mes 4213.22kWh representa un ahorro en US\$188.84 más el ahorro de potencia de 110kW en hora punta respecto a la demanda máxima coincidente en **US\$727.00** al mes y un monto total cada mes de **US\$915.53** así en un año el ahorro de **US\$10986.32**.

Se concluye que el proceso de automatización permitirá el ahorro de **US\$10986.32** al año en el ventilador de 250HP, además de una mejora en el mantenimiento del ventilador.

PALABRAS CLAVES: Sistema automático, PLC, Consumo de energía, Costo de energía.

INTRODUCCIÓN

El sector de la minería es definitiva e indiscutiblemente importante para la economía del país, sin embargo en el cumplimiento de sus labores de producción y extracción consume más energía que todos los hogares de nuestro país; es por tal motivo que la búsqueda de ahorrar el consumo de energía en hora punta de equipos eléctricos es imprescindible como también es bueno para la economía de la propia empresa, pues es en hora punta donde se hace un aumento de los costos asociados al uso de maquinarias, específicamente para los efectos de esta investigación en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. la misma que permitió la búsqueda de alternativas de solución y optar por los equipos de electrónica, electrónica de potencia integrando al controlador lógico programable (PLC) junto al Soft Starter que permite un arranque suave y confiable al motor del ventilador de 250HP.

Para el desarrollo de la investigación se organizó en cinco capítulos:

Capítulo I. Trata sobre planteamiento de y formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación, importancia, datos de la empresa donde se realiza la investigación, hipótesis general, hipótesis específica y descripción de variables. Al plantear el problema también se busca solucionar a través de lo propuesto mediante el diseño de sistema de control automático.

Capítulo II. Para el presente se buscó información en el marco teórico nacional e internacional, bases teóricas que nos proporciona información sustentada sobre automatización, controladores lógicos programables, soft starter, máquinas eléctricas las cuales comprenden a la implementación de un sistema automático y el sistema de protección de los equipos electrónicos.

Capítulo III. Comprende del método de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación (el desarrollo de la investigación, después del planteamiento del problema de controlar los tiempos de arranque y parada del ventilador de 250HP en hora punta y así reducir el consumo de energía en una hora y media por día. Iniciando con la implementación de un sistema automático de mando y fuerza en el AutoCAD para luego simular en simulador CADE SIMU; también simular la lógica del modo automático en el PLC mediante el simulador RSLOGIX 5000; dimensionamiento y cálculo de componentes eléctricos para la selección de componentes principales, población, muestras, técnicas de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV. Resultado de prueba de hipótesis, procesamiento de información para comparación de ahorro de energía (antes y después de la automatización). La aplicación de los fundamentos teóricos de los equipos electrónicos permitirá la reducción de consumo de energía del ventilador de 250HP.

El aplicar la implementación de un sistema automático tiene un efecto positivo sobre el consumo de energía en un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. Resultando en un ahorro considerable en la facturación mensual de la empresa.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú es una nación cuya larga tradición respecto a la explotación minera. Desde culturas prehispánicas la extracción de recursos naturales, especialmente los minerales ha jugado un rol predominante en la economía del imperio, colonia o república. Incluso llegando a ser objeto de competencia para el proceso de extracción; por empresas que llegan a tener gran rentabilidad. Comparado con la agricultura la minería genera alrededor de 20.000 millones de soles en generación de producto bruto interno y es una fuente de impuestos para el país. El sector minero tiene un rol importante en la economía peruana ya que por medio de la minería se genera valores en divisas, impuestos, inversión y empleo. A nivel nacional, debido al panorama del alza evidente de precios internacionales de los productos minerales, la minería en sí se encuentra experimentando una suerte de dinamismo reflejado en la provisión de divisas a la economía, las regalías mineras e incluso los ingresos fiscales a causa de los impuestos; es decir se traduce en el crecimiento potencial de la economía. (1)

Es el segundo sector en consumir energía eléctrica analizada en proporción con las horas de trabajo, es decir gran gasto eléctrico; ahora bien de continuar con las

políticas en cuanto a la promoción de este sector, la estimación al 2020 advierte que toda la energía eléctrica que se sumara terminará en la extracción minera. Actualmente la minería ya consume más energía eléctrica que todos los hogares del Perú. (2).

Por todo lo expuesto líneas arriba, y, debido a las evidentes consecuencias del exceso de consumo de energía eléctrica por la minería (se podría llegar a importar energía, búsqueda de otras fuentes, reactivación de proyectos hidroeléctricos a gran escala, con efectos adversos a nivel social, ambiental, territorial y económico) se hace necesario la búsqueda de nuevas propuestas de ahorro energético en la industria de la minería, ya que esto significaría la prevención de consecuencias de carácter “macro” o mayor escala.

Ahora bien, a nivel de la compañía minera CHUNGAR S.A.C. empresa polimetálica productores de Zinc, Plomo, Cobre y Plata; la misma que extrae minerales de labores subterráneas siendo una mina mecanizada con el principal recurso humano que labora en los distintos niveles usando equipos de perforación, acarreo, carguío; usando explosivos y servicios generales como bombeo de agua, ventilación de la mina con un adecuado nivel de oxígeno como mínimo 19.5% siendo necesario ventiladores para extracción e inyección de aire fresco desde y hasta superficie. Esto determina que debe haber un flujo constante de energía eléctrica para que la maquinaria funcione, y esto también implica su funcionamiento en hora punta, donde el costo de la energía eléctrica es más alto, además de que se presenta una situación problemática en el control de arranques y paradas de ventiladores, con lo cual se hace mucho más cantidad de energía. Para reducir el consumo de energía eléctrica en hora punta primero se debe de revertir el problema la falta de control de arranques y paradas, con lo que el costo de energía eléctrica por el uso en promedio mensual a un precio de **4.482 cUS\$/kWh**, y así también el costo de potencia máxima coincidente de un precio de **6.6 US\$/kW** en el proceso productivo, además que se preserva la vida útil de la maquinaria.

A lo largo del proceso minero en esta estación, se tienen diferentes ventiladores que no pueden ser modificados de algún modo por su importancia en la sostenibilidad de la calidad de oxígeno o por razones técnicas. Sin embargo dentro de este proceso, se catalogan ventiladores primarios, secundarios y terciarios. Los

ventiladores secundarios de 250HP son tales que admite modificaciones para buscar ahorrar energía eléctrica en cambio de guardia de personal de 6:30pm a 8:00pm sin afectar el mínimo nivel de oxígeno de 19.5% en las labores. Falta implementar un control automático para que opere este ventilador de manera eficiente de acuerdo a las condiciones que requiere para optimizar la energía eléctrica. Actualmente los ventiladores cuentan con arrancadores estrella – triangulo la cual realiza trabajo constante y teniendo inconveniente cuando se requiere realizar arranques y paradas de ventiladores de manera automática. Así se analiza dos estados del sistema de automatización: manual y automatizado, para que esto se pueda comprobar y contrastar. A continuación se presenta la problemática enfocada hacia esa búsqueda.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

➤ **Problema general**

¿Cuál es el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.?

➤ **Problemas específicos**

¿A cuánto asciende la potencia promedio en el sistema manual (sin automatización)?

¿Cuánto es la potencia promedio en el sistema automatizado?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular la potencia promedio en el sistema manual (sin automatización)
- Estimar la potencia promedio en el sistema automatizado.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Éste trabajo de investigación busca mejorar el problema de la automatización de un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. mediante el controlador lógico programable (PLC) controlando al arrancador Soft Starter ya que aún no se cuenta con un sistema de arranque de ventilador que puede ser controlado de manera confiable, reduciendo la corriente de arranque, prolongando la vida del bobinado del motor para un sistema de ventilación eficiente en interior mina y reducir el consumo de energía eléctrica en hora punta.

La investigación es importante porque permitirá mejorar el control de arranques y paradas de los ventiladores aprovechando los recursos que se encuentran en mantenimiento eléctrico de la compañía y dando avance a la tecnología estando en condición el sistema a emerger a un SCADA pudiendo ser medido y monitoreado en tiempo real.

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Se puede notar que una falla en algún tipo de maquinaria no solo genera una reducción de la productividad, tiempos adicionales de parada, sino que también puede tener efectos altos en el consumo de energía eléctrica, con lo cual se reduce la eficiencia del proceso. Por ello, una mejora mediante automatización no solo proporciona un manejo eficiente de los recursos a disposición, sino que también mejora la productividad de la inversión en la mina, prolongando la vida del bobinado del motor.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

A través de la implementación de un sistema automático para arranques y paradas de ventiladores lograremos reducir el consumo de energía eléctrica en hora punta y por tanto se reducirá la facturación de energía eléctrica de la empresa.

1.3.3 IMPORTANCIA

La importancia es responder a la problemática dentro de la compañía minera CHUNGAR S.A.C. Empleando todo el conocimiento adquirido en las aulas de la universidad y así dar respuesta a la hipótesis planteada de la presente investigación.

1.3.4 DATOS DE LA EMPRESA MINERA CHUNGAR

- Razón Social de la Empresa : Compañía Minera CHUNGAR S.A.C.
- RUC : 20514608041
- Gerente General : IGNACIO ROSADO
- Dirección de la Empresa : Av. MANUEL OLGUÍN 375
- Distrito : Santiago de Surco – LIMA
- Ubicación Unidad Minera : PASCO – PASCO – HUAYLLAY
- Teléfono de la Empresa : 01416-7000

Volcan Compañía Minera es una empresa minera polimetálica y uno de los mayores productores de zinc, plomo y plata en el mundo. La Compañía está considerada como uno de los productores de menor costo en la industria debido a la calidad de sus depósitos de mineral.

Volcan inició sus operaciones en 1943 en las alturas del abra de Ticlio. Todas las operaciones se encuentran en la Sierra Central de Perú e incluye las unidades operativas Yauli, **Chungar**, Alpamarca y Cerro de Pasco. Estas cuatro unidades operativas incluyen en total diez minas, siete plantas concentradoras y una planta de lixiviación.

La compañía está creciendo orgánicamente a través de la ampliación de sus plantas y la exploración y el desarrollo de su propia cartera de proyectos Brown Field y Green Field. Al mismo tiempo, la Compañía busca continuamente oportunidades acrecientes en la región.

Ubicación en el Perú

La Unidad Minera Animón de Compañía Minera CHUNGAR S.A.C., se encuentra a una altitud promedio de 4,600 msnm.

El acceso a la unidad Minera desde la ciudad de Lima, se logra a través de la Carretera Central Lima - La Oroya – Cerro de Pasco, antes de llegar a la ciudad de Cerro de Pasco existe un desvío de carretera asfaltada hacia el distrito de Huayllay, desde ahí hay un carretera afirmada hacia la unidad minera, el recorrido total de Lima – Chungar es de 314 km. Existen otras rutas alternativas Lima–Canta–Huayllay y la ruta Lima-Huaral- Huayllay.

1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4..1 HIPÓTESIS GENERAL

La implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250HP tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

Respondiendo a la hipótesis que la implementación de un sistema de automatización tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

1.4..2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema manual es superior a 110kW.
- La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema automatizado es inferior a 110kW.

1.5 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Automatización: Sistema que permite ejecutar una o varias acciones sin intervención manual. La automatización de una máquina o proceso productivo simple tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre de dicha labor. Se denomina automatismo al dispositivo físico que realiza esta función controlando su funcionamiento (13).

Es un dispositivo de control industrial de estado sólido que recibe señales de dispositivos controlados por el usuario, como sensores y conmutadores, las implementa en un patrón preciso determinado por el progreso de la aplicación basada en diagrama de escalera almacenado en la memoria del usuario; proporciona salidas para el control de procesos o dispositivos suministrados por el usuario, tales como relés o arrancadores de motor. (3)

1.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Consumo de energía eléctrica Es la cantidad de potencia consumida por un motor eléctrico en un determinado tiempo.

Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular la ley de Faraday. Esta ley muestra que se puede transformar energía mecánica a energía cinética a energía eléctrica y viceversa. Bajo este principio se puede entender que hay maquinas que pueden transformar energía de fenómenos móviles, tales como la caída de una catarata en energía eléctrica transportable y también maquinas que en base a la electricidad pueden terminar por generar movimiento y este ser aprovechado de diferentes maneras.

Las máquinas eléctricas se caracterizan por tener circuitos eléctricos y magnéticos entrelazados. En consecuencia, el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente. ***La potencia asignada es la potencia mecánica expresada en vatios (W) (18).***

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas en movimiento. Turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire (16).

1.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE		DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V. I.	Automatización	Sistema que permite ejecutar una o varias acciones sin intervención manual. La automatización de una máquina o proceso productivo simple tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre de dicha labor. Se denomina automatismo al dispositivo físico que realiza esta función controlando su funcionamiento (3).	Nivel de campo	Nivel de campo = Sin automatización	Simulador CADe SIMU y RSLogix 5000
			Nivel de control	Nivel de control = Con automatización	
V. D.	Consumo de energía eléctrica	Es la cantidad de potencia consumida por un motor eléctrico en un determinado tiempo. Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular la ley de Faraday (18).	Energía eléctrica	Kilowatt hora	Analizador de Redes Medidor de Energía

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 NACIONAL

REYES (5) en un trabajo de investigación denominado: “Automatización del sistema de control y monitoreo de una autoclave para el proceso de vulcanización del caucho en calzado de lona” tuvo el objetivo de diseñar e implementar un equipo que se encuentre en la capacidad de controlar la presión, temperatura y el tiempo, con la finalidad de obtener una interacción automática de los actuadores para el logro de niveles adecuados dentro del autoclave. Debido a la naturaleza de la investigación, se realizó el diseño de automatización, del sistema en si llevando a cabo el proceso conjuntamente con los operarios, ya el autor manifiesta que este sistema deberá ser simple para que todos se hallen en la capacidad de maniobrar. Finalmente se logró automatizar la autoclave que ayudó a que el trabajador solo se encargue de cargar y descargar la mercadería en los tiempos determinados, evitando de esta forma la maniobra anterior se cargar el aire, fijar la temperatura adecuada, colocar el tiempo de horno, etc. Con esta investigación se puede contrastar que un proceso manual tiende a ser más peligroso, en cambio un sistema automatizado, procura un mejor desempeño en el proceso detallado en esta investigación.

PONCE Y MONTUFAR (6) realizó un estudio investigativo sobre el “Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para un grupo electrógeno de 6.5kVA para un grifo” con la finalidad de tener un suministro continuo de energía eléctrica de forma eficiente. Finalmente se concluyó indicando que se logró el diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para el grupo electrógeno de 6.5 kVA hace que la transferencia de carga en caso de fallas del sistema sea de forma automática, con esto se logra tener suministro de energía eléctrica constante. Por otro lado, el dimensionamiento y selección de los componentes de un sistema eléctrico para conservar la tensión en sus valores permitidos, nos accede trabajar con confiabilidad, sin tener que existan preocupaciones por fallas posteriores en el

tablero de control. Esta investigación muestra que los fallos pueden ser reducidos de manera sustancial con un sistema de control ligado al automatismo para una provisión de servicio como un grifo.

2.1.2 INTERNACIONAL

VERASCHIN (7), realiza una investigación sobre “El caso económico para el equipo de minería eléctrica y consideraciones técnicas relacionadas con su Implementación”; con el objetivo de presentar el potencial económico de la implementación del equipo, así como delinear los insumos clave que son necesarios para respaldar una evaluación y proporcionar un modelo y un enfoque que pueda ser utilizado por otros si el relevante la información está disponible y se pueden hacer suposiciones aceptables. Motivado porque la minería subterránea de hardrock puede ser muy intensiva en energía y en gran parte esto se puede atribuir al consumo de energía de los sistemas de ventilación subterránea. En general, la potencia consumida por el sistema de ventilación de una mina y su escala general están estrechamente relacionadas con la cantidad de energía diésel en operación. Así mismo, por la razón que, suponiendo que el tamaño de las vías respiratorias permanezca constante, el consumo de energía del sistema principal aumenta exponencialmente con el volumen de aire suministrado a la mina. Por lo tanto, las grandes flotas de diésel conducen a un mayor consumo de energía y también pueden requerir grandes inversiones de capital en la infraestructura de ventilación para gestionar los requisitos de energía. Cumplir con los requisitos de ventilación para el equipo en un rumbo puede dar como resultado un escenario similar con las piezas más grandes que conducen a un mayor consumo de energía y que posiblemente necesiten tubos de ventilación más grandes y derivas más altas. Esta tesis considera los equipos de minería eléctrica como un medio para reducir la intensidad y el costo del consumo de energía en las minas subterráneas de roca dura. Potencialmente, el equipo eléctrico podría reducir en gran medida el volumen de aire necesario para ventilar toda una mina, así como los encabezados individuales porque no emiten muchos de los contaminantes que se encuentran en el escape del diésel y porque las regulaciones no conectan los volúmenes de aire a los motores eléctricos. Debido a la relación exponencial entre el consumo de energía y los volúmenes de aire, esto podría reducir en gran medida la cantidad de

energía requerida para la ventilación de la mina, así como también el costo de capital de la infraestructura de ventilación.

Como los costos de calefacción y refrigeración también están directamente relacionados con los volúmenes de aire, el costo y la intensidad energética de calentar y enfriar el aire también se reducirían significativamente. Otro incentivo es que alimentar equipos de la red es sustancialmente más económico que alimentarlos con diésel y también producir menos GEI. Por lo tanto, al eliminar el diésel del subsuelo, los trabajadores disfrutarán de condiciones de trabajo más seguras y los operadores y la sociedad en general obtendrán un menor impacto en el medioambiente. En consecuencia, una buena parte de esta tesis revisa consideraciones técnicas relacionadas con el uso de equipos de minería eléctrica, especialmente aquellos que impactan la economía de su implementación. (7). Esta investigación detalla que la implementación de un sistema automático puede producir una mejora de las condiciones de trabajo de los trabajadores en una mina, además de significar un ahorro sustancial en esta.

MORALES (8) realizó una investigación sobre la optimización automatizada del diseño de un ventilador de flujo tubo axial mediante algoritmos evolutivos, a fin de realizar una evaluación del desempeño de las distintas aspas dentro de un software para el modelado de fluidos denominados openFOAM; en tal sentido se halló el algoritmo evolutivo encargado de la optimización mediante un lenguaje conocido como Python a fin de minimizar la velocidad promedio de salida en uno de los extremos del túnel donde se encuentra el ventilador. Finalmente el autor concluyo indicando que efectivamente fue posible la optimización de la forma del aspa de un ventilador de flujo tubo - axial mediante la implementación de algoritmos genéticos haciendo uso de un software CFD libre llamado OpenFOAM. Además el proceso pudo ser realizado de forma automática. (8). Este documento es intensivo en la explicación de los lenguajes de programación requeridos para el proceso de automatización.

ARELLANO (9) realizó una tesis donde investigó sobre el “Diseño e instalación de un sistema de medición y control para el almacenamiento, la recirculación y el bombeo de un producto químico cristalizante a temperatura ambiente”, con el principal objetivo de realizar tal diseño y su instalación, desarrollándolo mediante

un procedimiento de ingeniería mediante varias etapas a partir de un requerimiento de un determinado número de clientes con necesidades similares (El contar con un producto que cumplieran con sus expectativas para la aplicación del mismo como un sistema que fuera parte del producto que a su vez ellos ofrecían al cliente final.) En el caso del PLC: Versatilidad en el desarrollo de un programa seguro y confiable esto quiere decir un software sencillo y con posibilidades ilimitadas. La posibilidad de tener un bus de comunicación seguro y libre de interferencias. Las pruebas finales antes del arranque del proyecto para la producción real, indicaron que el diseño de cada uno de los lazos de manera individual así como un todo, cumplían con exactitud con los requerimientos manifestados como la necesidad inicial. De esta manera la producción confió plenamente en la instalación e inició la producción para cumplir con las necesidades de sus clientes. Lo que significa al final del proyecto que este se concluyó exitosamente en todo los aspectos, no requiriéndose realizar cambios que implican mayores costos o retardo en la puesta en marcha del sistema completo. (9). En este caso también se muestra el caso de uso de sistemas de control automático para la mejora en el desempeño de actividades peligrosas como es el uso y manejo de químicos, con los que una falla humana puede conllevar en tragedia, por lo que el valor de la automatización, reduciendo estas posibilidades cobra un sentido más de prevención.

WORRELL (10) estudiaron sobre la mejora de la eficiencia energética y oportunidades de ahorro de costos para las refinerías de petróleo; ya que el uso de la energía también es una importante fuente de emisiones en la industria de las refinerías, lo que hace que la mejora de la eficiencia energética es una oportunidad atractiva para reducir las emisiones y los costos operativos. Esta investigación proporciona información sobre oportunidades potenciales de eficiencia energética para las refinerías de petróleo; presenta oportunidades de eficiencia energética disponibles para las refinerías de petróleo. Se proporcionaron ahorros de energía específicos para cada medida de eficiencia energética basada en estudios de casos de plantas y referencias a literatura técnica. Este estudio se basa en las experiencias con las medidas de eficiencia energética de las refinerías de petróleo en todo el mundo. Los hallazgos sugieren que, dados los recursos disponibles y la tecnología, existen oportunidades para reducir el consumo de energía de manera

rentable en la industria de refinación de petróleo, al tiempo que se mantiene la calidad de los productos fabricados. (10).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 TEORIA DE CONTROL

La teoría de control analiza cómo funcionan los sistemas y se controlan desde una perspectiva matemática. Se ocupa del control de sistemas dinámicos que operan continuamente en procesos y máquinas diseñados. El objetivo es desarrollar un modelo de control para controlar tales sistemas utilizando una acción de control de una manera óptima sin demora o sobre impulso y asegurando la estabilidad del control.

El diagrama ilustra un sistema de control en su forma más simple. La salida requerida del sistema es la referencia. Un sensor mide la salida del sistema y un controlador compara esto con la referencia para determinar las acciones necesarias para asegurar que la salida se mueva hacia el valor dado por la referencia (14). Ogata

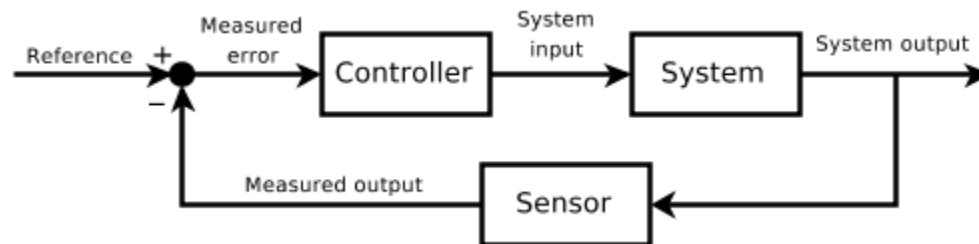


Figura 1: Sistema de control simple

Fuente: OGATA Katsuhiko. Ingeniería de control moderna Quinta edición

Esto se logra agregando un nuevo elemento, el controlador, que ajusta dinámicamente el comportamiento de uno o más elementos basados en las salidas medidas del sistema. Usamos el término sistema de destino para referirnos a los elementos que son manipulados por uno o más controladores para lograr los resultados deseados.

Los elementos de un sistema de circuito cerrado se representan en la Figura 1. A continuación, describimos estos elementos y la información, o señales, que fluyen

entre los elementos. En todo momento, el tiempo es discreto y se denota por k . Las señales son una función del tiempo.

- La entrada de referencia $r(k)$ es el valor deseado de la salida medida (o transformaciones) de ellos, como la utilización de la CPU. Por ejemplo, $r(k)$ podría ser 66%. A veces, la entrada de referencia se conoce como la salida deseada o el punto de ajuste.
- El error de control $e(k)$ es la diferencia entre la entrada de referencia y la medida salida.
- La entrada de control $u(k)$ es el ajuste de uno o más parámetros que manipulan el comportamiento del (de los) sistema (s) de destino y se puede ajustar dinámicamente.
- El controlador determina la configuración de la entrada de control necesaria para lograr la entrada de referencia. El controlador calcula los valores de la entrada de control en función de valores actuales y pasados de error de control.
- La entrada de perturbación $d(k)$ es cualquier cambio que afecta la forma en que el control la entrada influye en el resultado medido (por ejemplo, ejecutando un análisis de virus o una copia de seguridad).
- La producción medida en términos $y(k)$ es una característica mensurable del sistema de destino, como como la utilización de la CPU y el tiempo de respuesta.
- La entrada de ruido $n(k)$ cambia la salida medida producida por el sistema objetivo. Esto también se llama ruido del sensor o ruido de medición.
- El transductor transforma la salida medida para que se pueda comparar con la entrada de referencia (por ejemplo, suavizado estocástico de la salida).

En general, puede haber múltiples instancias de cualquiera de los elementos anteriores. Por ejemplo, en sistemas agrupados, puede haber múltiples equilibradores de carga (controladores) que regular las cargas en múltiples servidores (sistemas de destino).

Para ilustrar lo anterior, considere un grupo de tres Servidores web Apache. El administrador puede desear que estos sistemas funcionen a una utilización no superior al 66%, por lo que si alguno de ellos falla, los otros dos pueden absorber la carga del servidor fallido. Aquí, el resultado medido es la utilización de la CPU.

La entrada de control es el máximo número de conexiones que el servidor permite según lo especificado por MaxClients parámetro. Este parámetro se puede manipular para ajustar la utilización de la CPU. Ejemplos de las alteraciones son los cambios en las tasas de llegada y los cambios en el tipo de solicitudes (por ejemplo, de páginas estáticas a dinámicas). La teoría de control proporciona técnicas de diseño para determinar los valores de parámetros tales como MaxClients para que el sistema resultante sea estable y se instala rápidamente en respuesta a las perturbaciones. (14)

2.2.2 SISTEMA DE CONTROLES AUTOMÁTICOS:

Este control automático ejecuta una función importante tanto en el avance de la ingeniería como de la ciencia en sí; debido que el control automático se ha vuelto una parte imprescindible e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura. Por su parte los avances en la teoría y la práctica del control automático brindan los medios para obtener el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejora en la calidad y directamente el abaratamiento de costos de producción e incluso reducción de mano de obra, cuya complejidad originaria traía consecuencias en el desarrollo de técnicas dirigidas al proyecto, construcción y procedimiento; de igual manera sea cualquier tipo de control liberan de la complejidad de incontables rutinas de tareas manuales respectivas. En tal sentido, el sistema de control son sistemas dinámicos; motivo por el cual la teoría de control matemático es la base del conocimiento que proporciona lineamientos a cualquier sistema automático materia de investigación.

Un sistema de control automático es un sistema de control de bucle cerrado preajuste que no requiere operador acción. Esto supone que el proceso permanece en el rango normal para el sistema de control. Un sistema de control automático tiene asociadas dos variables de proceso: una variable controlada y una variable manipulada.

- Una variable controlada es la variable de proceso que se mantiene en un valor especificado o dentro de un rango especificado. En el ejemplo anterior, el nivel del tanque de almacenamiento es la variable controlada.
- Una variable manipulada es la variable de proceso sobre la que actúa el sistema de control para mantener la variable controlada en el valor especificado

o dentro del rango especificado. En el ejemplo anterior, la velocidad de flujo del agua suministrada al tanque es la variable manipulada

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones de cada componente de la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques.

Diagrama de bloques. Es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar la forma más realista el flujo de las señales del sistema real (14)

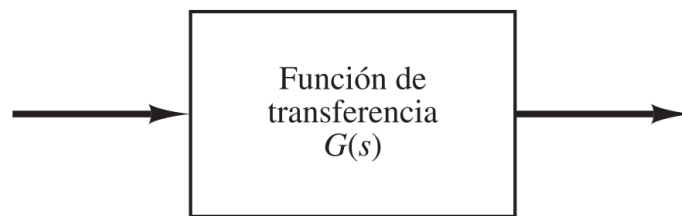


Figura 2: Equipos con sistemas de control de lazo abierto

Fuente: OGATA Katsuhiko. Ingeniería de control moderna Quinta edición

Controladores automáticos. Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control (14)

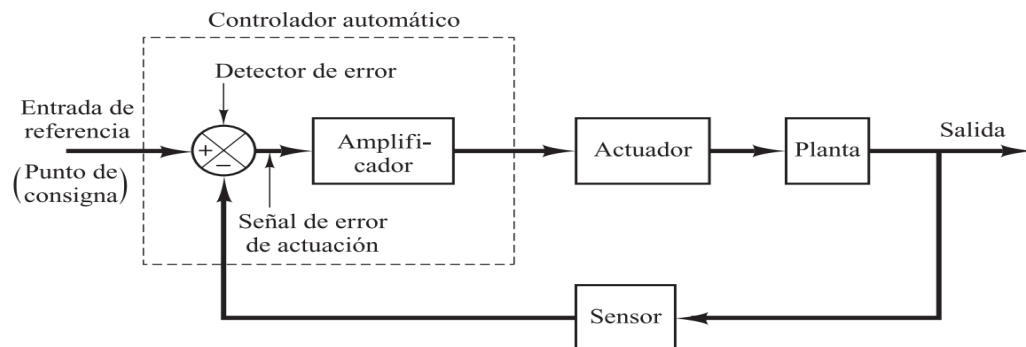


Figura 3: Diagrama de bloques de un sistema de control industrial

Fuente: OGATA Katsuhiko. Ingeniería de control moderna Quinta edición

Sistema de control en lazo abierto. Es aquel 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. El control de bucle abierto es, con mucho, el más simple de los dos tipos de teoría de control. En el control de lazo abierto, hay algún tipo de señal de entrada (digital o analógica), que luego pasa a través de amplificadores para producir la salida adecuada, y luego se pasa fuera del sistema. Los controles de bucle abierto no tienen retroalimentación y requieren que la entrada regrese a cero antes de que la salida regrese a cero. (14)

Ejemplo: Semáforo, lavadora, etc.

El principal inconveniente del control de lazo abierto es una pérdida de precisión. Sin retroalimentación, no hay garantía de que los esfuerzos de control aplicados al proceso realmente tengan el efecto deseado. Si la velocidad y la precisión son necesarias, se puede aplicar simultáneamente el control de bucle abierto y de bucle cerrado utilizando una estrategia de retroalimentación. Un controlador retroalimentador utiliza un modelo matemático del proceso para realizar sus movimientos de control iniciales como lo haría un operador experimentado. A continuación, mide los resultados de sus esfuerzos de bucle abierto y hace correcciones adicionales según sea necesario, como un controlador de retroalimentación tradicional.

La retroalimentación es particularmente útil cuando los sensores están disponibles para medir una perturbación inminente antes de que llegue al proceso. Si sus efectos futuros sobre el proceso pueden predecirse con precisión con el modelo de proceso, el controlador puede tomar acciones preventivas para contrarrestar la perturbación a medida que se produce.

Sistema de control en lazo cerrado. Es aquel en el que la acción de control está en función de la señal de salida. Estos sistemas usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control. Es decir, en el control de bucle cerrado, el sistema se autoajusta. Los datos no fluyen de una manera, pueden retroceder desde un amplificador específico (como velocidad o posición) hasta el inicio del sistema de control, diciéndole que se ajuste en consecuencia. Muchos sistemas físicos son control de lazo cerrado en el nivel más bajo puesto que los

datos sobre la velocidad y la posición actual modifica la salida (también la posición) en la tarifa constante. (14)

2.2.3 AUTOMATIZMO

Sistema que permite ejecutar una o varias acciones sin intervención manual. La automatización de una máquina o proceso productivo simple tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre de dicha labor. Se denomina automatismo al dispositivo físico que realiza esta función controlando su funcionamiento.

Automatización Industrial: La automatización industrial es el uso de sistemas de control, como computadoras o robots, y tecnologías de la información para manejar diferentes procesos y maquinarias en una industria para reemplazar a un ser humano. Es el segundo paso más allá de la mecanización en el ámbito de la industrialización.

Anteriormente, el objetivo de la automatización era aumentar la productividad (ya que los sistemas automatizados pueden funcionar las 24 horas del día) y reducir el costo asociado con los operadores humanos (es decir, salarios y beneficios). Sin embargo, hoy en día, el enfoque de la automatización se ha desplazado hacia el aumento de la calidad y la flexibilidad en un proceso de fabricación. Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo en forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico. En la actualidad, no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los controladores lógicos programables (PLCs) han intervenido en forma considerable para que este tipo de instalaciones hayan sido sustituidas por instalaciones controladas de forma programada (13)

Las ventajas de la automatización industrial es el Costo de operación más bajo: la automatización industrial elimina los costos de atención médica y las vacaciones

pagas y los días festivos asociados con un operador humano. Además, la automatización industrial no requiere otros beneficios para los empleados, como bonificaciones, cobertura de pensiones, etc. Por encima de todo, aunque se asocia con un alto costo inicial, ahorra los salarios mensuales de los trabajadores, lo que genera importantes ahorros de costos para la empresa. El costo de mantenimiento asociado con la maquinaria utilizada para la automatización industrial es menor porque a menudo no falla. Si falla, solo los ingenieros de computación y mantenimiento deben repararlo.

- **Alta productividad.-** Aunque muchas empresas contratan a cientos de trabajadores de producción para un máximo de tres turnos para que funcionen la planta durante el mayor número de horas, la planta aún debe cerrarse por mantenimiento y vacaciones. La automatización industrial cumple con el objetivo de la empresa al permitir a la empresa operar una planta de fabricación durante 24 horas en un día, 7 días a la semana y 365 días al año. Esto conduce a una mejora significativa en la productividad de la empresa.
- **Alta calidad.-** La automatización alivia el error asociado con un ser humano. Además, a diferencia de los seres humanos, los robots no implican ningún tipo de fatiga, lo que da como resultado productos de calidad uniforme fabricados en diferentes momentos.
- **Alta flexibilidad.-** Agregar una nueva tarea en la línea de ensamblaje requiere entrenamiento con un operador humano, sin embargo, los robots pueden programarse para realizar cualquier tarea. Esto hace que el proceso de fabricación sea más flexible.
- **Alta precisión.-** de información.- Agregar una recopilación de datos automatizada puede permitirle recopilar información clave de producción, mejorar la precisión de los datos y reducir los costos de recopilación de datos. Esto le proporciona los hechos para tomar las decisiones correctas cuando se trata de reducir el desperdicio y mejorar sus procesos.
- **Alta seguridad.-** La automatización industrial puede hacer que la línea de producción sea segura para los empleados mediante el despliegue de robots para manejar condiciones peligrosas.

Sin embargo también existe una gran desventaja como lo es, alto costo inicial; la inversión inicial asociada con hacer el cambio de una línea de producción humana a una línea de producción automática es muy alta. Además, los costos sustanciales están involucrados en la capacitación de los empleados para manejar este nuevo equipo sofisticado.

NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN

La automatización industrial es una disciplina de la ingeniería encargada de controlar máquinas o procesos industriales de forma óptima, mejorando la calidad del producto y su productividad.

Los sistemas de automatización pueden ser divididos en distintos niveles, conformando la pirámide de la automatización.

- **Nivel de Campo:** Es el nivel inferior donde podemos encontrar actuadores lineales o rotativos, válvula de proceso, sensores, motores eléctricos, etc.
- **Nivel de control:** en este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, variadores de frecuencia, servo drive, etc. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todo los dispositivos de campo.
- **Nivel de supervisión:** Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el nivel de control. De esta forma, se puede controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. Incluye PLC maestros y sistema SCADA.
- **Nivel de gestión:** Este nivel más alto y el que se encarga de controlar toda la planta. En este nivel también se puede vincular nuestra planta con sistemas de control y monitoreo externos. Contiene PLC industriales.(8)



Figura 4: Modelo piramidal integrado de un sistema de automatización

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos103/introduccion-automatizacion/img10.png>

2.2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Según NEMA (Asociación Americana de Fabricantes de Productos Eléctricos)

Un aparato electrónico digital que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, como lógicas, de secuencia, de temporización, conteo y aritméticas, para controlar, a través de módulos de entrada y/o salida, digitales y/o analógicos, varios tipos de máquinas y de procesos (4)

Es un dispositivo de control industrial de estado sólido que recibe señales de dispositivos controlados por el usuario, como sensores y conmutadores, las implementa en un patrón preciso determinado por el progreso de la aplicación basada en diagrama de escalera almacenado en la memoria del usuario; proporciona salidas para el control de procesos o dispositivos suministrados por el usuario, tales como relés o arrancadores de motor.

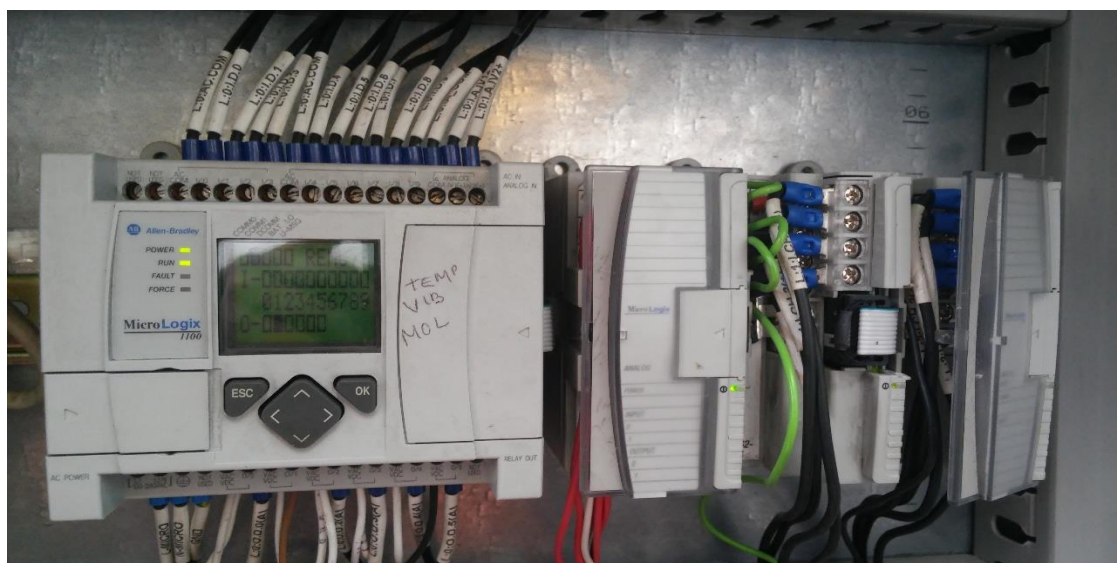
Básicamente, se trata de una interfaz eléctrica / electrónica programable de estado sólido que puede manipular, ejecutar y / o supervisar, a un ritmo muy rápido, el estado de un proceso o sistema de comunicación. Opera sobre la base de datos programables contenidos en un sistema integral basado en microprocesador.

Un PLC puede recibir (ingresar) y transmitir (emitir) varios tipos de señales eléctricas y electrónicas y puede controlar y monitorear prácticamente cualquier tipo de sistema mecánico y / o eléctrico. Por lo tanto, tiene una enorme flexibilidad para interactuar con computadoras, máquinas y muchos otros sistemas o dispositivos periféricos.

Por lo general, está programado en lógica de escalera de relé y está diseñado para funcionar en un entorno industrial.

Es un equipo electrónico e inteligente. Consta de unidades o módulos que cumplen funciones específicas, las que permiten recibir información de todos los sensores y comandar todos los controladores del sistema, estos equipos tienen las siguientes ventajas: (4)

- Velocidad y Confiabilidad
- De tamaño reducido
- Modularidad y Flexibilidad
- Facilidad de programación



Fotografía 1: PLC Micrologix 1100 de Rockwell plataforma actual en la automatización

Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

ARQUITECTURA DEL PLC

En el hardware del PLC se refiere a la arquitectura interna y externa de éste. Cuando hablamos del hardware nos referimos a la parte física y circuitería electrónica de que está constituido en PLC.

La arquitectura básica de un PLC consta de los componentes principales: el módulo del procesador, la fuente de alimentación y los módulos de E / S. El módulo del procesador consta de la unidad de procesamiento central (CPU) y la memoria. Además de un microprocesador, la CPU también contiene al menos una interfaz para un dispositivo de programación y puede contener interfaces para E / S remotas y otras redes de comunicación. La fuente de alimentación suele ser un módulo separado, y los módulos de E / S están separados del procesador. Los tipos de módulos de E / S incluyen módulos discretos (encendido / apagado), analógicos (variables continuas) y especiales, como control de movimiento o contadores de alta velocidad. Los dispositivos de campo están conectados a los módulos de E / S.

Según la cantidad de E / S y el procesador del PLC en particular, los módulos de E / S pueden estar en el mismo chasis que el procesador y / o en uno o más chasis. Hasta finales de la década de 1980, los módulos de E / S en un sistema PLC típico se encontraban en un chasis separado del procesador del PLC. En el PLC actual más típico, algunos de los módulos de E / S están presentes en el chasis que contiene el procesador. Algunos sistemas PLC permiten más de un procesador en el mismo chasis. Los PLC más pequeños a menudo se montan en un riel DIN. Los PLC más pequeños (a menudo llamados micro-PLC o nano-PLC) incluyen la fuente de alimentación, el procesador y todas las E / S en un solo paquete. Algunos micro-PLC contienen un panel de interfaz de operador incorporado. Para muchos micro-PLC, la cantidad de E / S es limitada y no ampliable. (4)

ARQUITECTURA INTERNA DE PLC

Todo controlador programable se puede dividir en cuatro bloques o elementos principales, en que se ordena su conjunto físico o hardware, y las funciones de cada una de ellas.

- **CPU o unidad de procesamiento central:** La CPU es el cerebro del PLC. Recibe los datos de entrada, realiza decisiones lógicas basadas en el

programa de usuario y energiza las salidas de acuerdo con ello. La CPU está basada principalmente en un microprocesador o microcontrolador.

- **Dispositivo de programación:** es la plataforma donde se escribe el programa o la lógica de control. La memoria del procesador almacena el programa del usuario, los datos de entrada/salida, los valores de los temporizadores y contadores, y cualesquiera constantes de control del programa.

Memoria: está dividida en memoria de datos y la memoria del programa. La información del programa o la lógica de control se almacenan en la memoria del usuario o en la memoria del programa desde donde la CPU busca las instrucciones del programa. Las señales de entrada y salida y las señales de temporizador y contador se almacenan en la memoria de imagen externa de entrada y salida, respectivamente.

- **Sección de entrada / salida:** la sección de entrada o módulo de entrada consta de dispositivos como sensores, interruptores y muchas otras fuentes de entrada del mundo real. La entrada de las fuentes está conectada al PLC a través de los rieles del conector de entrada. La sección de salida o módulo de salida puede ser un motor o un solenoide o una lámpara o un calentador, cuyo funcionamiento se controla variando las señales de entrada.
- **Fuente de alimentación:** generalmente funciona con una fuente de alimentación de unos 24 V, que se utiliza para alimentar dispositivos de entrada y salida. (4)

ARQUITECTURA ESTERNA DE PLC

Se refiere a su aspecto físico exterior. Desde su aparición y hasta hoy, han sido muchas y diferentes las arquitecturas que han salido al mercado, esto se debe a que cada fabricante ofrece diferentes modelos. Estos fabricantes los podemos dividir en americanos y europeos. Las arquitecturas exteriores las podemos clasificar en:

A. PLC COMPACTA.

Presenta en un solo módulo o bloque todo sus componentes funcionales: fuente de alimentación, procesador, entradas y salidas. Este tipo de arquitectura lo constituyen los PLC pequeños.

B. PLC MODULAR.

Se divide en módulos o tarjetas que realizan funciones específicas y que van colocadas en ranuras o slots dentro de un gabinete o rack. Se clasifican en arquitectura americana y europea. (14)

SEÑALES UTILIZADAS POR LOS PLCs

El sistema de entrada /salida (E/S) comprende la selección de interfaz de un PLC. En la mayoría de los PLC, el sistema de E/S es el componente más grande, con excepción del proceso o equipo mecánico que se está controlando. La estructura de E/S es la interfaz entre dispositivos de campo y el control lógico programado en la memoria del PLC.

A. SEÑAL DIGITAL O DISCRETA

Las señales discretas son señales que están activadas o desactivadas, verdaderas o falsas. Piensa en un interruptor de luz en tu casa. El interruptor enciende la luz o la apaga, a menos que sea un tubo fluorescente; entonces, es probable que todavía esté parpadeando. Debido a que existen señales discretas en uno de estos dos estados, se representan con una onda cuadrada como se ve a continuación.

B. SEÑAL ANALÓGICA

Las señales analógicas son señales que pueden variar o cambiar. Son afirmaciones que muestran cómo la variación en las señales analógicas, como la temperatura, el sonido y la luz, puede afectar nuestros sentidos. Volver al ejemplo del interruptor de luz; instalemos ahora un poco de iluminación ambiental en nuestra casa. En lugar del interruptor regular de encendido / apagado, vamos a usar un interruptor de atenuación. El atenuador de luz variará la resistencia en la línea, haciendo que la luz se atenúe o aclare según lo que elija. Los nuevos reguladores de intensidad han avanzado para ser más

eficientes, pero en este ejemplo vamos a ir a la vieja escuela. El voltaje suministrado a la luz no será un nivel constante, sino que cambiará entre los límites superior e inferior. Esto usualmente es representado por una onda sinusoidal. (4)

COMUNICACIÓN ETHERNET PARA PLC

Ethernet se ha convertido en el estándar dominante para la capa física de muchos protocolos industriales como Ethernet / IP, Ethernet TCP / IP, Modbus TCP / IP y Profinet. Y a diferencia de los protocolos serie, múltiples protocolos Ethernet pueden ejecutarse en la misma capa física de Ethernet.

Al usar Ethernet, no es demasiado difícil interconectar varios dispositivos como PLC, HMI, E / S de campo y bancos de válvulas. Además, la comunicación permanece rápida mientras se habla con varios dispositivos diferentes en el mismo cable, debido a la alta velocidad de Ethernet en comparación con las redes seriales más antiguas. (15)

La capa física de hoy día se está moviendo a Ethernet para la mayoría de las comunicaciones del sistema de control. El cableado, los conectores y los conmutadores administrados o no administrados ahora son estándar, con una amplia variedad de dispositivos capaces de conectarse al hardware Ethernet y las tecnologías de red estándar de la industria.

La mayoría de los usuarios solo necesitan interactuar con la capa física de Ethernet, conectando los cables y dejando que los protocolos se preocupen por la comunicación libre de errores.

Los protocolos Ethernet industriales populares como Ethernet / IP y una infraestructura de red común permiten datos y comunicaciones consistentes desde HMI y PC de escritorio en el nivel de información, a través de los PLC, HMI, servo controladores y unidades en el nivel de control, al nivel del dispositivo distribuido. / O y componentes de campo.

Y, por supuesto, Ethernet es el portal de Internet que permite que un PLC se comunique en todo el mundo. Algunos PLC tienen una función de servidor web incorporada, lo que permite el acceso desde cualquier navegador web.

La prevalencia de la comunicación Ethernet en la automatización industrial podría resultar en protocolos de comunicación aún más estandarizados en el futuro cercano. Pero por ahora, si su sistema es simple, un protocolo propietario puede ser la mejor solución. Cuando los requisitos crecen en términos de velocidad, conectividad o expansión, un protocolo Ethernet puede ser el camino a seguir.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un PLC funciona cíclicamente, desde la ejecución del programa a través del lenguaje de programación RSLOGIX 500 y 5000 para luego cargar en el CPU. Procesa, ejecuta mediante E/S.

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El standard internacional IEC 61131 define los siguientes lenguajes de programación para PLC:

- Diagrama de contactos o Lógica de Escalera (Ladder Logic)
- Listado de instrucciones
- Diagrama de funciones
- Texto estructurado

No obstante, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son: el listado de instrucciones y el esquema de contactos o Ladder Logic.

DIAGRAMA DE CONTACTOS O LÓGICA DE ESCALERA

Es un lenguaje de programación gráfico muy popular, ya que está basado en los clásicos esquemas de control eléctricos con relés. De este modo, es muy fácil de entender para un técnico eléctrico.

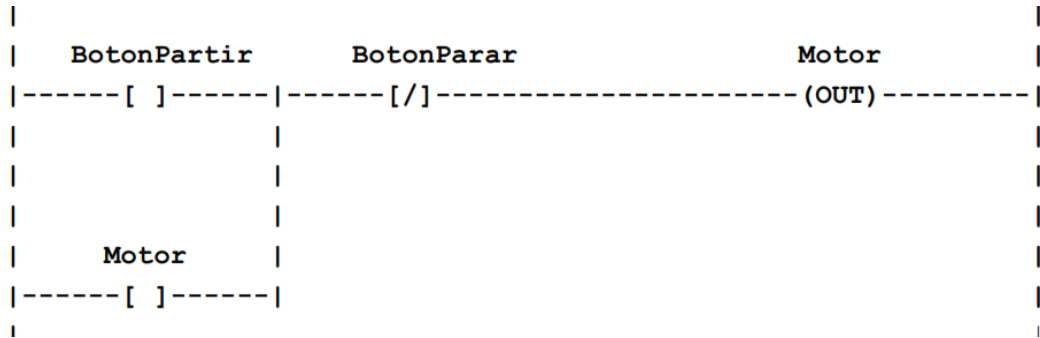


Figura 5: Diagrama de Ladder logic

Fuente: Programación de controladores lógicos

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Programación_de_controladores_lógicos_%28PLC%29.pdf

El uso y aplicación del PLC Micrologix 1100 dentro de las instalaciones de la empresa es un estándar por tener licencia de los programas de software.

2.2.5 SIMULADOR Y SOFTWARE

RSLOGIX 500 Y 5000

La familia de software de programación de lógica en escalera RSLogix fue actualizada para optimizar el desarrollo de proyectos de automatización industrial, ahorrando tiempo en el desarrollo del proyecto. Este software ha sido elaborado para trabajar con el sistema operativo Microsoft Windows 95 o NT.

La familia RSLogix de paquetes de programación de lógica de escalera compatibles con IEC-1131 lo ayuda a maximizar el rendimiento, ahorrar tiempo de desarrollo del proyecto y mejorar la productividad. Esta familia de productos ha sido desarrollada para operar en sistemas operativos Microsoft Windows. Al ser compatible con las familias de procesadores Allen-Bradley SLC 500 y MicroLogix, RSLogix 500 fue el primer software de programación PLC en ofrecer una productividad inmejorable con una interfaz de usuario líder en la industria.

El paquete de programación RSLogix 500 es compatible con programas creados con paquetes de programación basados en DOS de Rockwell Software para las

familias de procesadores SLC 500 y Micrologix, lo que hace que el mantenimiento de programas en plataformas de hardware sea conveniente y fácil.

Ejecuta el programa RSLogix que se encuentra en Inicio>Programa>Rockwell Software> RSLogix 500 English. (15)

El software y simulador aplicada para el desarrollo del control de tiempos de arranque y parada del ventilador en hora punta de 18:30h a 20:00h cumpliendo parámetros de seguridad para el arranque del equipo. Permite el análisis y cumplimiento de lo establecido para la automatización del ventilador, por tanto se demuestra el circuito de control funciona y pueda ser aplicado.

CADe SIMU

Es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación. Por medio de la interface CAD el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema, por medio de la simulación, se puede verificar el correcto funcionamiento. (11)

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el simulador CADe SIMU el cual demuestra el funcionamiento del circuito de fuerza y mando de modo local, cumpliendo con lo establecido en el diagrama eléctrico para la automatización del ventilador de 250HP.

2.2.6 ANALIZADOR DE REDES

Instrumento de medición eléctrica que mide con gran precisión la corriente continua, la corriente alterna, la intensidad de corriente DC, la intensidad de corriente AC y la potencia. El resultado de la medición de la potencia AC se considera como el valor real. Durante la medición de la potencia la polaridad cambia automáticamente, si se producen valores de medición negativos aparecerá un símbolo menos en el indicador de los analizadores de redes eléctricas. Estos analizadores de redes eléctricas cuentan también con muchas propiedades (entrada de corriente aislada, medición de armónicos, intensidad de conexión, medición de potencia, etc.) (12)

Para la obtención de registro de potencia se utilizó el analizador de redes Power Q4 de marca Metrel el cual permitió obtener datos reales de operación actual del ventilador de 250HP. Los datos obtenidos son comparados con la condición de parada del equipo en hora punta, así evidenciando el ahorro de energía.

2.2.7 VENTILADOR

Un ventilador es una máquina utilizada para crear flujo dentro de un fluido, típicamente un gas como el aire. El ventilador consiste en una disposición giratoria de paletas o cuchillas que actúan sobre el fluido. El conjunto giratorio de las cuchillas y el cubo se conoce como un impulsor, un rotor o un corredor. Usualmente, está contenido dentro de alguna forma de vivienda o caja. Esto puede dirigir el flujo de aire o aumentar la seguridad al evitar que los objetos entren en contacto con las aspas del ventilador. La mayoría de los ventiladores funcionan con motores eléctricos, pero se pueden usar otras fuentes de energía, como motores hidráulicos, manivelas y motores de combustión interna.

Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos. (16)

VENTILACIÓN

La ventilación es el proceso por el cual se proporciona intencionalmente aire "limpio" (normalmente aire exterior) a un espacio y se elimina el aire viciado. Esto puede lograrse por medios naturales o mecánicos.

La Infiltración de aire y ex filtración: Además de la ventilación intencional, el aire entra inevitablemente en un espacio por el proceso de "infiltración de aire". Este es el flujo incontrolado de aire en un espacio a través de brechas y grietas accidentales o no intencionales en la envoltura del edificio. La pérdida de aire correspondiente de un espacio cerrado se denomina 'ex filtración'. La tasa de infiltración de aire depende de la porosidad de la capa exterior del edificio y de la magnitud de las fuerzas impulsoras naturales del viento y la temperatura. Los respiraderos y otras aberturas incorporadas en un lugar como parte del diseño de ventilación también pueden convertirse en rutas para el flujo de aire involuntario cuando las presiones que actúan a través de dichas aberturas están dominadas por las condiciones climáticas en lugar de fuerzas motrices inducidas intencionalmente (por ejemplo,

mecánicamente). La infiltración de aire no solo aumenta la cantidad de aire que entra al edificio, sino que también puede distorsionar el patrón de flujo de aire deseado en detrimento de la calidad y la comodidad del aire interior total. Aunque la magnitud de la infiltración de aire puede ser considerable, el diseñador suele ignorarla. Las consecuencias son un rendimiento inferior, un consumo excesivo de energía, una incapacidad para proporcionar un calentamiento (o enfriamiento) adecuado y un rendimiento drásticamente deteriorado de los dispositivos de recuperación de calor. Algunos países han introducido una incapacidad para proporcionar un calentamiento (o enfriamiento) adecuado y un rendimiento drásticamente deteriorado de los dispositivos de recuperación de calor. Algunos países han introducido estándares de hermeticidad para limitar las pérdidas por infiltración (16).

Según el decreto supremo N° 024-2016-EM, se decreta que dentro de la actividad minera el titular de la misma velará por el suministro de aire limpio a los colaboradores de trabajo de acuerdo a necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que puedan afectar a la salud del trabajador, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de diecinueve punto cinco por ciento (19.5%) de oxígeno. Así mismo el artículo 247 refiere que en los lugares de trabajo de las minas ubicadas sobre los, 4000 msnm, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de seis metros cúbicos por minuto (6m³/min). Es decir, en ningún caso la velocidad de aire será menor a veinte metros por minuto (20m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250m/min) en las labores de explotación, incluyendo el desarrollo y preparación (17).

MÁQUINA ELÉCTRICAS

Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular la ley de Faraday.

Es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica o viceversa. **Las máquinas eléctricas** también incluyen transformadores, que en

realidad no hacen la conversión entre la forma mecánica y eléctrica, pero convierten la corriente alterna de un nivel de voltaje a otro nivel de voltaje.

Las máquinas eléctricas se caracterizan por tener circuitos eléctricos y magnéticos entrelazados. Durante todo el proceso histórico de su desarrollo desempeñaron un papel rector, que determinaba el movimiento de toda la ingeniería eléctrica, merced a su aplicación en los campos de la generación, transporte, distribución y utilización de la energía eléctrica. Las máquinas eléctricas realizan una conversión de energía de una forma a otra, una de las cuales, al menos, es eléctrica. En base a este punto de vista, estrictamente energético, es posible clasificarlas en tres tipos fundamentales (18).

MOTOR ELÉCTRICO

Convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Cuando un conductor portador de corriente se coloca en un campo magnético, el conductor experimenta una fuerza mecánica y este es el principio detrás de la acción del motor.

Al igual que los generadores, los motores también constan de dos partes básicas, estator y rotor. En un motor, proporcionamos suministro eléctrico tanto al estator como a los devanados del rotor, lo que causa una fuerza mecánica entre el estator y el rotor. Esta fuerza hace que el rotor gire.

En consecuencia, el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente (18). ***La potencia asignada es la potencia mecánica expresada en vatios (W).***

2.2.8 ARRANCADOR ELECTRÓNICO (SOFT STARTER)

Un arrancador suave es un dispositivo que enciende los motores con una potencia reducida suministrada durante la puesta en marcha. La reducción de la potencia reduce los daños eléctricos y mecánicos potencialmente dañinos en el sistema.

Como su nombre lo indica, los arrancadores "encienden" los motores. También pueden detenerlos, invertirlos, acelerarlos y protegerlos. Ya se trate de un pequeño ventilador, o una pieza de equipo de minería, el motor eléctrico a menudo es la fuerza impulsora detrás de ellos.

Los arrancadores suaves son una combinación de un controlador y una protección de sobrecarga.

- **CONTROLADORES:** enciende y apaga la corriente eléctrica del motor. Un contactor es un controlador que está controlado por un electroimán.
- **PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA:** protege un motor contra el exceso de corriente y la "quema" por sobrecalentamiento. El relé de sobrecarga es la protección de sobrecarga del motor utilizada en los arrancadores suaves. Limita el tiempo que se toma la corriente de sobrecarga y protege el motor contra el sobrecalentamiento.

Los arrancadores suaves colocan un dispositivo llamado arrancador de voltaje reducido, o arrancador suave, entre el motor y la línea de servicio entrante para regular la cantidad de corriente alimentada al motor. Los Arrancadores suaves permiten que el motor de inducción de CA se acelere en menor, lo que resulta en menos consumo de corriente que con un arrancador de motor tradicional. Debido a la disminución de la tensión, el par también se reduce, lo que da como resultado un arranque suave o fácil. Los Arrancadores suaves se utilizan en todos los tipos de motores de CA y CC. Son más comúnmente utilizados con el motor de inducción de jaula de ardilla de CA debido a su simplicidad, robustez y fiabilidad. (19)

El avance de la electrónica permitió la creación de la llave de arranque a estado sólido, la cual consiste en un conjunto de pares de tiristores (SCR) (o combinaciones de tiristores/diodos), uno en cada borne de potencia del motor. El ángulo de disparo de cada par de tiristores es controlado electrónicamente para aplicar una tensión variable a los terminales del motor durante la aceleración. Al final del periodo de arranque, ajustable típicamente entre 2 a 30 segundos, la tensión alcanza su valor pleno tras una aceleración suave o una rampa ascendente, en vez de ser sometido a incrementos o saltos repentinos. Con eso, se logra mantener la corriente de arranque (en la línea) próxima de la nominal y con una suave variación. Además de la ventaja del control de la tensión (corriente) durante el arranque, la llave electrónica presenta, también, la ventaja de no poseer partes móviles o que generan arco, como en las llaves mecánicas. Este es uno de los puntos fuertes de las llaves electrónicas, ya que su vida útil se torna larga (20).

Describiremos el tiristor que compone al soft starter.

RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR)

Rectificador controlado de silicio (por su sigla en inglés; Silicon controlled rectifier) como su nombre lo indica, es un diodo rectificador conformado por cuatro capas de materiales semiconductores y tres uniones PN que, además de un ánodo (A) y un cátodo (C o K), posee un terminal extra para fines de control llamado compuerta o gate (G) (21)

Símbolo, estructura interna y circuito equivalente.

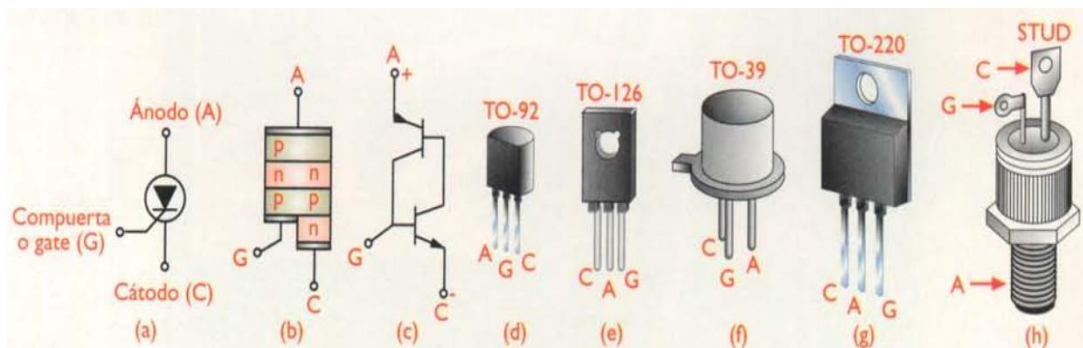


Figura 6: Símbolo, estructura interna, circuitos equivalentes y encapsulados

Fuente: Curso fácil de electrónica básica CEKIT S.A.

Funcionamiento. Los SCR son esencialmente diodos rectificadores y se comportan de la misma forma, excepto que, cuando están directamente polarizados, requieren la aplicación de una corriente en la compuerta (I_g) para realizar su acción básica. En otras palabras, deben ser disparados por una señal de control. Una vez disparado, un SCR entra en conducción, comportándose como interruptor cerrado (21).

Curvas características de un SCR. El comportamiento general de un SCR se puede representar gráficamente mediante una familia de curvas características, cada una asociada a una corriente de compuerta (I_g). Sobre el eje vertical se indica la corriente de ánodo (I_a) y sobre el eje horizontal el voltaje entre ánodo y cátodo (VAC). En cada curva característica se pueden distinguir las siguientes regiones:

- A. Región de bloqueo directo.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en estado de bloqueo directo, es decir, con el ánodo positivo respecto al cátodo y sin corriente de compuerta aplicada.

- B. Región de encendido.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en condiciones de disparo, es decir, después de aplicar una corriente de compuerta ($I_g > 0$). Note que hay una región de resistencia negativa en la cual el VAC disminuye rápidamente hasta estabilizarse en un valor muy bajo V_t , ligeramente superior a 0.6V
- C. Región de bloqueo inverso.** Se refiere a las condiciones de corriente y voltaje sobre el dispositivo en estado de bloqueo inverso, es decir con el ánodo negativo respecto al cátodo y con o sin corriente de compuerta aplicada (21)

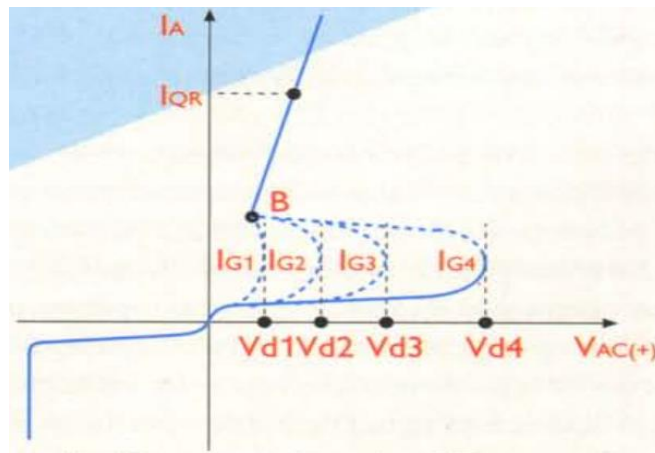


Figura 7: Curva característica de un SCR

Fuente: Curso fácil de electrónica básica CEKIT S.A.

Formas de onda SCR. Los términos más utilizados para describir el funcionamiento de un SCR son el *ángulo de conducción* y el *ángulo de retardo de encendido*.

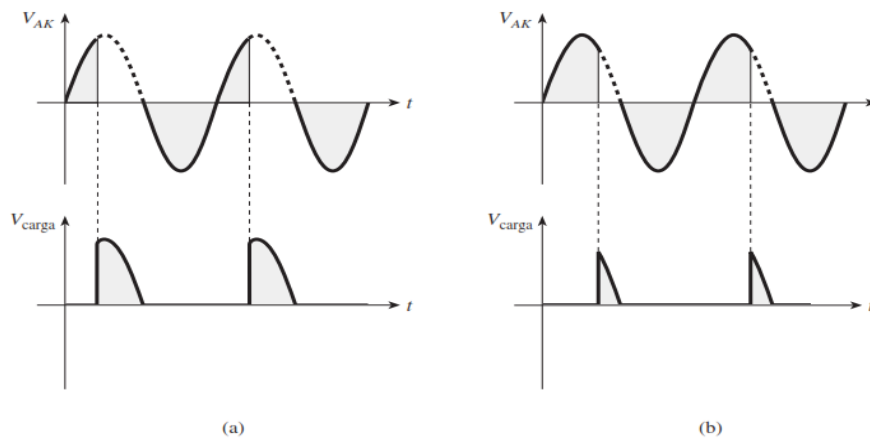


Figura 8: Formas de onda para circuito SCR, dos diferentes ángulos de retardo

Fuente: THIMOTY Maloney. Electrónica industrial moderna.

Esquema de bloques del sistema de potencia

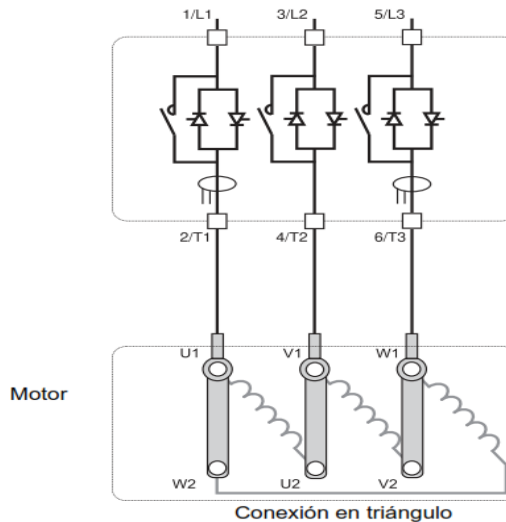


Figura 9: Esquema de bloques de la parte de alimentación del Altistart 48

Fuente: Soft Starter altistart 48 de shneider. Extraído de

<http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

COMPONETES ELÉCTRICOS

- A. Interruptor termomagnético:** Dispositivo de protección de circuitos eléctricos que actúa ante dos distintos tipos de eventos, TERMICA (actúa ante sobrecarga del circuito) y MAGNETICA (actúa ante un cortocircuito). Cuya función será el de apertura y cerrar el paso de la corriente eléctrica en la etapa de potencia.
- B. Contactador.** Dispositivo con mecanismo de cerrar contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos. La cual permite controlar el circuito de fuerza en el arrancador eléctrico.
- C. Relé de protección.** Dispositivo para proteger el motor eléctrico contra sobrecargas débiles y prolongadas. Garantiza la durabilidad del motor evitando el funcionamiento en condiciones de calentamiento en el bobinado, manteniendo la continuidad de operación.

CURVA DE CORRIENTE Y PAR EN COMPARACIÓN A LOS ARRANCADORES DIRECTO Y ESTRELLA DELTA

Gráficas que se muestran las diferencias básicas entre el arranque directo a línea (DOL, por sus siglas en inglés), el arranque estrella-triángulo y el arranque suave, atendiendo a las variables tensión del motor (V), intensidad (I) y par del motor (T) (20).

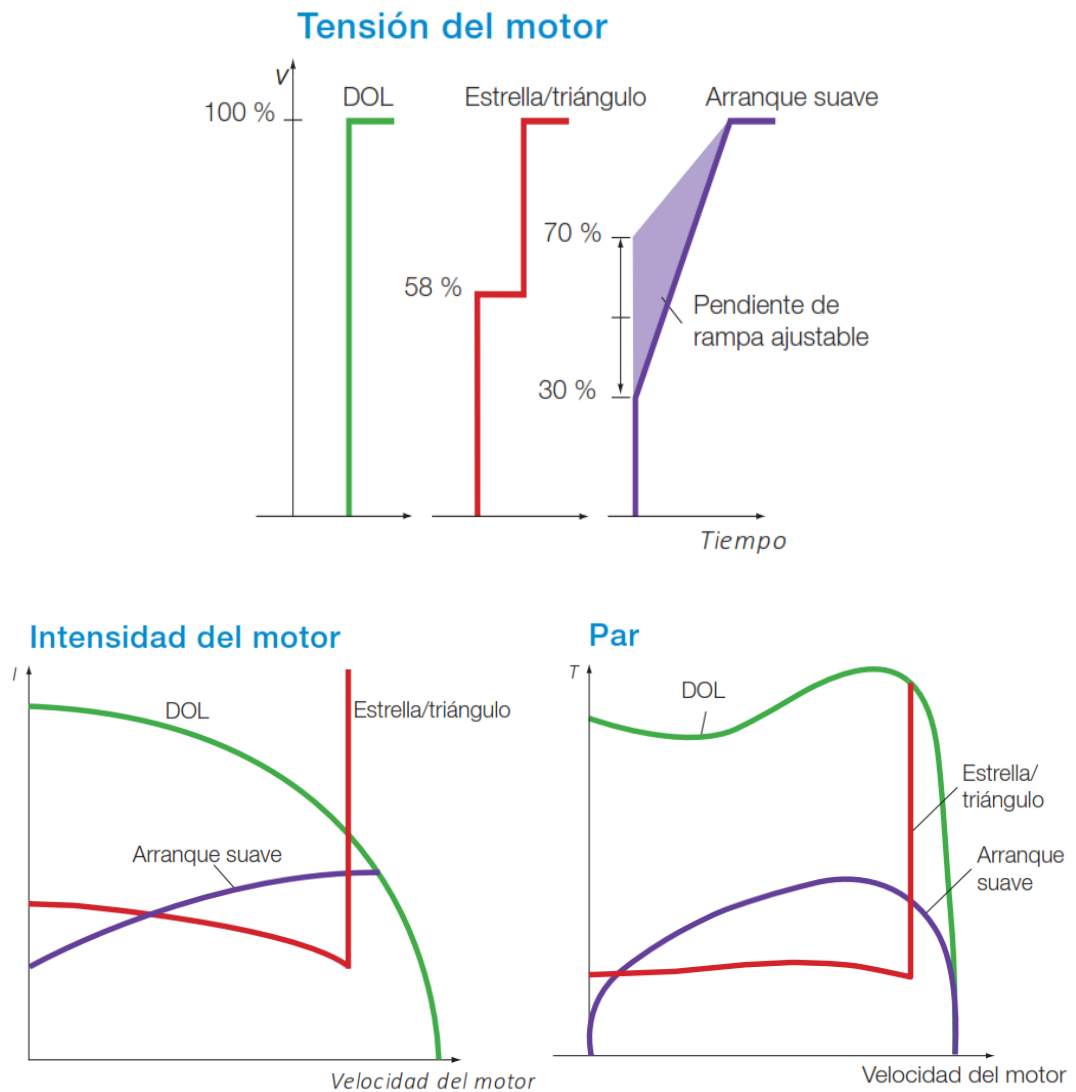


Figura 10: Curvas de tensión, corriente y par de motor

Fuente: Catálogo de arrancadores suaves ABB. Extraído de <https://library.e.abb.com/public/71098f33c3f41d0cc1256d89003dff30/1SFC132003M0701.pdf>

2.2.9 SISTEMA DE PROTECCIÓN

PUESTA A TIERRA

Según CNE Utilización puesta a tierra: Está definido como el camino conductivo permanente y continuo con capacidad suficiente para conducir a tierra cualquier corriente de falla probable que le sea impuesta por diseño, de impedancia suficientemente baja para limitar la elevación de tensión sobre el terreno y facilitar la operación de los dispositivos de protección en el circuito (22)

Según CNE Suministro: la puesta a tierra con un solo electrodo convendrá tener una resistencia que no exceda 25ohms. Si la resistencia con un solo electrodo excede 25ohms, deberán manipular otros métodos de puesta a tierra que accedan desempeñar con esta exigencia, y en este sentido, para circuitos de equipos electrónicos se puede hacer uso de un valor máximo de resistencia de puesta a tierra de 10ohms (22)

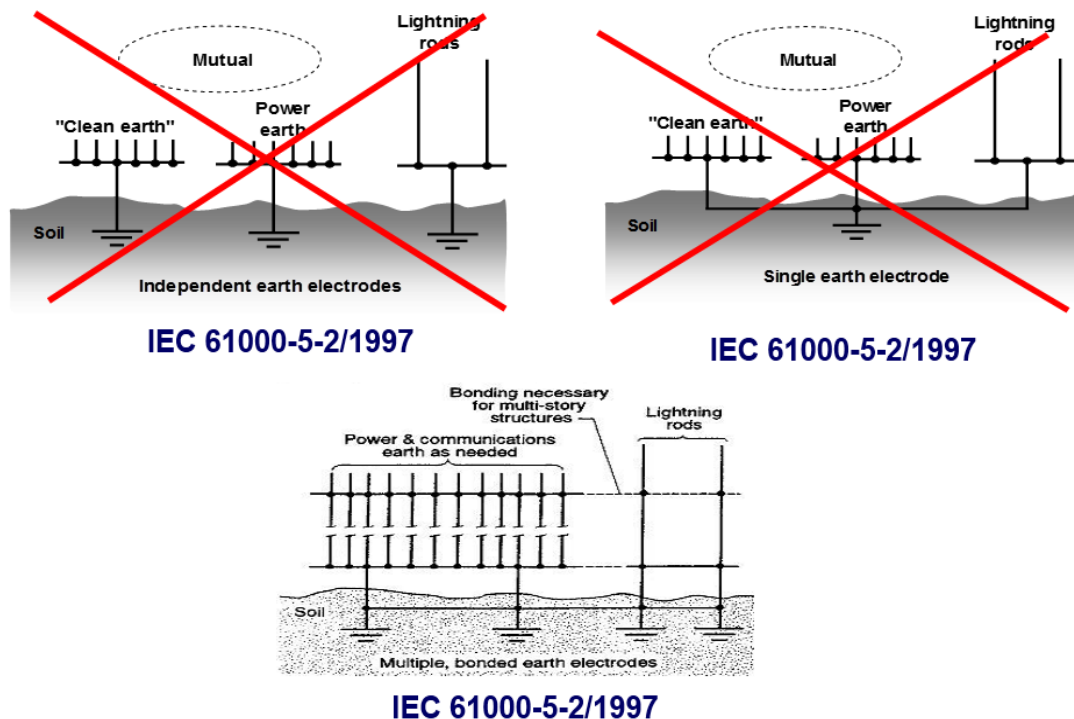


Figura 11: Correcta instalación de equipos a puesta tierra

Fuente: Norma IEC 61000-5-2/1997

DISPOSITIVO PROTECTOR CONTRA SOBRETENSIONES (DPS)

Módulo planteado para delimitar sobretensiones transitorias y regulares de los flujos de corriente originados por rayos y maniobras en la red. Radica en al menos un componente no lineal.

Debe cumplir con el estándar europeo EN 61643-11.

Categorías	U _n		Ejemplos
	230 /400 V	400 /690 V	
I	1500 V	2500 V	Equipos con circuitos electrónicos especialmente sensibles: - ordenadores de estaciones de trabajo, ordenadores, TV, HiFi, vídeo, alarmas, etc; - electrodomésticos con programadores electrónicos, etc.
II	2500 V	4000 V	Electrodomésticos con programadores mecánicos, herramientas
III	4000 V	6000 V	Cuadros de distribución, conmutadores (interruptores, aislantes, bases de conexión, etc.), conductos y sus accesorios (cables, barras de conexión, cajas de conexión, etc.)
IV	6000 V	8000 V	Equipos para uso industrial y otros equipos como motores conectados permanentemente a la red, Contadores, equipos de protección contra sobrecarga, dispositivos de medición remotos, etc.

Figura 12: Tabla tolerancia de equipos en categorías

Fuente: Norma IEC 60364-4-44, IEC 60664-1

2.3 ESTRUCTURA EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación busca responder al plan de eficiencia energética en CIA.VOLCAN propuesto en las distintas áreas de la corporación. Para la implementación se ha empezado con el diseño en el diagrama de fuerza y control dibujado en AutoCAD, siendo simulado en CAdE SIMU y RSLogix para luego calcular los componentes eléctricos principales a ser empleados finalizando con programación del soft starter y relé de protección del motor eléctrico.

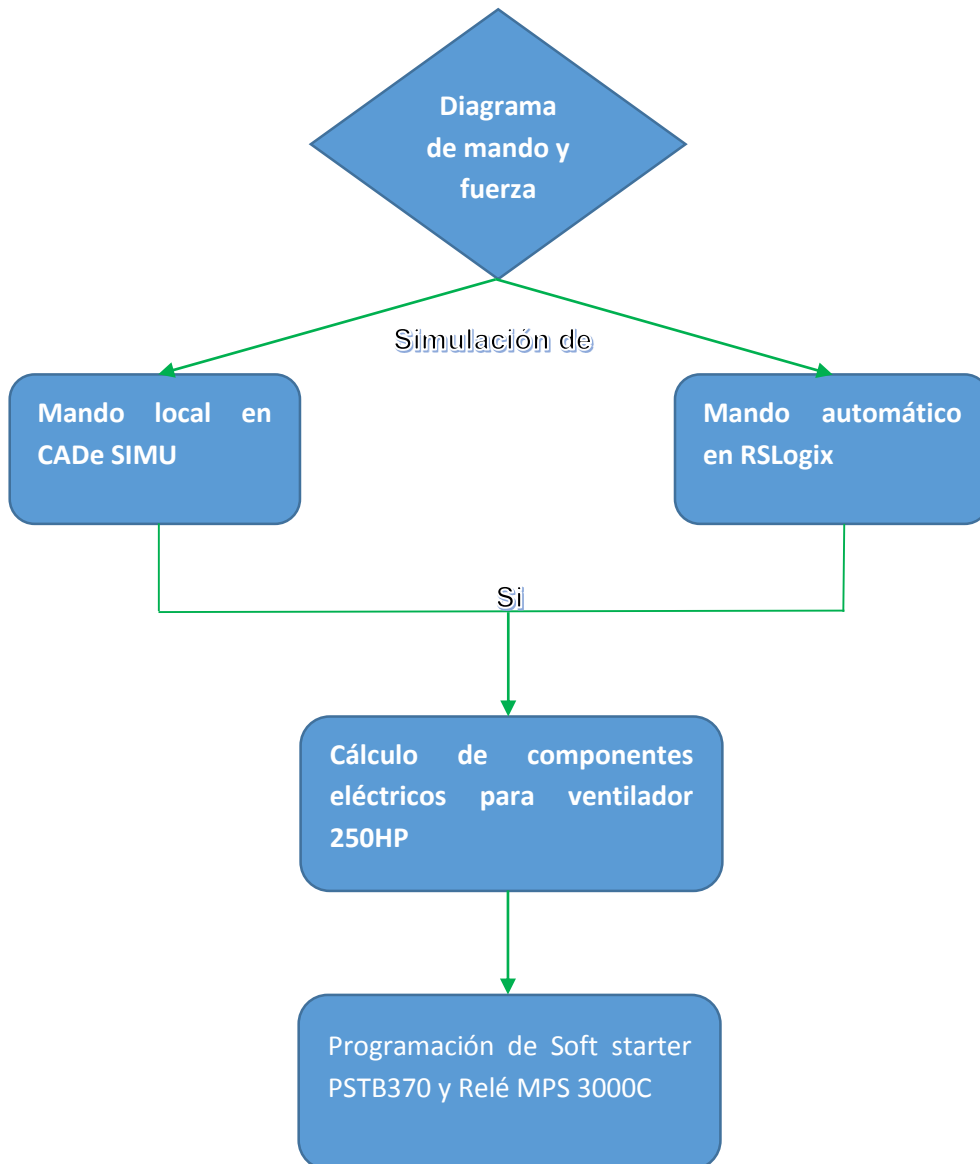


Figura 13: Flujo grama de la investigación

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 DIAGRAMA ELÉCTRICO

Para aplicar la implementación del sistema automático se inició en un plano eléctrico para luego simular.

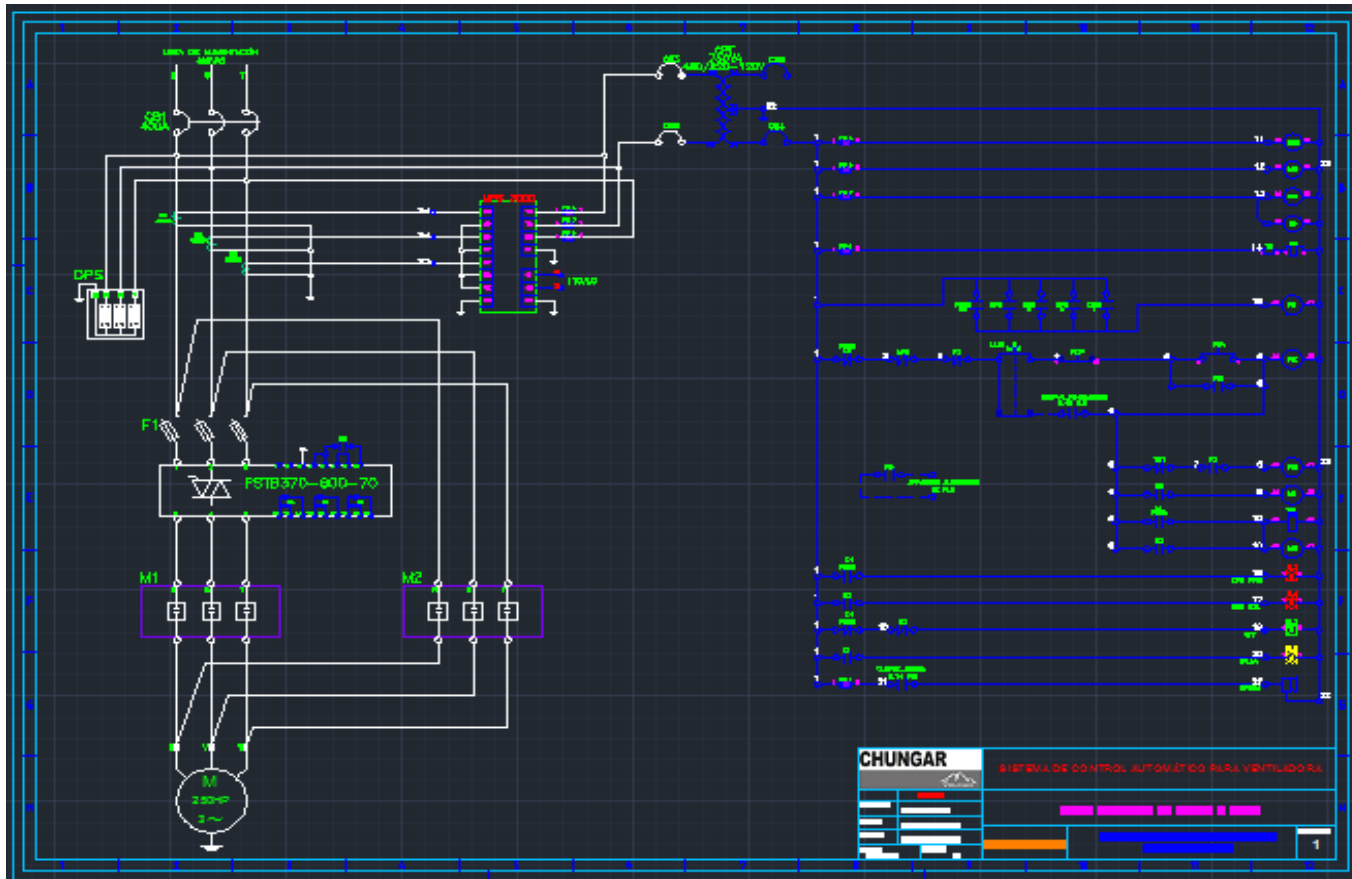


Figura 14: Diagrama eléctrico de mando control manual, automático y fuerza

Fuente: ABB, modificado elaboración propia (Ver en Anexo)

LEYENDA PLANO ELÉCTRICO DE MANDO Y FUERZA

LEYES					LEYES				
1	CB1	CIRCUIT BREAKER DE FUERZA	GLH3630NN 3X500A Icu70kA	EATON	15	PCA	PULSADOR DE CONTROL ARRANQUE	XB4BA31	SCHNEIDER
2	CB2, CB3	CIRCUIT BREAKER DE CONTROL	C60N 1A 20kA	SCHNEIDER	16	M1, M2	CONTACTOR DE MOTOR	Sirius 3RT1075-6AP36	SIEMENS
3	CB4, CB5	CIRCUIT BREAKER DE CONTROL	C60N 2A 20kA	SCHNEIDER	17	SL2	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN VERDE	XB4VG3	SCHNEIDER
4	FU1	FUSIBLE ULTRARÁPIDO DE FUERZA	170M5812D	BUSSMANN	18	SL3	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN AMARILLO	XB4VG5	SCHNEIDER
5	FU2, FU6	FUSIBLE DE MANDO	ATMRS 600VAC 1A	FERRAZ S	19	R1	RELÉ AUXILIAR PROTECCIÓN	HL 700 NO/NC	ALLEN B.
6	TC	TRANSFORMADOR DE CONTROL	750VA - 460/110V	INPERVITRAN	20	R2	RELÉ AUXILIAR INICIO OPERACIÓN	HL 700 NO/NC	ALLEN B.
7	MPS	RELÉ DE PROTECCIÓN SOBRECARGA	MPS 3000-C-V-1P-2-0	SOLCOM	21	R3	RELÉ AUXILIAR ARRANQUE SOFT START	HL 700 NO/NC	ALLEN B.
8	M2 3~	MOTOR ELÉCTRICO	250HP 460V 250HP 3~	WEG	22	R4	RELÉ AUXILIAR ARRANQUE AUTOMÁTICO	HL 700 NO/NC	ALLEN B.
9	DPS	DISPOSITIVO CONTRA SOBRE TENSIÓN	VAL-MS 500ST 600V 2.3kV	PHOENIX	23	M1	CONTACTOR ARRANQUE SOFT START	Sirius 3RT1075-6AP36	SIEMENS
10	LLS	LLAVE SELECTOR 3 POSICIONES	XB4BD33 / M 0 A	SCHNEIDER	24	M2	CONTACTOR OPERACIÓN DOL	Sirius 3RT1075-6AP36	SIEMENS
11	PSTB	ARRANCADOR SOFT STARTER	PSTB370-600-70	ABB	25	CT	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	800/5 A	INPERVITRAN
12	PLC	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	MICROLOGIX 1763-L16AWA	ALLEN B.	26		TEMPORIZADOR (TR1)	7PU06	SIEMENS
13	SL1, SL4	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN ROJO	XB4VG4	SCHNEIDER	27		BOBINA DE CONTACTOR	Sirius 3RT1075-6AP36	SIEMENS
14	PCX	PULSADOR DE CONTROL PARADA	XB4BA32	SCHNEIDER	28		CONTACTO AUXILIAR NC	NC	SCHNEIDER

Figura 15: Leyenda de diagrama eléctrico
Fuente: ABB, modificado elaboración propia

2.3.2 SIMULACIÓN DE MANDO MANUAL EN CADe SIMU

Una vez desarrollado el plano eléctrico. Procedía a simular para el funcionamiento del circuito de mando y fuerza en modo local, el cual cumple con la lógica.

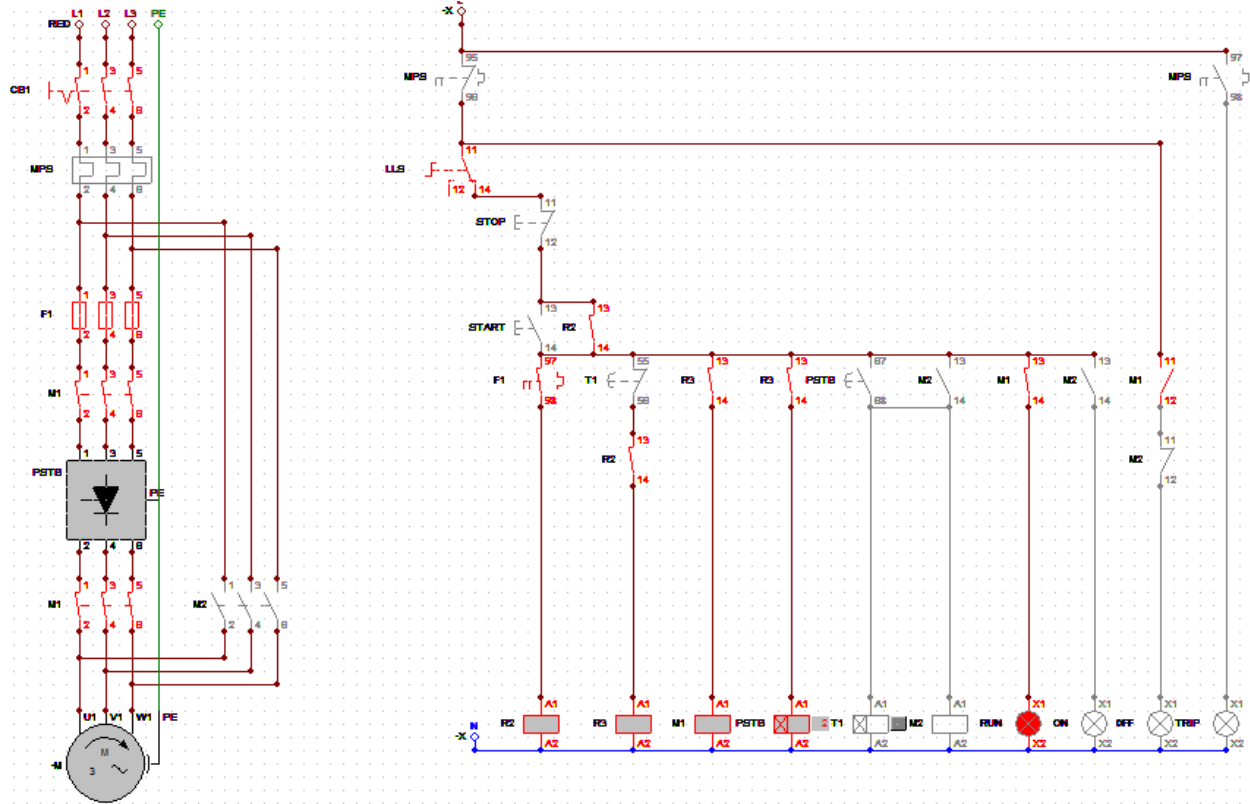


Figura 16: Diagrama eléctrico de mando y fuerza siendo simulado en CADe SIMU

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 SIMULACIÓN DE MANDO AUTOMÁTICO RSLOGIX

Simulación en modo automático en RSLOGIX 5000 las condiciones para el arranque, parada de acuerdo a los tiempos establecidos considerando la seguridad del procedimiento de arranque. El programa está en condiciones de cargar al PLC Micrologix 1100.

FLUJOGRAMA EN ESCALERA

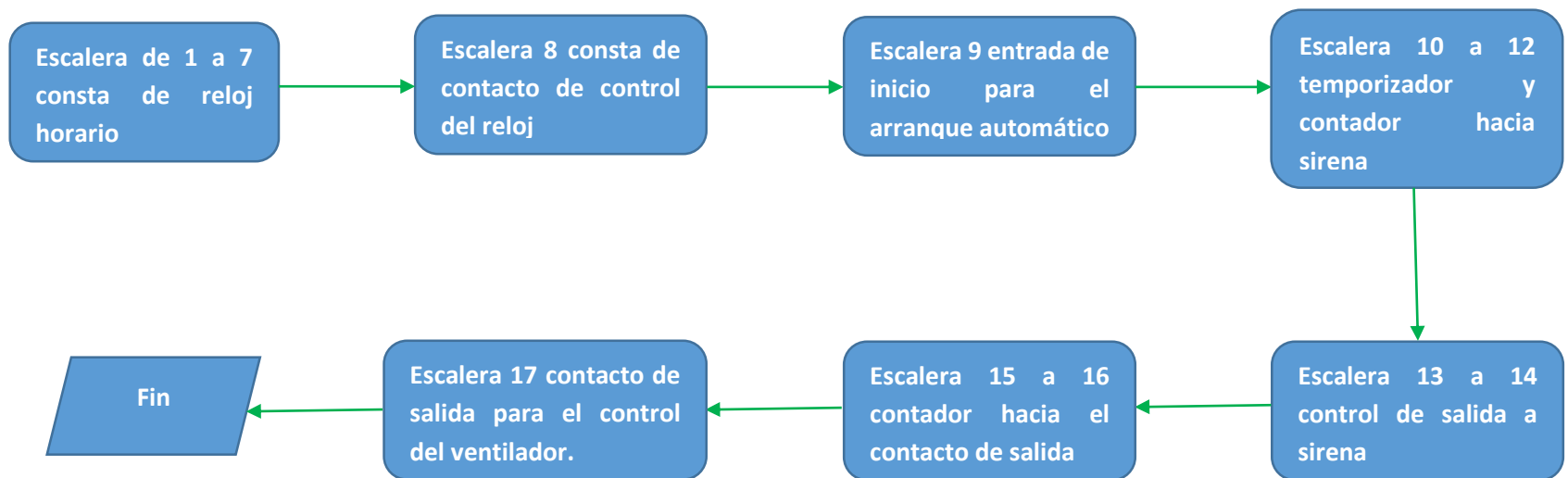
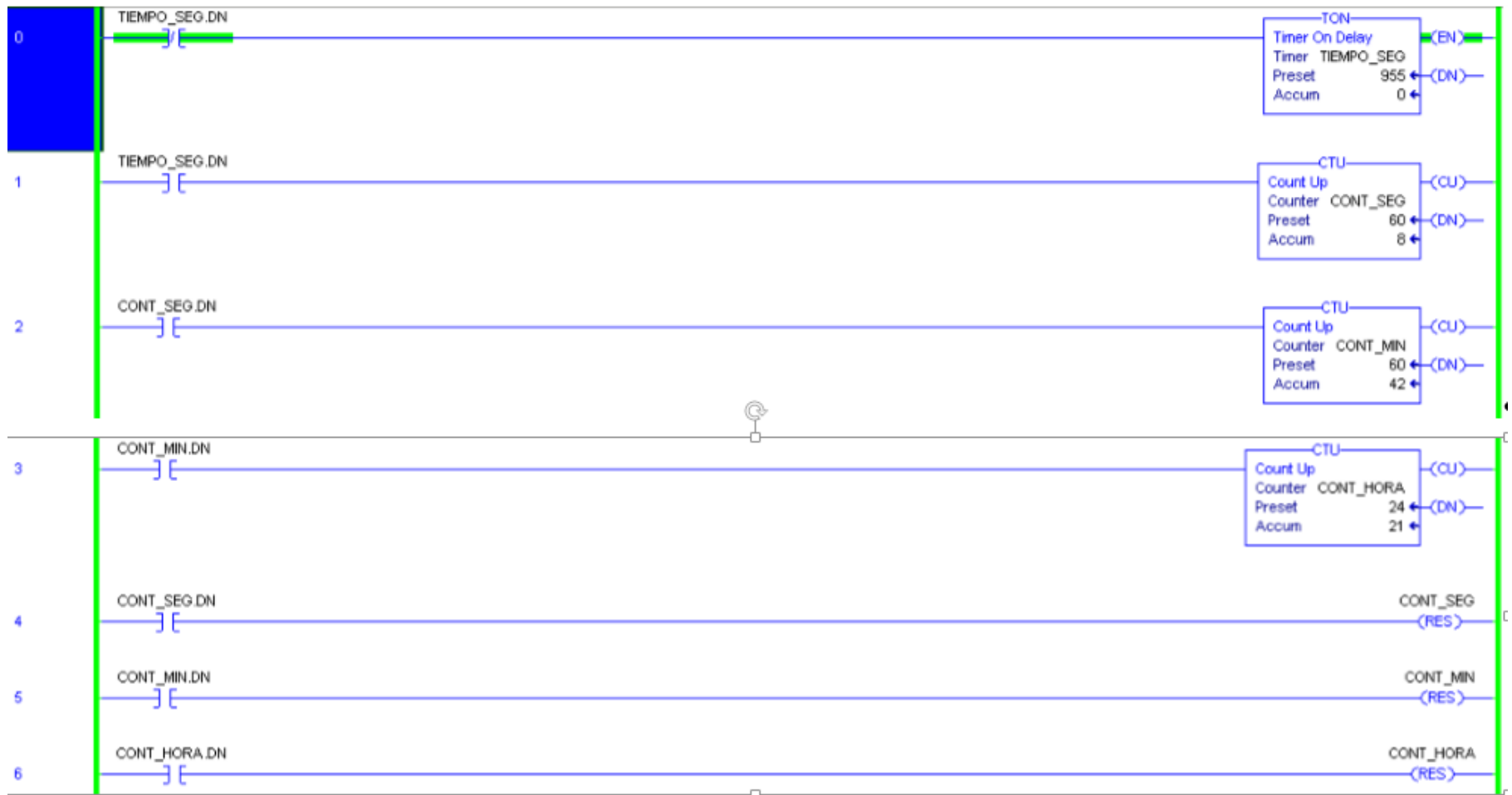


Figura 17: Flujo grama de secuencia del desarrollo siendo simulado (RSLOGIX 5000)

Fuente: Elaboración propia



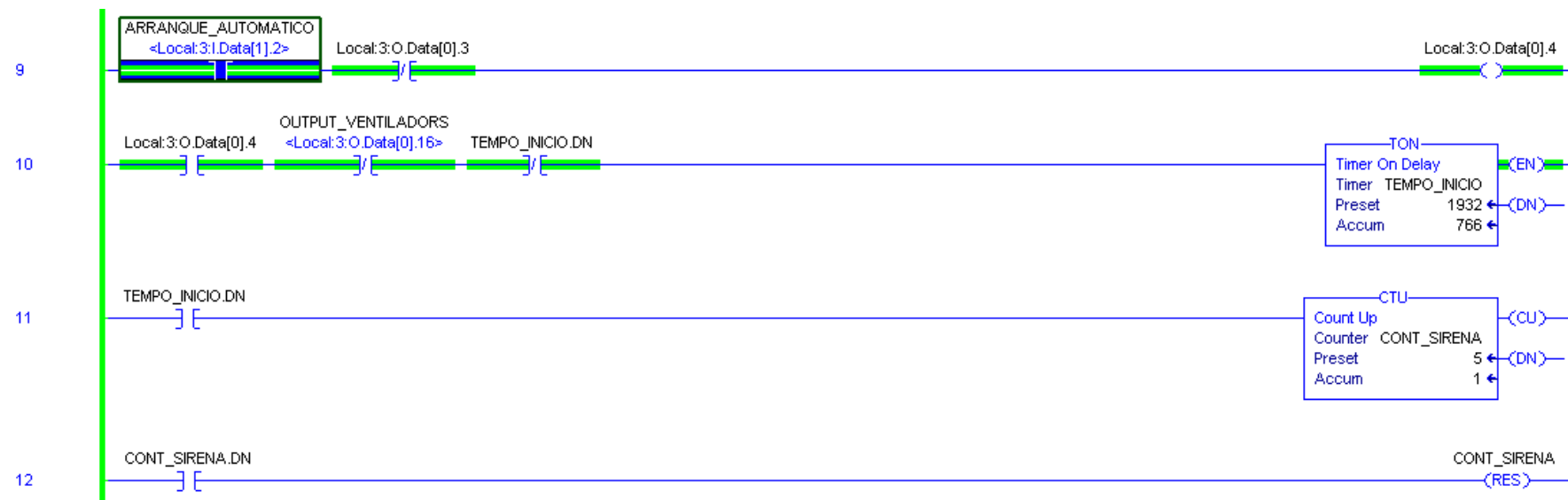
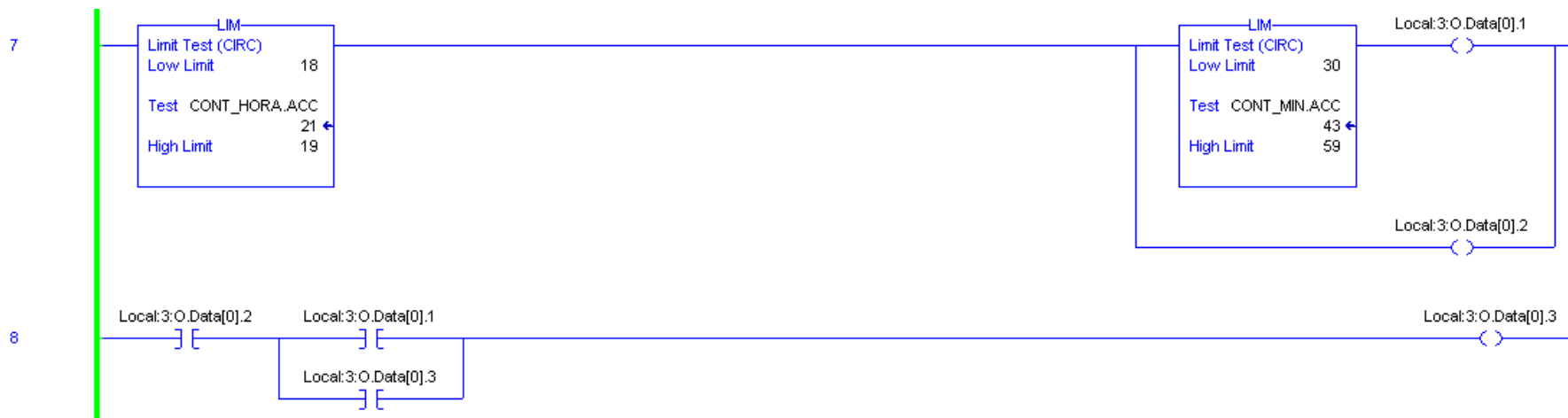



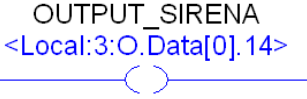


Figura 18: Comprende arranque en fila 9 mediante input (Arranque automático), salida de alarma (Output Sirena) en fila 14 y salida para arranque del ventilador (Output Ventilador) fila 17. Siendo simulado (RSLOGIX 5000)

Fuente: Elaboración propia

Descripción de contactos Entrada y Salidas al PLC

➤ Fila 9: Input -  (Contacto NO físico de entrada de relé R4)

➤ Fila 14: Output -  (Contacto NO físico de salida para sirena)

➤ Fila 17: Output -  (Contacto NO físico de salida para arranque y parada del ventilador)

2.3.4 CÁLCULO DE COMPONENTES

Para el cálculo de componentes eléctricos a ser instalados en el nuevo tablero eléctrico para el arranque del ventilador. Se ha tomado datos nominales del motor de ventilación instalada. Estos están presentados en los anexos de la presente investigación.



Fotografía 2: Placa de motor del ventilador de 250HP

Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO PRINCIPAL:

Motor con $I_n = 276.1A$

Para el cálculo del dispositivo de protección, con referencia multiplicar la corriente I_n X 175%

Ecu. 2.

$$276.1 \times 1.75 = 483.18A$$

Se selecciona un interruptor termomagnético de 3 x 500A regulable de 0.8 a 1 I_r con tensión de operación 480V, 60 Hz, I_{cu} . 70KA y U_{imp} . 8kV.

CONTACTOR M1 Y M2:

Motor con $I_n = 276.1A$

Para el cálculo del dispositivo de accionamiento, con referencia multiplicar la corriente **In. X 200%**

Ecu. 3.

$$276.1 \times 2 = 552.2A$$

Se selecciona un contactor con capacidad de 552.2A, tensión de operación 460V, tensión de bobina 110V, y 60 Hz.

RELÉ DE SOBRECARGA

Motor con In = 276.1A

Para el cálculo del dispositivo de protección, con referencia multiplicar la corriente **In. X 115%**

Ecu. 4.

$$276.1 \times 1.15 = 317.52A$$

Se selecciona un relé de protección térmica de 250A a 350A de clase 20.

Clase 10 comprendido entre 4 – 10 segundos.

Clase 20 comprendido entre 6 – 20 segundos.

CONDUCTOR ELÉCTRICO PRINCIPAL

Motor con In = 276.1A

Para el cálculo del dispositivo de protección, con referencia multiplicar las corrientes **In. X 125%**

Ecu. 5.

$$276.1 \times 1.25 = 345.13A$$

Se selecciona conductor 4X120 mm² THW-75 marca Indeco.

- **CNE** (Código Nacional de Electricidad) Utilización - Sección 60 Motores y Generadores.
- Registro del parque de motor de ventilador 250HP mantenimiento eléctrico de compañía minera CHUNGAR S.A.C.

2.3.5 PROGRAMACIÓN DE SOFT STARTER PSTB370 ABB

Para programar el Soft Starter partimos de qué tipo de máquina que va accionar y los niveles de protección basada en placa de motor eléctrico de 250HP

LISTA DE PARÁMETROS SOFT START PSTB370-600-70

Ajustes>Ajustes>Aplicación		
		Ventilador
Ajustes>Ajustes>Funcionales		
Start / Stop		
Ajuste de intensidad	Ie Ajustada	317.4A
Rango de la rampa de paro	Rango paro	0s
Rango de la rampa de arranque	Rango arran.	25s
Arranque kick	Arran. kick	No
Limitación de intensidad	I Lim	4Xle
Tensión de reducción	Usd	100%
tensión final	Uf	50%
Tensión inicial	Uini	45%
Rampa de paro	Rampa paro	0s
Rampa de arranque	Rampa arran.	12s
Tipo paro	Tipo paro	V Volt
Tipo arranque	Tipo arran.	V Volt
By pass	By pass	Si
Control Par		
Par máximo	Par max	150%
Ajuste de par	Ajuste Par	100%
Protecciones		
Protección de sobrecarga	Térmico	SC20
Rotor bloqueado	Rotor bloq.	Si
Sub carga	Sub carga	No
Desequilibrio de fase	Deseq. fase	Si
Sobre intensidad	I alta	Si
Inversión de fases	Inv. de fase	Si
Coefficiente positivo de temperatura	PTC	No
Avisos		
Sobrecarga del tiristor (SCR)	Aviso SCT	Si
Sobre intensidad alta	Aviso I alta	Si
Sub intensidad	Aviso I baja	Si
Sobrecarga	Aviso SC	Si

Fallos		
Todos STOP-M (reset manual)	Todos STOP-M	Todos STOP-M
Entradas		
Entrada	In0	Ninguno
Entrada	In1	Ninguno
Salidas		
Relé programable	Relé K4	Suceso (falla)
Relé programable	Relé K5	On
Relé programable	Relé K6	TOR (By pass)

Figura 19: Parámetros a programar en Soft Starter PSTB370-600-70

Fuente: Elaboración propia

2.3.6 PROGRAMACIÓN DE RELÉ MPS 3000C

Realizado el arranque en rampa por el Soft Starter el circuito queda trabajando de modo directo en línea, saliendo de servicio el Soft Starter para la protección del motor queda protegido por el relé MPS3000. Programando de acuerdo a placa de motor 250HP.

PARAMETROS DE RELÉ MPS 3000			
SYSTEM PARAMETER SETTINGS		VOLTAGE SETTINGS	CURRENT SETTINGS
LINE VOLTS (Vn) 460 V	STAR TO DELTA AT	U/V LEVEL 50% OF Vn	MAX START TIME 35 SEC.
LINE FREQUENCY 60 HZ	CONFIG DELAY C ALARM	U/V DELAY 10.0 SEC.	NUMBER OF STARTS 5
VT PRIMARY VT NOT CONNECTED	OUTPUT C DELAY 0 SEC.	U/V STRT PREVENT OFF	STARTS PERIOD 30 MIN
VT SECONDARY VT NOT CONNECTED	CONFIG DELAY D TRIP-FAIL SAFE	U/V AUTO RESTART ENABLE	START INHIBIT 15 MIN
MOTOR FLC 276 AMP	OUTPUT D DELAY 0 SEC.	U/V RESERT DELAY 4 SEC.	U/C LEVEL 1 10 % OF FLC
CT PRIMARY 800 AMP	PROTECTION ONLY NO	O/V LEVEL 1 115% OF Vn	U/C LVL 1 DELAY 2 SEC.
GND CT PRIMARY 800 AMP		O/V LEVEL 1 120% OF Vn	U/C LEVEL 2 15 % OF FLC
GND CT PRIMARY 800 AMP		O/V LEVEL 1 120% OF Vn	U/C LEVEL 2 15 % OF FLC
GND FAULT LVL 1 5% OF FLC		O/V LVL 2 DELAY 1 SEC.	U/C LVL 2 DELAY 5 SEC.
G/F LVL 1 DELAY 10 SEC.			LOAD INCREASE 115% OF FLC
GND FAULT LVL 2 10% OF FLC			O/C LEVEL 1 - JAM 470% OF FLC
G/F LVL 2 DELAY 0.7 SEC.			O/C LVL 1 DELAY 8.0 SEC.
CURRENT INHIBIT OFF			O/C LEVEL 2 - SHORT 800% OF FLC
START STOP SIGNAL MOMENTRY			O/C LVL 2 DELAY 1.0 SEC.
STARTING METHOD DIRECT ON LINE			OVERLOAD PICKUP 110% OF FLC
MAX TIME IN STAR			THERMAL LEVEL 1 80 % OF CAPACITY
TRASITION TIME			T6x TIME 10.0 SEC.

POWER SETTINGS	TEMPERATURE SETTINGS	TRIPPING/ALARM SETTINGS	COMMUNICATION SETTINGS
RATED PF AT FLC 0.86 LAG	RTD TYPE PLATINUM 100 OHM	MAX START TIME TRIP: ENABLE	MOTOR NUMBER 0
UNDER PWR LVL 1 45%	T1 LEVEL 1 120 °C	MAX START TIME ALARM: ENABLE	BAUD RATE 9600
U/P LVL 1 DELAY 30 SEC.	T1 LEVEL 2 140 °C	MAX START TIME AUTO RST: ENABLE	ADDRESS NUMBER 15
UNDER PWR LVL 2 25%	Same setting for RTD 2,6	MAX START TIME PANEL RST: ENABLE	FUTURE ENHACE 1 USED
U/P LVL 2 DELAY 30 SEC.	T7 LEVEL 1 80 °C	MAX START TIME PLC RESET: ENABLE	FUTURE ENHACE 2 NO USED
LOW POWER FACTOR 0.8 LAG	T7 LEVEL 2 100 °C	MAX START TIME OUTPUT A: DISABLE	FUTURE ENHACE 3 NO USED
LOW PF DELAY 30 SEC.	Same setting for RTD 8 & 9	MAX START TIME OUTPUT B: DISABLE	S.LINK SAVE LOCK LOCKED
	T10 LEVEL 1 80 EC	Similar settings for next 50 fault protections	20 Modbus # for user selected group of data
	T10 LEVEL 2 100 EC	ANALOG INPUT # 4 TRIP: DISABLE	
	T10 LEVEL 2 100 EC	ANALOG INPUT # 4 TRIP: DISABLE	
	Note: if Sensor 7-10 are thermistors, then units of 7 - 10 are KΩ	ANALOG INPUT # 4 ALARM: DISABLE	

Figura 20: Parámetros a programarse en el relé MPS3000

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Según SALAZAR CÓRDOVA (23), es el procedimiento riguroso de una manera lógica que el investigador debe seguir en la adquisición del conocimiento. En la investigación se utilizara el **método científico**, el cual se basa en la argumentación de un problema sobre el cual se establece un conjunto de información para luego plantear posibles respuestas, luego comprobando estas respuestas mediante el contraste.

La presente investigación es de **estudio cuantitativo**, por tener características de medición de fenómenos eléctricos así como la potencia activa.

3.1.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es **aplicada**, hace referencia a la profundidad con la que se espera abordar el problema del conocimiento, para el caso de la presente investigación, se ha procurado realizar una investigación que tome en consideración conceptos previos acerca del tema de investigación, por lo cual se aplica este saber anterior (24). En la búsqueda de la resolución del problema de ahorro de energía en hora punta, se basa en la comparación de resultados de la simulación manual y con automatización claramente con una diferencia de potencia promedio de 5.85kW en una hora y media durante el día, la cual se desarrolla aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería eléctrica en la Universidad Continental. Así como la Teoría del control, automatización, controlador lógico programable, instrumentos de medición máquinas eléctricas.

3.1.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Según ESPINOZA MONTES (26), Tiene como propósito describir los objetos de investigación tal como están funcionando u ocurriendo. En la presente investigación tiene un nivel de investigación **descriptivo comparativo**. Corresponde a una

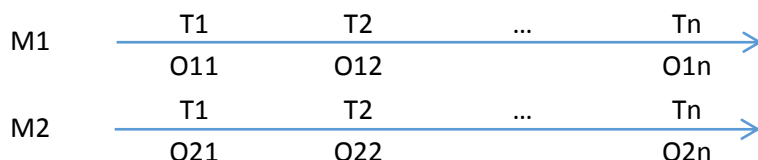
investigación descriptiva comparativa porque va a examinar las características más importantes de la línea de estudio, en este caso, de un ventilador de 250HP para la reducción de consumo de energía eléctrica en la Cía. Chungar Pasco, sobre las que establecerán relaciones de comparación entre la situación actual y la simulación realizada, considerando la variable de automatización.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según ESPINOZA MONTES (26), Recoge información actualizada de varias muestras sobre un mismo objeto de investigación y lo caracteriza sobre la base de una comparación. El diseño de investigación de tipo **comparativa longitudinal**, toma muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por periodos bastante largos.

Los datos obtenidos de potencia en el analizador de redes se observarán comparando de forma manual y con automatización las cuales tiene un efecto en el tiempo de hora punta para la reducción de energía y por tanto el ahorro de potencia en demanda máxima coincidente. Cuasi - experimental, porque el autor no hace uso de ningún tipo de manipulación sobre el objeto en el momento de tomar detalle de los datos obtenidos, pero si en el caso de la simulación.

Esto se detalla en el siguiente diagrama:



Donde:

M1: muestra del resultado 1.

M2: muestra del resultado 2.

T1, T2, ..., Tn: periodos de tiempo en las que se trabaja la muestra

O11, O12, ..., O1n: observación de las variables de la muestra 1.

O21, O22, ..., O2n: observación de las variables de la muestra 2.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 POBLACIÓN

En la siguiente investigación se desarrolló en:

EMPRESA	AREA	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
Compañía minera Chungar S.A.C.	Mantenimiento eléctrico y ventilación	Ventilador 150000cfm	Interior mina

Tabla 1: La población está definida personal de operaciones, mantenimiento
Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

3.3.2 MUESTRA

La muestra es un subgrupo de la población del cual se colectan los datos, para el caso de la presente investigación, dado que se pretende hacer énfasis en el consumo de energía eléctrica de ventiladores de 250HP, se hace uso de una muestra no probabilística o por conveniencia, de forma tal que se pueda dirigir el fenómeno que se busca estudiar. La investigación se realizó en mantenimiento eléctrico – ventilación de la compañía minera CHUNGAR S.A.C.



Fotografía 3: Vista panorámica de ubicación de la investigación
Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

3.4 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para la recolección de datos de la variable independiente, se utilizara la Técnica Documental, que permitirá la recopilación de evidencias para demostrar la hipótesis de investigación, que estará formado por documentos de diferentes tipos como: registro de datos, memorias información estadística, base de datos, etc.

Para la recolección de datos de las variables dependientes; para el caso de energía en un ventilador de 250Hp se utilizara la técnica empírica, mediante la observación, además de la experimentación como principio de prueba para la parte demostrativa del proceso de automatización. (25)

3.4.2 INSTRUMENTOS

Para la variable independiente y dependiente, se utilizara como instrumentos registros, formatos de registros de observaciones, hojas de registros, etc. El instrumento utilizado para la recolección de datos es un analizador de redes marca **METREL Power Q4**. Obteniendo el siguiente registro en el software. Mientras que para el proceso de simulación se hace uso del software CADe SIMU para la simulación de componentes y bajo ese criterio el consumo de energía eléctrica en ese estado.

3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos se utilizara el programa estadístico informático de ciencias sociales y aplicadas SPSS. Ya que es el más conocido teniendo en cuenta su capacidad de trabajar con grandes bases de datos como los obtenidos en la presente investigación.

El proceso de prueba de hipótesis se detalla mediante el estadístico t – Student, el cual servirá para poder establecer la significancia de los procedimientos. Primero se procede a hacer una comparación entre los dos procesos, para lo cual se realizó un test de medias, con el cual se obtuvo el nivel de diferencia, el valor t calculado para la prueba y finalmente el nivel de significancia, llamado también p – valor de la prueba estadística.

En este sentido, los valores de t deben de ser superiores a los teóricos (2.04 en valor absoluto para un 5% de significancia). Una vez comprobado ello se puede ver de la misma

manera, que el p – valor de la prueba debe ser inferior a 0.05 para que la prueba nos diga que la comparación en promedio de los dos procesos NO SON IGUALES, y por ende se asume que hay suficiente base estadística para poder afirmar lo contrario, que los procesos son diferentes, resultando en que la hipótesis planteada se contrasta (25).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS DE INTERRELACIÓN (TABLAS Y FIGURAS)

4.1.1 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El desarrollo de las pruebas y registros de datos de energía se realizaron en un ventilador secundario de 250HP con 150000CFM ubicado en el circuito de esperanza interior mina de CIA. CHUNGAR S.A.C.

La gerencia de energía presenta un plan de “Reducción de la máxima demanda coincidente” con fecha de inicio corporativo en toda sus unidades de VOLCAN el 18 de junio de 2016. Por tanto el objetivo se denominó “optimizar el uso de los equipos eléctricos en el periodo de horas punta donde se produce la demanda mensual coincidente”

Hora Punta (HP): Desde 18:30h hasta las 20:00h

Demanda Mensual Coincidente (kW ó MW): Es la demanda de potencia que coincide con la máxima del SEIN en un mes.

Para dar respuesta Gerencia de Operaciones de la unidad convoca a una reunión de superintendencia de todas las áreas para involucrar a reducir el consumo de energía en hora punta plasmando en un plan integral con fecha 20 de diciembre del 2016.

El jefe de área de mantenimiento eléctrico mina organiza un plan para reducir el consumo eléctrico de 6:00pm hasta 8:00pm aprovechando el turno de cambio de guardia de personal en las distintas áreas.

4.1.2 COMPARACIÓN DE ENERGÍA (ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO)

En la compañía minera CHUNGAR S.A.C para el buen nivel de oxígeno como mínimo de 19.5% es necesario de ventiladores extractores y ventiladores para el acceso principal y labores en toda la mina según el decreto supremo N° 024-2016-EM.

Para iniciar con el procesamiento de información e identificado un ventilador secundario de 250HP ubicado en interior mina en rampa principal esperanza la cual permite manipular los tiempos de parada en cambio de personal de 6:30pm a 8:00pm. Utilizando un analizador de redes Power Q4 de marca METREL con los datos obtenidos realice los comparativos antes y después de la automatización para controlar los tiempos de parada y arranque respetando las horas punta, programado en el controlador lógico programable (PLC).

Así determinar el ahorro del consumo de energía del ventilador, también para responder a la hipótesis general y específica demostrando la aceptación para su aplicación del presente estudio.

Se muestra a continuación de lectura de potencia constante y potencia con tiempo establecido en el controlador lógico programable, son tomados de acuerdo a la norma IEC-61000-4-30 de la calidad de red a nivel eficaz.

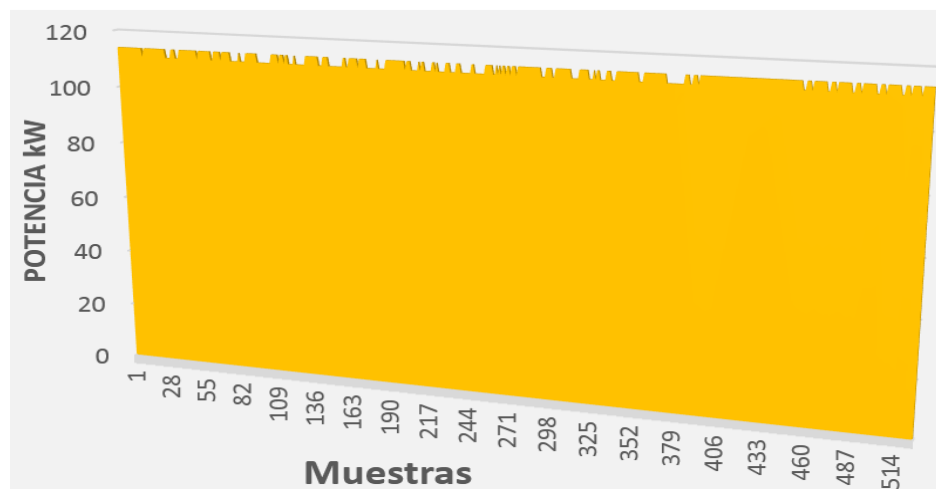


Figura 21: Registro de Potencia antes de la implementación

Fuente: Minera Chungar

En la figuras 21, se tiende un nivel de consumo constante entre 111kW a 114kW respectivamente, el consumo de energía en la actualidad es permanente durante las 24 horas del día; el ventilador en mención puede dejar de operar en el cambio de guardia de personal turno día a turno noche, sin perjudicar el mínimo nivel de oxígeno requerido en las labores, por ser un ventilador secundario permite ser controlado para la automatización y así reducir el consumo de energía y potencia en hora punta.

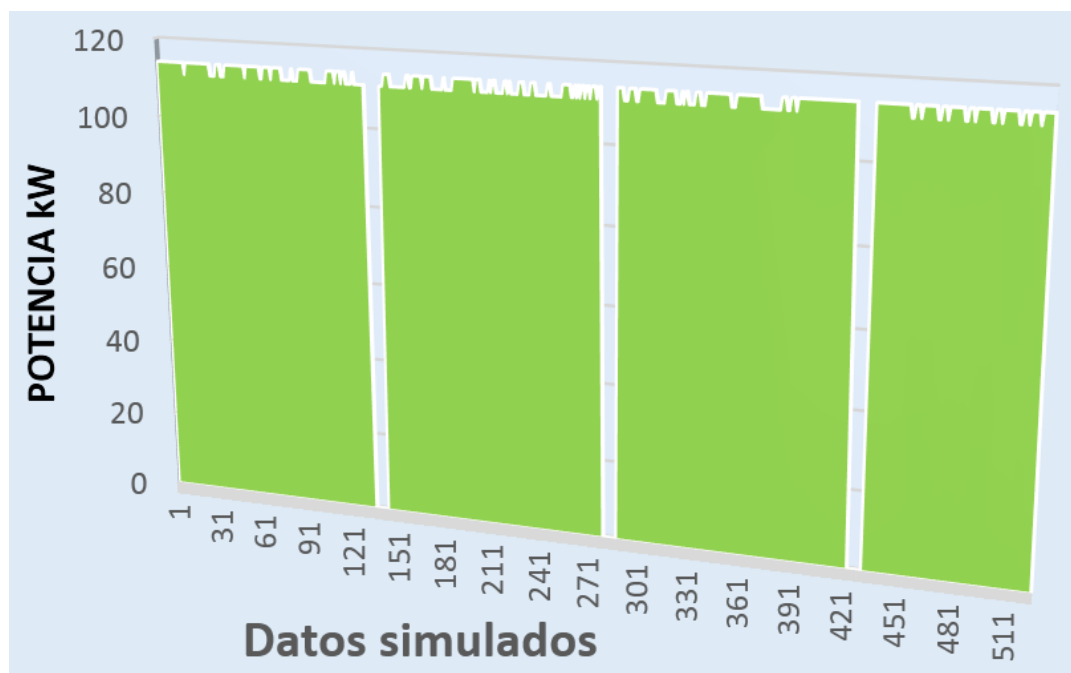


Figura 22. Simulación de potencia con tiempo de corte de una hora y media por día

Fuente: Minera Chungar.

Nótese en la figuras 22, mediante la simulación con el sistema de automatización se tiene caídas de potencia hasta 0 kW de 6:30pm a 8:00pm siendo una hora y media de ahorro de energía, que además no tienen un efecto mayor sobre el consumo de energía de cumplirse a diario se tendría una reducción de potencia en demanda máxima coincidente, diferente al caso manual o sin automatización. A primera impresión, pareciese que el sistema de simulación fuese inferior, sin embargo, la potencia errática no solo denota un mal manejo del consumo de energía de parte del ventilador, sino también un desgaste de la vida útil de la maquinaria.

Para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en el analizador de redes serán tratados en el Software SPSS.

MEDICIÓN DE POTENCIA			
	DATOS MANUAL	TIEMPO	SIMULADO AUTOMATIZADO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]	Ptot+(Pro) [kW]
133	111	06:00:00 p.m.	111
134	111	06:10:00 p.m.	111
135	111	06:20:00 p.m.	111
136	114	06:30:00 p.m.	0
137	114	06:40:00 p.m.	0
138	114	06:50:00 p.m.	0
139	114	07:00:00 p.m.	0
140	114	07:10:00 p.m.	0
141	114	07:20:00 p.m.	0
142	114	07:30:00 p.m.	0
143	114	07:40:00 p.m.	0
144	114	07:50:00 p.m.	0
145	111	08:00:00 p.m.	111
146	111	08:10:00 p.m.	111
147	111	08:20:00 p.m.	111
148	114	08:30:00 p.m.	114

Tabla 2: Potencia obtenida en el analizador de redes manual

Fuente: Minera Chungar.

Las muestras procesadas en el Software SPSS, se muestran los siguientes resultados de media en manual y datos simulados en el automatizado.

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Consumo de energía Manual	113,0304	526	1,40442	,06124
	Consumo de energía Automatizado	107,1787	526	24,99323	1,08976

Tabla 3: Estadísticos descriptivos principales de los procesos de automatización.

Fuente: Minera Chungar.

Como se menciona, a primera impresión, pareciese que el sistema de simulación fuese inferior, sin embargo, en promedio, la potencia activa del proceso automatizado tiene un mejor desempeño en promedio respecto a la potencia activa del proceso sin automatizar, con una diferencia de 5.85kW en una hora y media por día (la cual en energía ahorra 4213.22kWh al mes). Esto denota en la parada del ventilador en hora punta son la causa de la reducción a cero que se aprecian en la figura 26, tienen un papel sustancial en el proceso, con ello se puede denotar de forma simple que hay una reducción de consumo de energía.

Hemos detallado que hay un ahorro de energía desde el punto de vista descriptivo, sin embargo, esto no necesariamente responde a las hipótesis planteadas, por lo que se procede al análisis estadístico para tal fin.

4.1.3 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para esta prueba he usado el programa estadístico informático de ciencias sociales y aplicadas SPSS en la que se realiza una prueba de medias con el estadístico de t – Student.

La idea de esta especificación es que los procesos deben de ser (en promedio) diferentes, para lo cual se presenta la hipótesis general nula de que los procesos son iguales, de la misma manera que para las hipótesis específicas se establecen que son iguales a 110kW. Los resultados de estas pruebas se presentan a continuación.

HIPÓTESIS GENERAL

En ésta investigación tenemos la hipótesis general planteada como:

H1:“La implementación de un sistema de automatización tiene un efecto positivo sobre el consumo de energía en un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.”

Y se plantea la hipótesis nula:

H0:“La implementación de un sistema de automatización no tiene efecto positivo sobre el consumo de energía en un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.”

Luego se aplica la prueba estadística t – Student resultando en la siguiente tabla:

Prueba de muestras relacionadas									
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Consumo de energía Manual - Consumo de energía Automatizado	5,85171	25,18051	1,09792	3,69485	8,00857	5,330	525	,000

Tabla 4: Test de media del proceso de automatización.

Fuente: Minera Chungar.

Se tiene del resultado de la prueba que el nivel de diferencia es positivo, por lo que la primera variable (Consumo de energía con el proceso manual) es superior a la segunda variable (Consumo de energía con el proceso automatizado) en 5.85kW de potencia activa en una hora y media por día (la cual en energía ahorra 4213.22kWh al mes). También se tiene que el valor t es de 5.330 y la significancia es igual a 0.000.

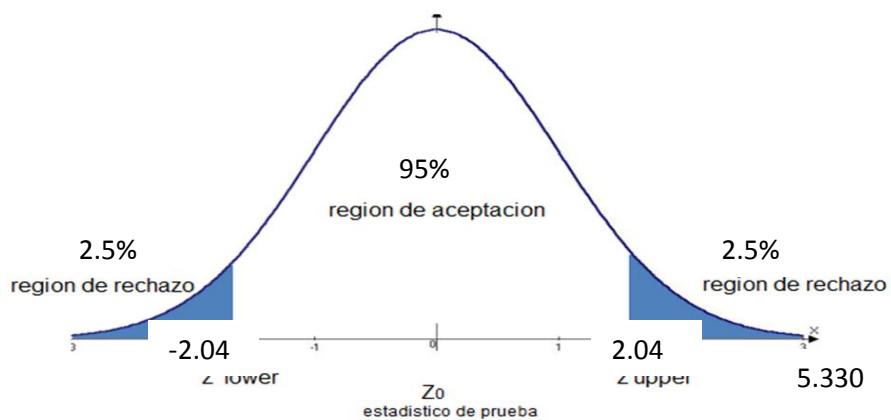


Figura 23: Campana de Gauss de la prueba t.

Elaboración propia

Discusión estadística

tc > tt por lo tanto.

5.330 > 2,04 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Por lo que ello induce a establecer que hay un efecto negativo sobre el aumento de consumo, lo cual es lo mismo que mencionar que hay un efecto positivo para la reducción del consumo de energía. Además, al tener una significancia de 0.000 es menor a 0.05 lo cual indica que es significativa al 5%, por lo que esto también afirma la hipótesis alterna de la investigación.

Conclusión estadística

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que la implementación de un sistema de automatización tiene un efecto positivo para reducir el consumo de energía en un ventilador de 250HP en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

A continuación se muestra captura de pantalla procesando los datos en el SPSS de la hipótesis general.

The screenshot shows the SPSS interface with the following content:

Transformar Insertar Formato Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

/CRITERIA=CI (.9500)
/MISSING=ANALYSIS.

Prueba T

[Conjunto_de_datos0] D:\UCCI\TESIS\TESIS 2018\1.- ULTIMO 2018\2.- Result. Est. SSP\Datos 2018.sav

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación tip.	Error tip. de la media
Par 1	Consumo de energía Manual	113,0304	526	1,40442	,06124
	Consumo de energía Automatizado	107,1787	526	24,99323	1,08976

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Consumo de energía Manual - Consumo de energía Automatizado	5,85171	25,18051	1,09792	3,69485	8,00857	5,330	525	,000

Figura 24: Datos siendo procesado en el SPSS

Fuente: Elaboración propia.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

En ésta investigación tenemos la hipótesis específica planteada como:

HE1:“La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema manual es superior a 110kW.”

Y se plantea la hipótesis nula:

HE0:“La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema manual no es superior a 110kW.”

Luego se aplica la prueba estadística t – Student resultando en la siguiente tabla:

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 110					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Consumo de energía Manual	49,488	525	,000	3,03042	2,9101	3,1507

Tabla 5. Test de medias. Proceso manual

Fuente: Minera Chungar.

Se tiene del resultado de la prueba que el nivel de diferencia es positiva, por lo que la primera variable (Potencia promedio con el proceso manual) es superior a 110kW en 3.03kW. También se tiene que el valor t es de 49.488 y la significancia es igual a 0.000.

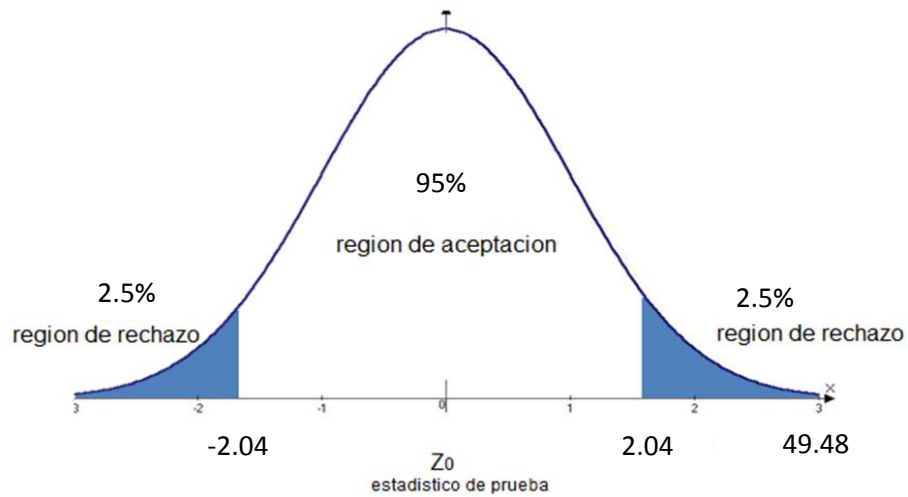


Figura 25: Campana de Gauss. Proceso manual.
Elaboración propia

Discusión estadística

Se compara la t calculada y t de la tabla.

$t_c > t_t$ por lo tanto.

49.48 > 2.04 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Conclusión estadística

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema manual es superior a 110kW.

A continuación se muestra captura de pantalla procesando los datos en el SPSS de la hipótesis específica 1.

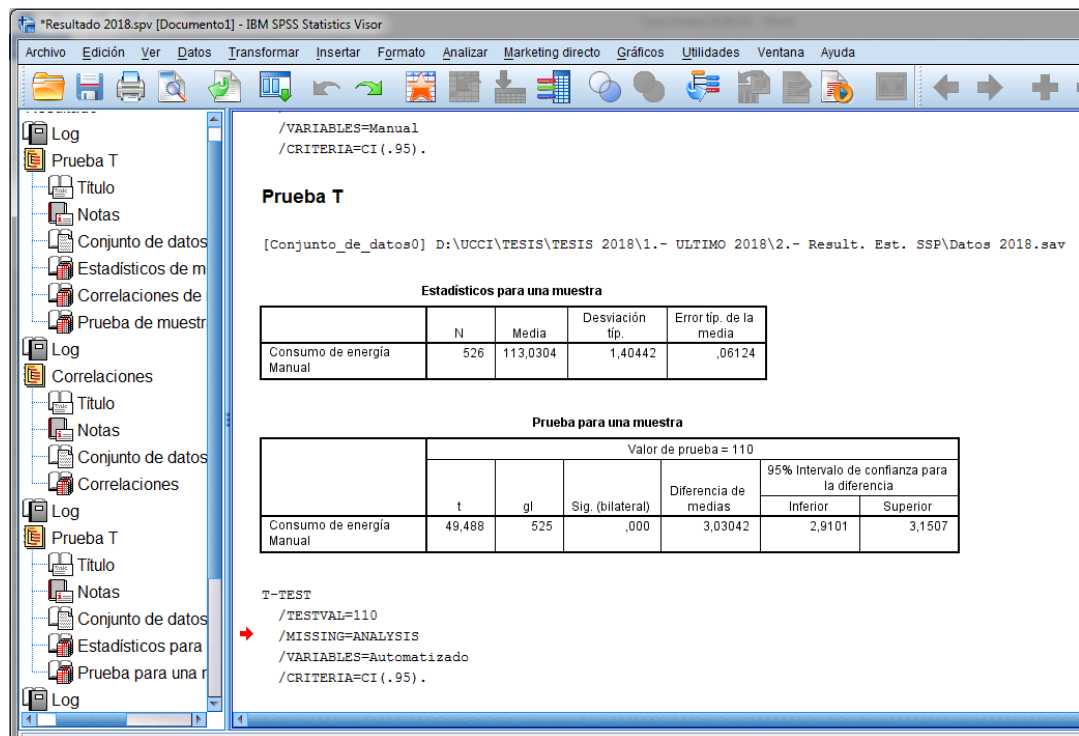


Figura 26: Datos siendo procesado en el SPSS

Fuente: Elaboración propia.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

En ésta investigación tenemos la hipótesis específica planteada como:

HE2:“La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema automatizado es inferior a 110kW.”

Y se plantea la hipótesis nula:

HE0:“La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema automatizado no es inferior a 110kW.”

Luego se aplica la prueba estadística t – Student resultando en la siguiente tabla:

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 110					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Consumo de energía Automatizado	-2,589	525	,010	-2,82129	-4,9621	-,6805

Tabla 6. Test de medias. Proceso automatizado

Fuente: Minera Chungar.

Se tiene del resultado de la prueba que el nivel de diferencia es negativa, por lo que la primera variable (Potencia promedio con el proceso automatizado) es inferior a 110KW en 2.82kW. También se tiene que el valor t es de -2.58 y la significancia es igual a 0.000.

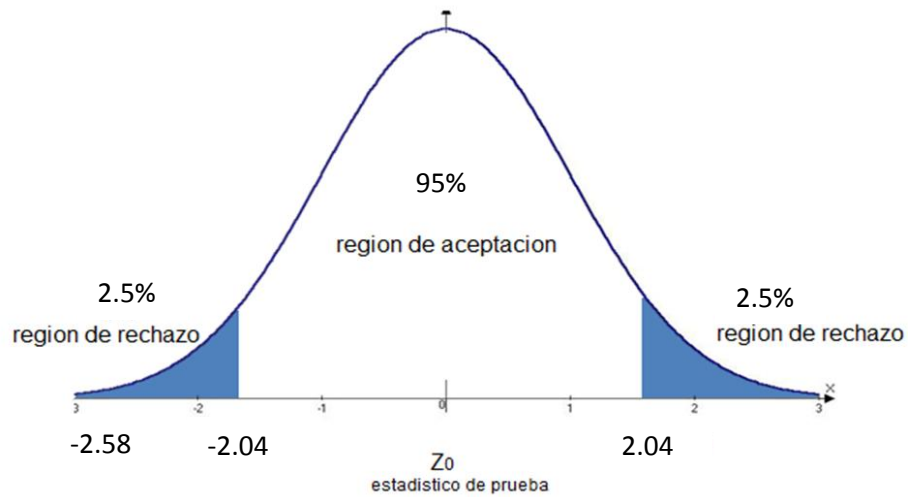


Figura 27: Campana de Gauss. Proceso automatizado.
Elaboración propia

Discusión estadística

Se compara la t calculada y t de la tabla.

$t_c > t_t$ (en valor absoluto) por lo tanto

2.58 > 2.04 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Conclusión estadística

Con nivel de significación $\alpha = 0,05$ se demuestra que La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema automatizado es inferior a 110kW.

A continuación se muestra captura de pantalla procesando los datos en el SPSS de la hipótesis específica 2.

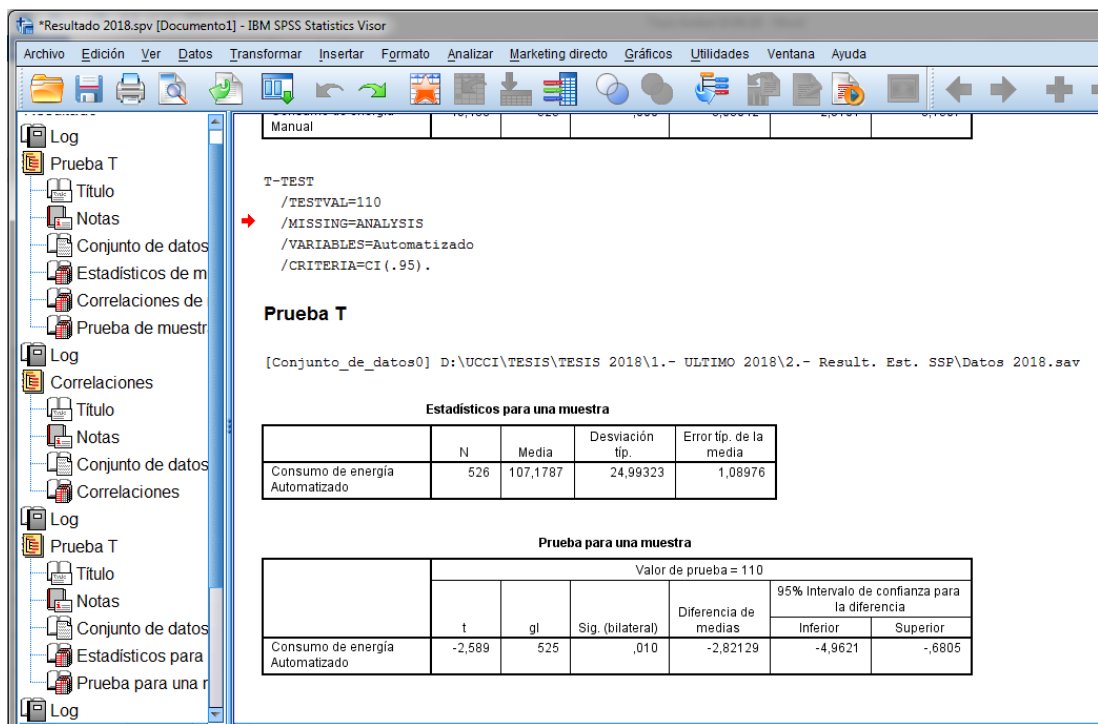


Figura 28: Datos siendo procesado en el SPSS
Fuente: Elaboración propia.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación desarrollada se demuestra los resultados obtenidos validando la hipótesis alterna según el objetivo general de la investigación que se denota como la determinación del efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.

Tal como se ha podido obtener en los resultados, la hipótesis general ha podido ser contrastada estadísticamente, arrojando que el sistema automático planteado en la presente investigación es inferior en 5.85kW en potencia activa por lo tanto el consumo de energía en 4213.22kWh al mes sobre el proceso manual que se sigue actualmente. Esto a su vez es un ahorro dentro del proceso de producción.

Asumiendo que las horas en las que se ahorra la energía fuesen en hora punta, en una hora y media por día y en un mes un consumo de energía en 4213.22kWh por 4.482cUS\$/kWh, en un mes de consumo será un equivalente a **US\$188.84** ahorrados. Por otra parte, tenemos que el nivel promedio del sistema automático se reduce a 107kW, con lo que se puede esperar un máximo de 110kW, esto por ser el nivel máximo en el intervalo de confianza de la prueba de medias en el sistema automatizado. Por esta razón, se puede esperar una reducción del nivel de la potencia a 110kW en demanda máxima coincidente, reconociéndose que el nivel de ahorro por esta reducción de potencia por US\$ 6.6 será un equivalente a **US\$727**, por tanto tenemos un ahorro total de **US\$915.53** mensuales y un total de **US\$10986.32** anual.

CONCLUSIONES

En la presente investigación concluimos que se acepta la hipótesis alterna, afirmando que si influye positivamente, al aplicar la implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250HP tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. Así también se demuestra la importancia de emplear la electrónica de potencia así como la automatización empleando el Controlador Lógico programable (PLC) pues controlando los tiempos de arranque y parada en una hora y media por día esto reduce significativamente el nivel de potencia eléctrica en 5.85kW de un total promedio de 113.03kW, lo cual implica un ahorro del 5.18% del consumo de potencia total de 110kW, reconociéndose que el nivel de ahorro por esta reducción de potencia es de US\$727 por mes y energía mensual US\$188.84, tenemos un ahorro total de **US\$915.53** mensuales y un total de **US\$10986.32** anual.

El desarrollo se inició a la necesidad del área de mantenimiento eléctrico a reducir el consumo de energía en hora punta. Por tanto se demuestra en la simulación del circuito de mando y fuerza de modo local en el simulador CADESIMU, en el SIMULADOR RSLOGIX 5000 para el automatizado, se simuló el comportamiento lógico que deba contener el PLC Micrologix 1100. Demostrando los conocimientos adquiridos en las aulas de la universidad Continental.

Los equipos eléctricos a emplear en la implementación de un sistema automático son equipos que en un principio no ha funcionado por la falta de ingeniería de grado de protección en el tablero eléctrico. Empleando un tablero eléctrico IP 65 no se tendría acumulación de polvo, hollín y reducir la humedad mediante heater controlado por un termoswitch. Para la confiabilidad del buen funcionamiento de tablero eléctrico que es integrado de varios equipos eléctricos y de electrónica de potencia como Interruptor termomagnético, contactor, soft starter, relé multifuncional MPS3000 y el PLC Micrologix 1100, los cuales deben ser programados con precisión de acuerdo a placa de motor y la condición del equipo que es un ventilador.

RECOMENDACIONES

En el estudio de investigación desarrollado sobre la implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250HP tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. en hora punta. Las recomendaciones pretenden aplicar y seguir nuevas investigaciones sobre la electrónica de potencia, máquinas eléctricas.

1. Se recomienda cambiar el tipo de arrancador del ventilador de 250HP accionado por un arrancador convencional estrella delta, la cual debe ser el Soft Starter y así obtener un arranque suave en el motor del ventilador, prolongando la vida el bobinado del estator.
2. Se recomienda aplicar el controlador lógico programable (PLC) Micrologix 1100 el cual tendrá una lógica programada de acuerdo a las condiciones requeridas, ya que el sistema de plataforma actual en la compañía minera CHUNGAR S.A.C. son equipos de Rockwell Automation con ello se estaría incursionando a la automatización de procesos en el ventilador de 250HP.
3. Se recomienda a los lectores el estudio a la automatización, control de ingeniería, máquinas eléctricas y aplicar en todo campo industrial, minería, agricultura, ganadería, etc.
4. Se recomienda profundizar la investigación en la automatización en la pirámide de niveles se logra escalar al nivel de control 1 en este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, soft starter, variadores de frecuencia, servo drive, etc. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todo los dispositivos de campo sin la intervención de un operador.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (1) GLAVE, Manuel y Juana KURAMOTO. La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta por saber. *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú* [en línea]. 2007, 135–180. Disponible en: <http://grade.org.pe/download/pubs/Libros/InvPolitDesarr.pdf#page=130>
- (2) SIERRA, Jorge, et al. Resúmenes en Español Revista de Ecología Industrial Volumen 20, Número 5. Revista de Ecología Industrial, 2016, col. 20. No 5, p 1010-1017.
- (3) SENATI. Mandos por controladores lógicos programables. Lima, Perú : s.n., 2009.
- (4) ORDAZ, Ubaldo, RÍOS, Edmundo y ORDAZ, Damián. Controladores lógicos programables. México : Trillas, 2009. pág. 9.
- (5) REYES, Javier. En su tesis profesional "Automatización del sistema de control y monitoreo de una autoclave para el proceso de vulcanización del caucho en calzado de lona". Perú: s.n., 2008.
- (6) PONCE SANDOVAL, Marco Antonio y Juan Adriano MONTUFAR CHATA. Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para un grupo electrógeno de 6.5 kva de Mobhi Grifos. *Universidad Nacional del Altiplano* [en línea]. 2014 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2547>
- (7) VARASCHIN, Julian. The Economic Case for Electric Mining Equipment and Technical Considerations Relating to their Implementation [en línea]. 2016 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: https://qspace.library.queensu.ca/bitstream/handle/1974/14825/Varaschin_Julian_A_201609_MASC.pdf?sequence=1
- (8) MORALES, Abel Chávez. Optimización Automatizada del Diseño de un Ventilador de Flujo Tubo-Axial Mediante Algoritmos Evolutivos-Edición Única [en línea]. 2009 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <https://repositorio.itesm.mx/handle/11285/569279>
- (9) ARELLANO RODRÍGUEZ, Manuel Abel. Diseño e instalación de un sistema de medición y control para el almacenamiento, la recirculación y el bombeo de un producto químico cristalizante a temperatura ambiente [en línea]. 2008 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/1762>

- (10) WORRELL, E. y C. GALITSKY. Energy efficiency improvement in the petroleum refining industry. En: Proceedings ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry. 2005.
- (11) CANALPLC. *CADe_SIMU* [en línea]. [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <http://canalplc.blogspot.com/p/cadesimu.html>
- (12) PCE INSTRUMENTS *Analizadores de redes eléctricas* [en línea]. 2010 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/analizadores-redes-electricas.htm>
- (13) SENATI. Mandos por controladores lógicos programables. Lima, Perú : s.n., 2009.
- (14) OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Pearson Educación, 2010.
- (15) 500, Manejo Básico RSLOGIX. [En línea] [Citado el: 02 de Junio de 2018.] <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20II/Sw%20II/manuales%20sw/RSLINX.pdf>.
- (16) LIMB, Mark J.; LIMB, Mark J. Ventilation and Building Airtightness: an international comparison of Standards, Codes of Practice and Regulations. Oscar Faber, 1994.
- (17) REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERÍA. DS-024-2016-EM. Lima, Perú : s.n., 2016. págs. 149-151.
- (18) FRAILE, Jesús. Máquinas eléctricas. Madrid, España: McGraw Hill/Interamericana de España, S.A.U., 2003. pág. 87.
- (19) ABB *Arrancadores suaves* [en línea]. [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/arrancadores-suaves>
- (20) Arranque de motores de inducción . [En línea] [Citado el: 26 de Noviembre de 2017.] <http://www.die.eis.uva.es/~daniel/docencia/te/TEIQPractica9-2008.pdf>.
- (21) CEKIT. Electrónica básica. Lima, Perú : s.n., 2003. pág. 104.
- (22) Código Nacional de Electricidad CNE. Utilización, Puesta a tierra. Lima, Perú : Megabyte, 2011.
- (23) SALAZAR CORDOVA, Hector José. *Guía de Proyecto de Investigación* [en línea]. 2008 [consultado. 2018-06-25]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/68680900/Guia-de-Proyecto-de-Investigacion>
- (24) HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, Carlos FERNÁNDEZ COLLADO y María del Pilar BAPTISTA LUCIO. *Metodología de la investigación* [en línea]. 2016. ISBN 9788578110796. Disponible en: doi:10.1017/CBO9781107415324.004

- (25) VISAUTA VINACUA, Bienvenido. y Joan Carles. MARTORI. *Análisis estadístico con SPSS 11.0 para Windows* [en línea]. B.m.: McGraw Hill, 2002 [consultado. 2018-06-25]. ISBN 9788448136499. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-analisis-estadistico-con-spss-para-windows-vol-i-estadistica-basica-2-ed-incluye-disquete/9788448136499/853480>
- (26) ESPINOZA MONTES, Ciro. Metodología de investigación tecnológica. Soluciones Gráficas S.A.C. Huancayo, Perú, 2014.

ANEXO

Título: "AUTOMATIZACIÓN DE UN VENTILADOR DE 250HP PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LA COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C."

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
Formulación del problema	Antecedentes	Tipos
<p>Problema general ¿Cuál es el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿A cuánto asciende la potencia promedio en el sistema manual (sin automatización)? • ¿Cuánto es la potencia promedio en el sistema automatizado? 	<p>➤ (Reyes, 2008), En su tesis Automatización del sistema de control y monitoreo de una autoclave para el proceso de vulcanización del caucho en calzado de lona</p> <p>➤ (Ponce, 2014), En su tesis Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para un grupo electrógeno de 6.5kVA de mobhi grifos.</p> <p>➤ (Arellano, 2008). Diseño e instalación de un sistema de medición y control para el almacenamiento, la recirculación y el bombeo de un producto químico cristalizante a temperatura ambiente.</p>	<p>Aplicada</p> <p>Nivel:</p> <p>Estudio descriptivo</p>
<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el efecto de la automatización de un ventilador de 250HP sobre el consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.</p>	<p>➤ (Morales, 2009) realizó una investigación sobre la optimización automatizada del diseño de un ventilador de flujo tubo axial mediante algoritmos evolutivos.</p>	<p>Método y diseño</p> <p>Estudio Cuantitativo - Diseño Comparativo - Longitudinal</p>
<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular la potencia promedio en el sistema manual (sin automatización). • Estimar la potencia promedio en el sistema automatizado. 	<p>Teoría básica</p> <p>Controlador lógico programable (PLC): Dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo funciones específicas como lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos (14).</p>	<p>Variables</p> <p>VI: Sistema de control automático.</p> <p>VD: Energía en un ventilador de 250HP.</p>
<p>Hipótesis general</p> <p>La implementación de un sistema de automatización de un ventilador de 250HP tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo de energía en la compañía minera CHUNGAR S.A.C.</p>	<p>Definición conceptual</p> <p>VI: Sistema de control automático: Sistema que permite ejecutar una o varias acciones sin intervención manual, La automatización de una máquina o proceso productivo simple tiene como consecuencia la liberación física y mental del hombre de dicha labor (3).</p> <p>VD: Energía en un ventilador de 250Hp: Es la cantidad de potencia consumida por un motor eléctrico en un determinado tiempo. Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular la ley de Faraday (18).</p>	<p>Población:</p> <p>Compañía minera CHUNGAR S.A.C.</p> <p>Muestra:</p> <p>Compañía minera CHUNGAR S.A.C. (mantenimiento eléctrico)</p>

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas en movimiento. Turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire.

Definición operacional

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V. I.	Automatización	Nivel de campo	Nivel de campo = Sin automatización	Simulador CADe SIMU y RSLogix 5000
		Nivel de control	Nivel de control = Con automatización	
V. D.	Consumo de energía eléctrica	Energía eléctrica	Kilowatt hora	Analizador de Redes Medidor de Energía

Técnicas e instrumentos:

Técnica: Cuantitativo porque la potencia admite enteros que son numéricos en el tiempo. Los datos son registrados por el analizador de redes, siendo llevados a una hoja de cálculo para ser analizados de forma manual y observados.

Técnicas de procesamiento de datos:

Para esta prueba he usado el programa estadístico informático de ciencias sociales y aplicadas SPSS en la que se realiza una prueba de medias con el estadístico de t – Student.

Hipótesis específica

- La potencia promedio de un ventilador de 250HP en el sistema manual es superior a 110kW.
- La potencia promedio de un ventilador de 250 HP en el sistema automatizado es inferior a 110kW.

MEDICIÓN DE POTENCIA ACTIVA DE 526 MUESTRAS OBTENIDOS EN EL ANALIZADOR DE REDES POWER Q4 PLUS

	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
	0	
1	114	08:00:00 p.m.
2	114	08:10:00 p.m.
3	114	08:20:00 p.m.
4	114	08:30:00 p.m.
5	114	08:40:00 p.m.
6	114	08:50:00 p.m.
7	114	09:00:00 p.m.
8	114	09:10:00 p.m.
9	114	09:20:00 p.m.
10	114	09:30:00 p.m.
11	114	09:40:00 p.m.
12	114	09:50:00 p.m.
13	114	10:00:00 p.m.
14	114	10:10:00 p.m.
15	114	10:20:00 p.m.
16	114	10:30:00 p.m.
17	114	10:40:00 p.m.
18	114	10:50:00 p.m.
19	111	11:00:00 p.m.
20	114	11:10:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO

	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
21	114	11:20:00 p.m.
22	114	11:30:00 p.m.
23	114	11:40:00 p.m.
24	114	11:50:00 p.m.
25	114	12:00:00 a.m.
26	114	12:10:00 a.m.
27	114	12:10:00 a.m.
28	114	12:10:00 a.m.
29	114	12:10:00 a.m.
30	114	12:10:00 a.m.
31	114	01:00:00 a.m.
32	114	01:10:00 a.m.
33	114	01:20:00 a.m.
34	114	01:30:00 a.m.
35	114	01:40:00 a.m.
36	111	01:50:00 a.m.
37	111	02:00:00 a.m.
38	111	02:10:00 a.m.
39	111	02:20:00 a.m.
40	114	02:30:00 a.m.
41	114	02:40:00 a.m.
42	114	02:50:00 a.m.
43	111	03:00:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
44	111	03:10:00 a.m.
45	111	03:20:00 a.m.

46	114	03:30:00 a.m.
47	114	03:40:00 a.m.
48	114	03:50:00 a.m.
49	114	04:00:00 a.m.
50	114	04:10:00 a.m.
51	114	04:20:00 a.m.
52	114	04:30:00 a.m.
53	114	04:40:00 a.m.
54	114	04:50:00 a.m.
55	114	05:00:00 a.m.
56	114	05:10:00 a.m.
57	114	05:20:00 a.m.
58	114	05:30:00 a.m.
59	111	05:40:00 a.m.
60	114	05:50:00 a.m.
61	114	06:00:00 a.m.
62	114	06:10:00 a.m.
63	114	06:20:00 a.m.
64	114	06:30:00 a.m.
65	114	06:40:00 a.m.
66	114	06:50:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
67	114	07:00:00 a.m.
68	114	07:10:00 a.m.
69	111	07:20:00 a.m.
70	111	07:30:00 a.m.
71	114	07:40:00 a.m.

72	114	07:50:00 a.m.
73	114	08:00:00 a.m.
74	114	08:10:00 a.m.
75	114	08:20:00 a.m.
76	111	08:30:00 a.m.
77	114	08:40:00 a.m.
78	114	08:50:00 a.m.
79	114	09:00:00 a.m.
80	114	09:10:00 a.m.
81	114	09:20:00 a.m.
82	114	09:30:00 a.m.
83	111	09:40:00 a.m.
84	111	09:50:00 a.m.
85	111	10:00:00 a.m.
86	111	10:10:00 a.m.
87	111	10:20:00 a.m.
88	111	10:30:00 a.m.
89	114	10:40:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
90	111	10:50:00 a.m.
91	111	11:00:00 a.m.
92	111	11:10:00 a.m.
93	111	11:20:00 a.m.
94	114	11:30:00 a.m.
95	114	11:40:00 a.m.
96	114	11:50:00 a.m.
97	114	12:00:00 p.m.

98	114	12:10:00 p.m.
99	114	12:20:00 p.m.
100	114	12:30:00 p.m.
101	114	12:40:00 p.m.
102	111	12:50:00 p.m.
103	111	01:00:00 p.m.
104	111	01:10:00 p.m.
105	111	01:20:00 p.m.
106	111	01:30:00 p.m.
107	111	01:40:00 p.m.
108	111	01:50:00 p.m.
109	111	02:00:00 p.m.
110	111	02:10:00 p.m.
111	111	02:20:00 p.m.
112	114	02:30:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
113	114	02:40:00 p.m.
114	114	02:50:00 p.m.
115	114	03:00:00 p.m.
116	114	03:10:00 p.m.
117	111	03:20:00 p.m.
118	114	03:30:00 p.m.
119	114	03:40:00 p.m.
120	114	03:50:00 p.m.
121	111	04:00:00 p.m.
122	114	04:10:00 p.m.
123	114	04:20:00 p.m.

124	111	04:30:00 p.m.
125	111	04:40:00 p.m.
126	111	04:50:00 p.m.
127	111	05:00:00 p.m.
128	114	05:10:00 p.m.
129	111	05:20:00 p.m.
130	111	05:30:00 p.m.
131	111	05:40:00 p.m.
132	111	05:50:00 p.m.
133	111	06:00:00 p.m.
134	111	06:10:00 p.m.
135	111	06:20:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
136	114	06:30:00 p.m.
137	114	06:40:00 p.m.
138	114	06:50:00 p.m.
139	114	07:00:00 p.m.
140	114	07:10:00 p.m.
141	114	07:20:00 p.m.
142	114	07:30:00 p.m.
143	114	07:40:00 p.m.
144	114	07:50:00 p.m.
145	111	08:00:00 p.m.
146	111	08:10:00 p.m.
147	111	08:20:00 p.m.
148	114	08:30:00 p.m.
149	114	08:40:00 p.m.

150	114	08:50:00 p.m.
151	114	09:00:00 p.m.
152	111	09:10:00 p.m.
153	111	09:20:00 p.m.
154	111	09:30:00 p.m.
155	111	09:40:00 p.m.
156	111	09:50:00 p.m.
157	111	10:00:00 p.m.
158	111	10:10:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
159	111	10:20:00 p.m.
160	111	10:30:00 p.m.
161	111	10:40:00 p.m.
162	114	10:50:00 p.m.
163	114	11:00:00 p.m.
164	111	11:10:00 p.m.
165	111	11:20:00 p.m.
166	114	11:30:00 p.m.
167	114	11:40:00 p.m.
168	114	11:50:00 p.m.
169	114	12:00:00 a.m.
170	114	12:10:00 a.m.
171	114	12:10:00 a.m.
172	111	12:10:00 a.m.
173	114	12:10:00 a.m.
174	114	12:10:00 a.m.
175	114	01:00:00 a.m.

176	114	01:10:00 a.m.
177	114	01:20:00 a.m.
178	111	01:30:00 a.m.
179	111	01:40:00 a.m.
180	111	01:50:00 a.m.
181	111	02:00:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
182	111	02:10:00 a.m.
183	111	02:20:00 a.m.
184	111	02:30:00 a.m.
185	114	02:40:00 a.m.
186	111	02:50:00 a.m.
187	111	03:00:00 a.m.
188	111	03:10:00 a.m.
189	111	03:20:00 a.m.
190	111	03:30:00 a.m.
191	114	03:40:00 a.m.
192	114	03:50:00 a.m.
193	114	04:00:00 a.m.
194	114	04:10:00 a.m.
195	114	04:20:00 a.m.
196	114	04:30:00 a.m.
197	114	04:40:00 a.m.
198	114	04:50:00 a.m.
199	114	05:00:00 a.m.
200	114	05:10:00 a.m.
201	114	05:20:00 a.m.

202	114	05:30:00 a.m.
203	114	05:40:00 a.m.
204	111	05:50:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
205	114	06:00:00 a.m.
206	114	06:10:00 a.m.
207	114	06:20:00 a.m.
208	111	06:30:00 a.m.
209	111	06:40:00 a.m.
210	111	06:50:00 a.m.
211	111	07:00:00 a.m.
212	111	07:10:00 a.m.
213	114	07:20:00 a.m.
214	111	07:30:00 a.m.
215	114	07:40:00 a.m.
216	114	07:50:00 a.m.
217	111	08:00:00 a.m.
218	111	08:10:00 a.m.
219	111	08:20:00 a.m.
220	111	08:30:00 a.m.
221	111	08:40:00 a.m.
222	114	08:50:00 a.m.
223	114	09:00:00 a.m.
224	111	09:10:00 a.m.
225	114	09:20:00 a.m.
226	111	09:30:00 a.m.
227	111	09:40:00 a.m.

	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
228	111	09:50:00 a.m.
229	111	10:00:00 a.m.
230	111	10:10:00 a.m.
231	114	10:20:00 a.m.
232	114	10:30:00 a.m.
233	114	10:40:00 a.m.
234	111	10:50:00 a.m.
235	111	11:00:00 a.m.
236	111	11:10:00 a.m.
237	111	11:20:00 a.m.
238	114	11:30:00 a.m.
239	114	11:40:00 a.m.
240	114	11:50:00 a.m.
241	111	12:00:00 p.m.
242	111	12:10:00 p.m.
243	111	12:20:00 p.m.
244	111	12:30:00 p.m.
245	111	12:40:00 p.m.
246	111	12:50:00 p.m.
247	111	01:00:00 p.m.
248	114	01:10:00 p.m.
249	114	01:20:00 p.m.
250	111	01:30:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]

251	111	01:40:00 p.m.
252	111	01:50:00 p.m.
253	111	02:00:00 p.m.
254	111	02:10:00 p.m.
255	111	02:20:00 p.m.
256	111	02:30:00 p.m.
257	114	02:40:00 p.m.
258	114	02:50:00 p.m.
259	114	03:00:00 p.m.
260	114	03:10:00 p.m.
261	114	03:20:00 p.m.
262	111	03:30:00 p.m.
263	111	03:40:00 p.m.
264	114	03:50:00 p.m.
265	111	04:00:00 p.m.
266	114	04:10:00 p.m.
267	111	04:20:00 p.m.
268	114	04:30:00 p.m.
269	114	04:40:00 p.m.
270	111	04:50:00 p.m.
271	114	05:00:00 p.m.
272	114	05:10:00 p.m.
273	111	05:20:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
274	114	05:30:00 p.m.
275	114	05:40:00 p.m.
276	114	05:50:00 p.m.

277	111	06:00:00 p.m.
278	114	06:10:00 p.m.
279	114	06:20:00 p.m.
280	114	06:30:00 p.m.
281	114	06:40:00 p.m.
282	114	06:50:00 p.m.
283	114	07:00:00 p.m.
284	114	07:10:00 p.m.
285	114	07:20:00 p.m.
286	114	07:30:00 p.m.
287	114	07:40:00 p.m.
288	114	07:50:00 p.m.
289	114	08:00:00 p.m.
290	114	08:10:00 p.m.
291	114	08:20:00 p.m.
292	114	08:30:00 p.m.
293	111	08:40:00 p.m.
294	111	08:50:00 p.m.
295	111	09:00:00 p.m.
296	114	09:10:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
297	114	09:20:00 p.m.
298	114	09:30:00 p.m.
299	114	09:40:00 p.m.
300	111	09:50:00 p.m.
301	111	10:00:00 p.m.
302	114	10:10:00 p.m.

303	114	10:20:00 p.m.
304	114	10:30:00 p.m.
305	114	10:40:00 p.m.
306	114	10:50:00 p.m.
307	114	11:00:00 p.m.
308	114	11:10:00 p.m.
309	114	11:20:00 p.m.
310	114	11:30:00 p.m.
311	114	11:40:00 p.m.
312	111	11:50:00 p.m.
313	111	12:00:00 a.m.
314	111	12:10:00 a.m.
315	111	12:10:00 a.m.
316	111	12:10:00 a.m.
317	114	12:10:00 a.m.
318	114	12:10:00 a.m.
319	114	01:00:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
320	114	01:10:00 a.m.
321	114	01:20:00 a.m.
322	114	01:30:00 a.m.
323	111	01:40:00 a.m.
324	111	01:50:00 a.m.
325	111	02:00:00 a.m.
326	114	02:10:00 a.m.
327	111	02:20:00 a.m.
328	114	02:30:00 a.m.

329	114	02:40:00 a.m.
330	111	02:50:00 a.m.
331	111	03:00:00 a.m.
332	111	03:10:00 a.m.
333	111	03:20:00 a.m.
334	114	03:30:00 a.m.
335	114	03:40:00 a.m.
336	114	03:50:00 a.m.
337	111	04:00:00 a.m.
338	111	04:10:00 a.m.
339	111	04:20:00 a.m.
340	114	04:30:00 a.m.
341	114	04:40:00 a.m.
342	114	04:50:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
343	114	05:00:00 a.m.
344	114	05:10:00 a.m.
345	114	05:20:00 a.m.
346	114	05:30:00 a.m.
347	114	05:40:00 a.m.
348	114	05:50:00 a.m.
349	114	06:00:00 a.m.
350	114	06:10:00 a.m.
351	114	06:20:00 a.m.
352	114	06:30:00 a.m.
353	114	06:40:00 a.m.
354	111	06:50:00 a.m.

355	111	07:00:00 a.m.
356	111	07:10:00 a.m.
357	114	07:20:00 a.m.
358	114	07:30:00 a.m.
359	114	07:40:00 a.m.
360	114	07:50:00 a.m.
361	114	08:00:00 a.m.
362	114	08:10:00 a.m.
363	114	08:20:00 a.m.
364	114	08:30:00 a.m.
365	114	08:40:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
366	114	08:50:00 a.m.
367	114	09:00:00 a.m.
368	114	09:10:00 a.m.
369	114	09:20:00 a.m.
370	114	09:30:00 a.m.
371	111	09:40:00 a.m.
372	111	09:50:00 a.m.
373	111	10:00:00 a.m.
374	111	10:10:00 a.m.
375	111	10:20:00 a.m.
376	111	10:30:00 a.m.
377	111	10:40:00 a.m.
378	111	10:50:00 a.m.
379	111	11:00:00 a.m.
380	111	11:10:00 a.m.

381	111	11:20:00 a.m.
382	114	11:30:00 a.m.
383	114	11:40:00 a.m.
384	114	11:50:00 a.m.
385	111	12:00:00 p.m.
386	111	12:10:00 p.m.
387	114	12:20:00 p.m.
388	114	12:30:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
389	114	12:40:00 p.m.
390	111	12:50:00 p.m.
391	114	01:00:00 p.m.
392	114	01:10:00 p.m.
393	114	01:20:00 p.m.
394	114	01:30:00 p.m.
395	114	01:40:00 p.m.
396	114	01:50:00 p.m.
397	114	02:00:00 p.m.
398	114	02:10:00 p.m.
399	114	02:20:00 p.m.
400	114	02:30:00 p.m.
401	114	02:40:00 p.m.
402	114	02:50:00 p.m.
403	114	03:00:00 p.m.
404	114	03:10:00 p.m.
405	114	03:20:00 p.m.
406	114	03:30:00 p.m.

407	114	03:40:00 p.m.
408	114	03:50:00 p.m.
409	114	04:00:00 p.m.
410	114	04:10:00 p.m.
411	114	04:20:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
412	114	04:30:00 p.m.
413	114	04:40:00 p.m.
414	114	04:50:00 p.m.
415	114	05:00:00 p.m.
416	114	05:10:00 p.m.
417	114	05:20:00 p.m.
418	114	05:30:00 p.m.
419	114	05:40:00 p.m.
420	114	05:50:00 p.m.
421	114	06:00:00 p.m.
422	114	06:10:00 p.m.
423	114	06:20:00 p.m.
424	114	06:30:00 p.m.
425	114	06:40:00 p.m.
426	114	06:50:00 p.m.
427	114	07:00:00 p.m.
428	114	07:10:00 p.m.
429	114	07:20:00 p.m.
430	114	07:30:00 p.m.
431	114	07:40:00 p.m.
432	114	07:50:00 p.m.

433	114	08:00:00 p.m.
434	114	08:10:00 p.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
435	114	08:20:00 p.m.
436	114	08:30:00 p.m.
437	114	08:40:00 p.m.
438	114	08:50:00 p.m.
439	114	09:00:00 p.m.
440	114	09:10:00 p.m.
441	114	09:20:00 p.m.
442	114	09:30:00 p.m.
443	114	09:40:00 p.m.
444	114	09:50:00 p.m.
445	114	10:00:00 p.m.
446	114	10:10:00 p.m.
447	114	10:20:00 p.m.
448	114	10:30:00 p.m.
449	114	10:40:00 p.m.
450	114	10:50:00 p.m.
451	114	11:00:00 p.m.
452	111	11:10:00 p.m.
453	111	11:20:00 p.m.
454	114	11:30:00 p.m.
455	114	11:40:00 p.m.
456	114	11:50:00 p.m.
457	111	12:00:00 a.m.

	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
458	114	12:10:00 a.m.
459	114	12:10:00 a.m.
460	114	12:10:00 a.m.
461	114	12:10:00 a.m.
462	114	12:10:00 a.m.
463	114	01:00:00 a.m.
464	114	01:10:00 a.m.
465	114	01:20:00 a.m.
466	111	01:30:00 a.m.
467	111	01:40:00 a.m.
468	114	01:50:00 a.m.
469	114	02:00:00 a.m.
470	114	02:10:00 a.m.
471	111	02:20:00 a.m.
472	114	02:30:00 a.m.
473	114	02:40:00 a.m.
474	114	02:50:00 a.m.
475	114	03:00:00 a.m.
476	114	03:10:00 a.m.
477	114	03:20:00 a.m.
478	114	03:30:00 a.m.
479	114	03:40:00 a.m.
480	111	03:50:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]

481	111	04:00:00 a.m.
482	114	04:10:00 a.m.
483	114	04:20:00 a.m.
484	114	04:30:00 a.m.
485	111	04:40:00 a.m.
486	114	04:50:00 a.m.
487	114	05:00:00 a.m.
488	114	05:10:00 a.m.
489	114	05:20:00 a.m.
490	114	05:30:00 a.m.
491	114	05:40:00 a.m.
492	114	05:50:00 a.m.
493	114	06:00:00 a.m.
494	111	06:10:00 a.m.
495	111	06:20:00 a.m.
496	114	06:30:00 a.m.
497	114	06:40:00 a.m.
498	114	06:50:00 a.m.
499	111	07:00:00 a.m.
500	114	07:10:00 a.m.
501	114	07:20:00 a.m.
502	114	07:30:00 a.m.
503	114	07:40:00 a.m.
	DATOS MANUAL	INTERVALO DE TIEMPO MEDIDO
	Ptot+(Pro) [kW]	Hora [UTC]
504	114	07:50:00 a.m.
505	114	08:00:00 a.m.
506	114	08:10:00 a.m.

507	114	08:20:00 a.m.
508	111	08:30:00 a.m.
509	111	08:40:00 a.m.
510	114	08:50:00 a.m.
511	114	09:00:00 a.m.
512	114	09:10:00 a.m.
513	111	09:20:00 a.m.
514	114	09:30:00 a.m.
515	114	09:40:00 a.m.
516	114	09:50:00 a.m.
517	114	10:00:00 a.m.
518	114	10:10:00 a.m.
519	111	10:20:00 a.m.
520	114	10:30:00 a.m.
521	114	10:40:00 a.m.
522	114	10:50:00 a.m.
523	114	11:00:00 a.m.
524	114	11:10:00 a.m.
525	114	11:20:00 a.m.
526	114	11:30:00 a.m.

Tabla 7: Datos obtenidos en el analizador de redes

Fuente: Minera Chungar.

El autor contrastando parámetros eléctricos del ventilador de 250HP en operación



Fotografía 4: Tablero convencional actual de 250HP Estrella triangulo

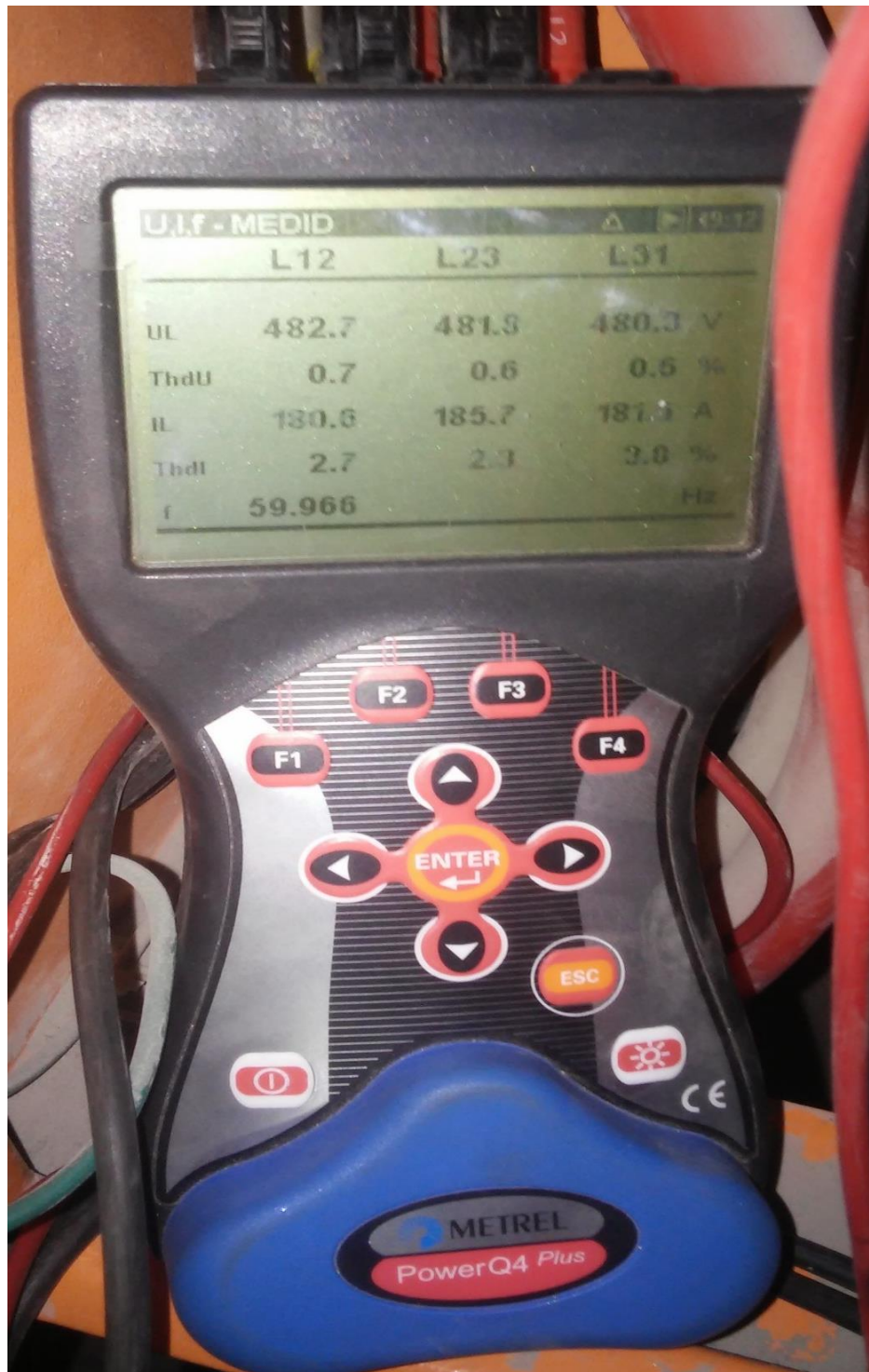
Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

El autor tomando datos con el analizador de redes para el análisis de potencia en la investigación Power Q4 de marca METREL.



Fotografía 5: Instalando analizador de redes en interruptor principal del ventilador de 250HP
Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

Analizador de redes Power Q4 de marca METREL instalado y registrando parámetros eléctricos del ventilador de 250HP.



Fotografía 6: Registro del analizador de redes Power Q4 de marca METREL

Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

Vista panorámica de un ventilador de 250HP trabajando como extractor de aire de interior mina



Fotografía 7: Vista panorámica de ubicación del ventilador 250HP

Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C



ELECTROPERÚ S.A.
 Prolongación Pedro Miotta 421
 San Juan de Miraflores
LIMA - PERU

R.U.C. N° 20100027705

FACTURA

FO02 N° - 20004604

SEÑORES : COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C.
DIRECCIÓN : AV. MANUEL OLGUIN N° 375, URB. LOS GRANADOS,
 LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO
R.U.C. : 20514608041 **Nro RAUC:** 139122
FECHA : 10/11/2016

REFERENCIA
VENTA DE ELECTRICIDAD - OCTUBRE 2016

FECHA DE VENCIMIENTO
25/11/2016

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	VALOR DE VENTA
PUNTO DE ENTREGA: BARRA 220 KV S.E. PARAGSHA II 220 KV		
Potencia	8 035,000 kW	6,600 US\$/kW
Energía Activa en Horas Punta	829 071,000 kWh	4,482 cUS\$/kWh
Energía Activa en Horas Fuera Punta	3 641 204,000 kWh	4,117 cUS\$/kWh
Sub-Total :	4 470 275,000 kWh	240 098,33
TOTAL PRESENTE FACTURA :	4 470 275,000 kWh	US\$ 240 098,33
SON: DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS DIECISEIS Y 03/100 DOLARES AMERICANOS.....		
S.E.U.O.		

Fotografía 8: Factura de Energía Compañía Minera CHUNGAR S.A.C.

Fuente: Compañía minera CHUNGAR S.A.C

